

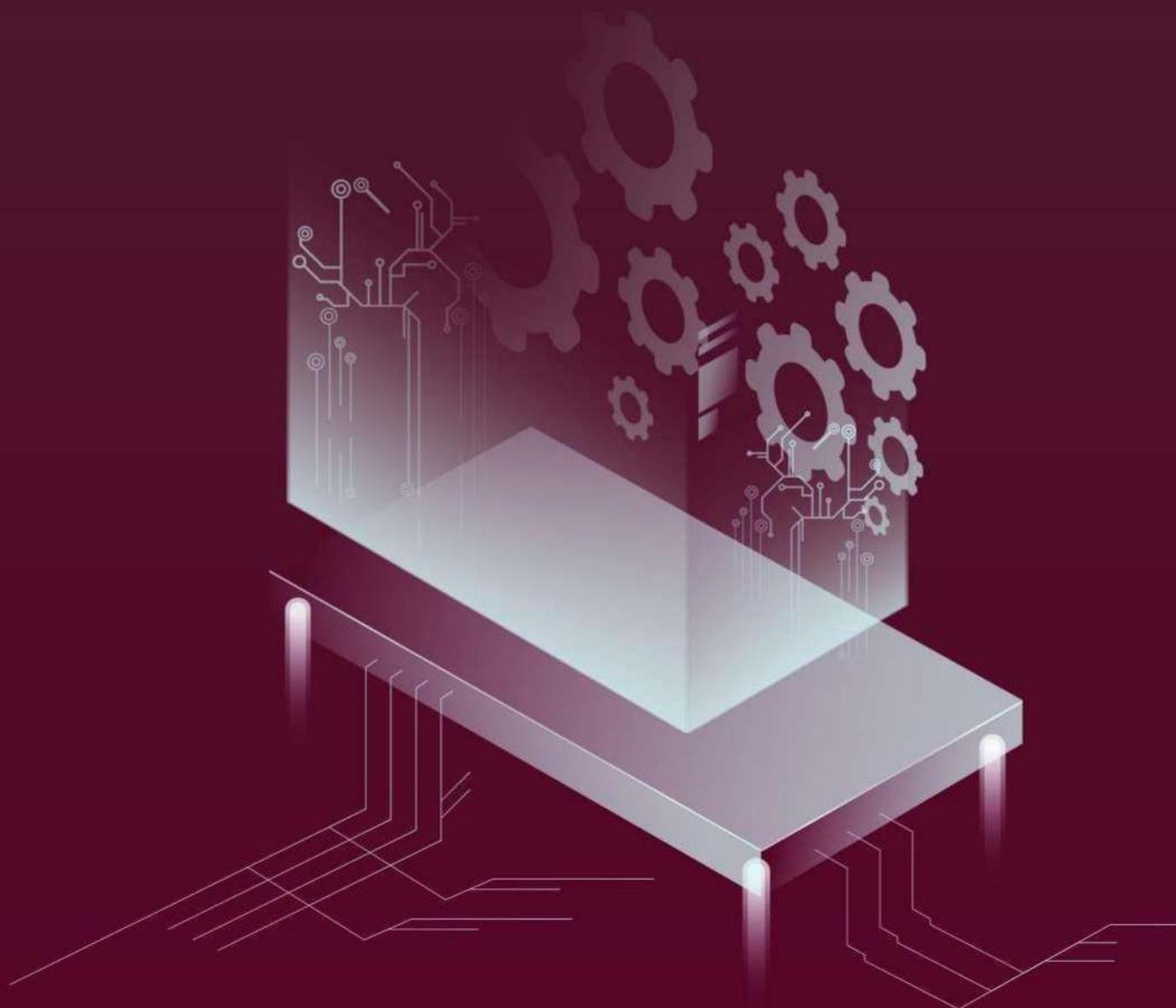
ANAIS DO SEMINÁRIO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UBM



ISSN 2965-0461

Engenharias

v.7, n.1, 2024





Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica - UBM

Centro Universitário de Barra Mansa - UBM

Professor Dr. Bruno Morais Lemos

Reitor

Professora Ma. Rosali Gomes Maciel

Coordenação do Núcleo de Ensino e Processos Avaliativos

Professor Me. Ricardo Alves Said

Coordenação de Pós-graduação e Pesquisa

Professora Ma. Ana Maria Dinardi Barbosa Barros

Editoração, Formatação e Organização dos Anais

ISSN 2965 - 0461



NÚCLEOS DE PESQUISA – UBM

NÚCLEO DE PESQUISA DA SAÚDE – NUPES

Coordenador: Professor Dr. Victor Maximiliano Reis Tebaldi

Participante (s):

Professora Ma. Ariela Torres Cruz

NÚCLEO DE PESQUISA DAS CIÊNCIAS HUMANAS – NUPECH

Coordenador: Professora Ma. Florência Cruz da Rocha Ebeling

Professora Ma. Ana Maria Dinardi Barbosa Barros

**NÚCLEO DE PESQUISA, INOVAÇÃO E DIFUSÃO DAS ENGENHARIAS –
NUPIDE**

Coordenador: Professor Me. Fábio de Souza

Participante (s):

Professor Dr. Dener Martins dos Santos

Professor Me. José Nilton Cantarino Gil

Professor Me. Marco Antônio Gabriel

NÚCLEO DE PESQUISA EM DIREITO – NUPED

Coordenador: Professora Ma. Sheila Lyrio Cruz Zelma

Participante (s):

Professor Me. Thiago de Souza Modesto

Professora Dra. Roberta Aline Oliveira Guimaraes

NÚCLEO DE PESQUISA EM ESTRATÉGIA, GESTÃO E INOVAÇÃO – NUPEGI

Coordenador: Professor Esp. José Maurício dos Santos Pinheiro



COMISSÃO DE PESQUISA

Professor Dr. André Luiz Couto

Professora Ma. Ariela Torres Cruz

Professora Ma. Ana Maria Dinardi Barbosa Barros

Professor Dr. Dener Martins dos Santos

Professora Janaina Soledad Rodrigues

Professor Me. José Aurélio Vilas Boas

Professor Me. Jose Nilton Cantarino Gil

Professor Me. Marco Antônio Gabriel

Professora Dra. Neide Mara de Menezes Epifânio

Professora Dra. Patrícia Teixeira

Professora Ma. Priscila de Oliveira Januário

Professora Dra. Roberta Aline Oliveira Guimaraes

Professor Me. Thiago de Souza Modesto

Professor Dr. Vladimir Lopes de Souza



Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica - UBM

APRESENTAÇÃO

A ideia destes Anais nasceu da necessidade de abrir espaço para a publicação das pesquisas e de relatos das práticas do cotidiano das formações oferecidas pelo UBM. A partir desse desejo de divulgar os resultados de iniciação científica e das pesquisas existentes nos cursos de graduação e nos Núcleos de Pesquisa é que o Centro Universitário de Barra Mansa, oferece, em 2018, seu primeiro Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica à comunidade interna. Como resultado desse evento tem-se nesses Anais as produções científicas de nossos jovens graduandos, organizadas por área de conhecimento: Ciências Sociais/Artes, Engenharia e Saúde. Esta publicação é a compilação de artigos, resumos expandidos e relatos de experiência nessas áreas. Em relação aos textos publicados aqui, optamos pela manutenção de estilo de escrita dos acadêmicos em função de termos como principal objetivo o fomento a essas produções e, como incentivo, a sua publicação. Esperamos contribuir significativamente para o processo de sistematização e produção de conhecimento em cada leitor, pois entendemos que os diferentes textos apresentados podem trazer diversas linhas de pensamento e pareceres a respeito de assuntos variados.

Coordenação de Pós-graduação e Pesquisa



SUMÁRIO

A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO NO SISTEMA DE CONTROLE INDUSTRIAL	01
A INTERNET INDUSTRIAL DAS COISAS (IIOT) TRANSFORMANDO A ENGENHARIA: UMA INTRODUÇÃO	13
APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO PARA ATENDER A NR 12 EM TÚNEIS DE CARGA	24
ARMAZENAGEM DE PEÇAS AUTOMOTIVAS PELO EMPREGO DOS CONCEITOS DE ARRANJO FÍSICO	33
AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE UM FORNO ELÉTRICO RESISTIVO	46
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM LABVIEW E ARDUINO: CONTROLE INTELIGENTE DE ILUMINAÇÃO	63
COMPARAÇÃO DE CONSTRUÇÃO MODULAR EM SISTEMA OFF SITE EM RELAÇÃO A CONSTRUÇÃO TRADICIONAL	72
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE FRENAGEM DE EMERGÊNCIA AVANÇADOS PARA TRENS: OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTAS E AUMENTO DA SEGURANÇA	86
DIMENSIONAMENTO DE UM ELEVADOR DE CANECAS	92
DIMENSIONAMENTO DE UM GUINDASTE DE COLUNA PARA IÇAMENTO E MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS	107
GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA ELETRÓLISE	121
GERENCIAMENTO DE PRODUTOS AUTOMATIZADO	124
G-SHOCK – INOVAÇÃO AO DECORRER DO TEMPO E O SUCESSO!	132
LIXEIRA COMPACTADORA	137
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM AVALIAÇÃO DE ESTUDO DE CASO	143
MELHORIA DE SAÍDA E ACESSO EMPRESA À VIA PÚBLICA	153
MELHORIA NO BOMBEAMENTO DE LICOR AMONÍACAL PARA RESFRIAMENTO DE GÁS DE COQUEIRA	160
MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS DE ALTO RENDIMENTO	164



Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica - UBM

O USO DA REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL NA MANUTENÇÃO DE FERROVIAS	181
OS SISTEMAS DE VISÃO COMPUTACIONAL NO CONTROLE DE QUALIDADE DE BOBINAS DE AÇO: UMA ABORDAGEM PARA EFICIÊNCIA E PRECISÃO	197
PRODUÇÃO DE CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO RECICLADO	200
PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR	217
PROJETO DE MANUTENÇÃO MECÂNICA EM MOTORES ELÉTRICOS INDUSTRIAIS	234
PROTEÇÃO E CONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE MÉDIA TENSÃO: ANÁLISE DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE SUBESTAÇÃO INCLUINDO SEUS SISTEMAS DE PROTEÇÃO E DISPOSITIVOS DE SECCONAMENTO PARA GARANTIR UMA MAIOR SEGURANÇA E A CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA	244
REFORMULAÇÃO DE PONTO DE PARADA PARA TRANSPORTE COLETIVO	248
SISTEMAS AUXILIARES DE ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	255
TRANSFORMAÇÃO DE ROLOS MENORES EM ROLOS MAIORES	258
TRATAMENTO DE EFLUENTES OLEOSOS EM AMBIENTES INDUSTRIAIS E SEU BENEFICIAMENTO	269
USO DO PAPELÃO COMO SISTEMA CONSTRUTIVO NA ENGENHARIA CIVIL	286
VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA REGENERATIVO DE ENERGIA PARA ELEVADORES NA UBM	300
VIABILIDADE ECONOMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE PINTURA CONTINUA	304

A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO NO SISTEMA DE CONTROLE INDUSTRIAL
THE IMPORTANCE OF AUTOMATION IN THE INDUSTRIAL CONTROL SYSTEM



Gabriel Alves de Oliveira¹
Igor Anthony Gil da Silva²
Lucas Emerick de Castro³
Dener Martins dos Santos⁴

RESUMO

Este trabalho descreve a importância dos sistemas de controle industrial na indústria siderúrgica. Destaca-se como os sistemas automatizados são cruciais para otimizar a produção de aço, garantir a qualidade do produto final e assegurar a segurança dos trabalhadores. A metodologia baseou-se na análise das principais funções desses sistemas, incluindo a monitoração em tempo real, a detecção de falhas e a melhoria contínua dos processos. Os resultados indicaram que os sistemas de controle industrial contínua e de alta qualidade, com eficiência e segurança.

Palavras-Chave: Sistemas de controle industrial. Segurança Industrial. Automação e qualidade do produto.

ABSTRACT

This work describes the importance of industrial control systems in the steel industry. It highlights how automated systems are crucial to optimizing steel production, guaranteeing the quality of the final product and ensuring the safety of workers. The methodology was based on the analysis of the main functions of these systems, including real-time monitoring, fault detection and continuous process improvement. The results indicated that industrial control systems are continuous and of high quality, with efficiency and safety.

Keywords: Industrial Control Systems. Industrial Safety. Automation and product quality.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle industrial são essenciais para monitorar e gerenciar todos os processos envolvidos na produção de aço, desde a chegada das matérias-primas até o produto final. Eles ajudam a otimizar a produção, reduzir custos, minimizar desperdícios e aumentar a segurança dos trabalhadores. Imagine uma

¹ Acadêmico – Curso de Engenharia da Produção – Centro Uniersitário de Barra Mansa. E-mail: gabriel.a.oliveira@acelormittal.com.

² Acadêmico – Curso de Engenharia da Produção – Centro Uniersitário de Barra Mansa. E-mail: igor.silva@graduacao.ubm.br

³ Acadêmico – Curso de Engenharia da Produção – Centro Uniersitário de Barra Mansa. E-mail: lucasemerickbm@gmail.com

⁴ Professor Doutor – Centro Uniersitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br



fábrica gigantesca com inúmeros fornos, caldeiras e maquinários pesados; sem um sistema de controle eficiente, seria praticamente impossível garantir que tudo funcionasse harmoniosamente.

A importância desses sistemas vai além da simples automação. Eles são fundamentais para detectar problemas em tempo real, prevenir falhas e melhorar continuamente os processos produtivos.

Neste artigo, vamos explorar os principais aspectos dos sistemas de controle industrial e entender como eles impactam diretamente a produção siderúrgica. Vamos discutir suas funcionalidades, benefícios e funcionamento.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE CONTROLE INDUSTRIAL

Os sistemas de controle industrial são fundamentais para a gestão eficiente de processos complexos em diversas indústrias, especialmente na siderúrgica. Segundo Ogata (2010), um sistema de controle é "um conjunto de dispositivos ou algoritmos que gerenciam, comandam, direcionam ou regulam o comportamento de outros dispositivos ou sistemas". Na siderurgia, esses sistemas garantem que todos os equipamentos operem dentro dos parâmetros ideais, o que é essencial para a produção contínua e de alta qualidade de aço.

2.1 FUNÇÕES DOS SISTEMAS DE CONTROLE

Os sistemas de controle industrial desempenham várias funções em uma empresa, como:

- **Monitoramento em Tempo Real:** Permite a supervisão constante dos processos de produção. De acordo com Smith (1983), "a capacidade de monitorar processos em tempo real é vital para identificar e corrigir anomalias rapidamente, evitando paradas inesperadas e prejuízos".
- **Deteção e Diagnóstico de Falhas:** Esses sistemas são equipados com algoritmos avançados que detectam falhas e possíveis problemas antes que eles se tornem críticos. Isso reduz o tempo de inatividade e os custos de manutenção (Jones, 2018).



- Otimização de Processos: Sistemas de controle ajudam a otimizar os parâmetros de produção para melhorar a eficiência energética e reduzir desperdícios. Como afirma Cooper (2001), "a otimização dos processos industriais não apenas melhora a eficiência, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental".

-2.3 FUNÇÕES DOS SISTEMAS DE CONTROLE

Para entender melhor a importância dos sistemas de controle na siderurgia, é crucial examinar alguns de seus componentes essenciais: sensores, contadores e sistemas.

2.3.1 Sensores

Sensores são dispositivos que detectam e medem variáveis físicas ou químicas, como temperatura, pressão e nível de líquidos, e convertem essas informações em sinais elétricos que podem ser monitorados e analisados. Segundo Bentley (2005), "sensores são os olhos e ouvidos dos sistemas de controle, fornecendo dados cruciais para o monitoramento e a otimização dos processos". Na siderurgia, sensores de temperatura são usados para monitorar fornos e caldeiras, enquanto sensores de pressão e nível são essenciais para o controle de sistemas hidráulicos e de refrigeração. A seguir é apresentado os principais tipos de sensores:

2.3.1.1 Sensor de Pressão

Os sensores de pressão monitoram a pressão de um fluido e são amplamente utilizados em ambientes onde são fabricados produtos robustos, um exemplo de aplicação do mesmo é em controle de pressão de fluxo de água dentro de indústrias. Para melhor representá-lo, a figura 1 representa o objeto.

Figura 1: Vista do sensor de Pressão



Fonte: Thomazini; Albuquerque (2020)

2.3.1.2 Sensor de Temperatura

Os sensores de temperatura são usados para detectar o nível de aquecimento de um equipamento e medir o calor envolvido no processo industrial, um exemplo de aplicação do mesmo é para controle de temperatura de fornos de reaquecimentos em empresas siderúrgicas. A figura 2 ilustra este sensor.

Figura 2: Vista do Sensor de Temperatura

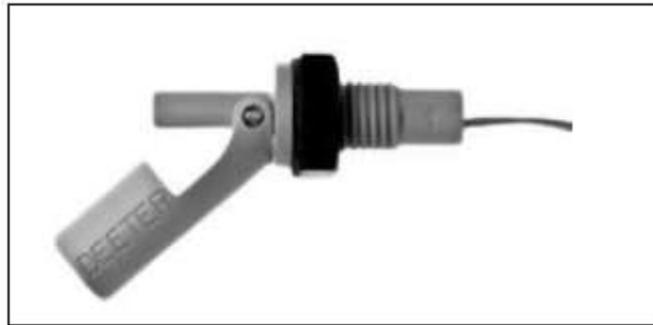


Fonte: Thomazini; Albuquerque (2020)

2.3.1.3 Sensor de Nível

A função do sensor de nível é controlar líquidos ou sólidos granulados armazenados em reservatórios, silos e tanques, sejam eles abertos ou pressurizados, um exemplo de aplicação do mesmo é controlar níveis de água em centros de tratamento, em empresas siderúrgicas. A figura 3 demonstra o equipamento.

Figura 3: Sensor de Nível



Fonte: Thomazini; Albuquerque (2020)

2.3.1.4 Sensor de Vazão

Os sensores de vazão são responsáveis por medir a quantidade de gases, líquidos e sólidos que passam por um determinado local em um intervalo de tempo específico, um exemplo de aplicação do mesmo é em tubulações hidráulicas. A figura 4 apresenta o sensor.

Figura 4: Sensor de Vazão



Fonte: Thomazini; Albuquerque (2020)

2.3.1.5 Sensores Indutivos

Sensores indutivos são eficazes para identificar metais como ferro, alumínio, aço, aço inoxidável e latão. As versões mais recentes vêm com luz de fundo, aumentando a visibilidade durante a operação e tornando mais fácil detectar possíveis falhas, um exemplo de aplicação do mesmo é em processo de laminação, onde há sensores em placas para sinalizar o contato entre duas superfícies. A figura 5 apresenta o equipamento.

Figura 5: Vista do Sensor Indutivo



Fonte: Thomazini; Albuquerque (2020)

2.3.1.6 Contatores

Contatores são dispositivos eletromecânicos amplamente utilizados em sistemas elétricos e de automação industrial para controlar a ligação e desligamento de circuitos elétricos de alta potência. Funcionam como interruptores operados eletricamente, sendo essenciais para a operação segura e eficiente de motores, sistemas de iluminação e outros equipamentos industriais de alta carga. Eles podem ser integrados facilmente com sistemas de controle e automação, permitindo a operação remota e o monitoramento de equipamentos. Isso melhora a precisão e a eficiência do controle dos processos industriais (Ribeiro, 2020).



2.4 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS DE CONTROLE

- **Aumento da Produtividade:** Sistemas de controle industrial permitem a automação de processos repetitivos e complexos, aumentando a produtividade ao reduzir o tempo de ciclo e otimizar o uso dos recursos. Isso resulta em maior produção com menor intervenção humana (Pereira; Santos, 2019).
- **Melhoria na Qualidade do Produto:** A automação e o controle preciso de processos industriais garantem a consistência e a qualidade dos produtos finais. Isso é alcançado através de controles rigorosos de parâmetros como temperatura, pressão e fluxo, que são essenciais para a fabricação de produtos de alta qualidade (Costa, 2020).
- **Redução de Custos Operacionais:** A implementação de sistemas de controle industrial pode reduzir significativamente os custos operacionais. A automação reduz a necessidade de mão de obra manual e minimiza erros humanos, além de otimizar o consumo de energia e matérias-primas (Lima; Almeida, 2018).
- **Segurança e Confiabilidade:** Sistemas de controle industrial aumentam a segurança ao monitorar constantemente o estado das operações e ao fornecer mecanismos de desligamento de emergência em caso de falhas. Isso protege tanto os trabalhadores quanto os equipamentos, reduzindo o risco de acidentes e interrupções (Silva, 2017).
- **Flexibilidade e Adaptabilidade:** Com a crescente demanda por personalização e variação nos produtos, os sistemas de controle industrial oferecem a flexibilidade necessária para ajustar rapidamente os processos de produção. Isso permite que as empresas respondam às mudanças nas demandas do mercado com maior agilidade (Ferreira, 2021).
- **Monitoramento e Diagnóstico:** Sistemas avançados de controle industrial incluem capacidades de monitoramento e diagnóstico que ajudam na detecção precoce de problemas e na realização de manutenção preditiva. Isso prolonga a vida útil dos equipamentos e minimiza o tempo de inatividade não planejado (Oliveira; Rocha, 2019).

2.5 NORMAS REGULAMENTADORAS

2.5.1 NR – 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

A NR-10, intitulada "Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade", estabelece os requisitos mínimos para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações elétricas. Essa norma é crucial para prevenir acidentes e proteger os profissionais envolvidos. Os principais objetivos da NR-10 são:

- **Prevenção de Acidentes:** Minimizar os riscos de choques elétricos, arcos elétricos, incêndios e explosões.
- **Proteção da Saúde:** Salvar a saúde dos trabalhadores contra os danos causados pela eletricidade.
- **Conformidade Legal:** Assegurar que as instalações e serviços elétricos cumpram as exigências legais e regulamentares.
- **Documentação:** É necessário manter documentos atualizados sobre a segurança das instalações elétricas, como esquemas elétricos e análises de risco.
- **Manutenção e Inspeção:** As instalações elétricas devem ser inspecionadas e mantidas regularmente para garantir a segurança.
- **Sinalização de Segurança:** Instalações elétricas devem ter sinalização adequada com etiquetas e avisos de segurança visíveis.

2.5.2 NR – 13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações

A NR-13, intitulada "Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações", define os requisitos mínimos para a gestão da integridade estrutural de caldeiras, vasos de pressão e suas tubulações, garantindo a segurança e a saúde dos trabalhadores. Esta norma é essencial para evitar acidentes que possam causar danos graves.

- **Segurança Operacional:** Garantir a operação segura de caldeiras, vasos de pressão e tubulações.
- **Integridade Estrutural:** Assegurar a integridade física desses equipamentos, prevenindo falhas que possam resultar em acidentes graves.



- **Proteção dos Trabalhadores:** Proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores que operam e mantêm esses equipamentos.
- **Inspeção e Manutenção:** Estabelece critérios para inspeção periódica e manutenção de caldeiras, vasos de pressão e tubulações, incluindo inspeções internas e externas.
- **Registro de Segurança:** Requer a manutenção de um registro detalhado de segurança para cada equipamento, contendo informações sobre inspeções, manutenções e alterações realizadas.
- **Treinamento:** Exige que os operadores e responsáveis pela manutenção de caldeiras e vasos de pressão possuam treinamento adequado e específico, com atualização periódica.
- **Plano de Emergência:** Determina a necessidade de planos de emergência e procedimentos para situações de risco, assegurando a pronta resposta a qualquer incidente.
- **Projeto e Instalação:** Estabelece normas para o projeto e instalação de novos equipamentos, garantindo que atendam aos padrões de segurança desde a sua concepção.

2.6 TECNOLOGIAS AVANÇADAS EM SISTEMAS DE CONTROLE

A evolução das tecnologias de controle industrial tem trazido inovações significativas para a siderurgia. Tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA) e o Big Data estão transformando a forma como as siderúrgicas operam.

- **Internet das Coisas (IoT):** A integração de sensores e dispositivos conectados em toda a planta permite a coleta contínua de dados em tempo real. Esses dados são usados para monitorar o desempenho do equipamento, prever falhas e realizar manutenção preventiva, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção (Oliveira; Ferreira, 2020).
- **Automação Robótica:** Robôs são utilizados em diversas etapas da produção de aço, desde a manipulação de materiais até a inspeção de qualidade. Eles aumentam a precisão, reduzem o risco de acidentes e podem operar em ambientes extremos onde seria perigoso para os humanos (Martins; Lima, 2021).



- Big Data: A análise de grandes volumes de dados, conhecida como Big Data, tem se tornado uma ferramenta essencial para a tomada de decisões estratégicas na indústria siderúrgica. Big Data envolve a coleta, armazenamento e análise de vastas quantidades de dados provenientes de diversas fontes, como sensores, sistemas de controle e equipamentos industriais. Isso permite a identificação de padrões ocultos, correlações e tendências que podem melhorar a eficiência operacional e a qualidade do produto (Santos; Ribeiro, 2020).

2.7 EXEMPLO PRÁTICO DE UMA SIDERURGICA DA CHINA

Uma das maiores siderúrgicas da China, adotou a solução de medição automática de temperatura, para melhorar a segurança e eficiência no trabalho. A empresa está localizada no nordeste da China e tem buscado soluções inovadoras para resolver desafios de saúde e segurança. Um exemplo é a aplicação de imagens térmicas em altos-fornos desde 2019. Essas câmeras detectam anomalias de temperatura antes de possíveis incêndios, realizam medições sem contato e permitem o monitoramento em tempo real das mudanças de temperatura, gerando relatórios e alertas para os trabalhadores.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de controle industrial são fundamentais para a eficiência e a competitividade da indústria siderúrgica moderna. Eles desempenham um papel crucial na otimização dos processos de produção, na garantia da qualidade do produto final, e na segurança dos trabalhadores. A implementação de componentes como sensores, juntamente com tecnologias avançadas como IoT, IA e Big Data, transformam a forma como as siderúrgicas operam.

A aplicação de tecnologias como imagens térmicas em processos industriais permite detectar anomalias de temperatura, realizar medições sem contato e monitorar em tempo real as mudanças de temperatura, contribuindo para a prevenção de incidentes e a geração de dados para tomada de decisões corretas. Esses exemplos demonstram como a utilização de tecnologias avançadas pode ser uma estratégia eficaz para aprimorar os processos e condições de trabalho na indústria siderúrgica.

Em suma, a importância dos sistemas de controle industrial é nítida. Eles não apenas asseguram uma produção contínua e de alta qualidade, mas também promovem a segurança e a sustentabilidade e eficiência. À medida que a tecnologia continua a evoluir, espera-se que esses sistemas se tornem ainda mais sofisticados, trazendo novos níveis de inovação e eficiência para a indústria siderúrgica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-10** - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-13** - Caldeiras, vasos de pressão e tubulações. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13-atualizada-2022-retificada.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

COOPER, Donald; Schindler, Pâmela. **Metodologia de pesquisa em administração**. São Paulo: Bookman. 2001.

COSTA, A. P. **Controle de qualidade na indústria**. São Paulo: SENAI, 2020.

FERREIRA, P. R. **Flexibilidade na produção industrial**. São Paulo: Atlas, 2021.

LIMA, C. A.; Almeida, J. R. **Eficiência energética e automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MARTINS, E. C.; LIMA, D. S. Automação robótica na indústria siderúrgica: benefícios e impactos na produção. **Revista de Tecnologia e Inovação Industrial**, v.29, n.4, p. 220-236, 2012.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

OLIVEIRA, D. S.; ROCHA, M. E. **Manutenção preditiva em sistemas industriais**. São Paulo: Elsevier, 2019.

OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. Internet das coisas e inteligência artificial na indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista de Automação e Controle**, v.18, n.2, p. 45- 59, 2020.

PEREIRA, M. T.; SANTOS, R. F. **Automação e controle de processos industriais**. São Paulo: Blücher, 2019.



RIBEIRO, P. A. **Sistemas de automação e controle**. São Paulo: Érica, 2020.

SANTOS, F. A.; RIBEIRO, H. T. Big Data na indústria siderúrgica: aplicações e benefícios. **Revista Brasileira de Tecnologia e Inovação**, v.22, n.1, p.112-125, 2020.

SILVA, H. B. **Segurança em sistemas de automação**. São Paulo: Érica, 2017

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON R. **Administração da produção**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SMITH, Adam. **A riqueza das nações**: investigação sobre sua natureza e suas causas. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

THOMAZINI, Daniel e ALBUQUERQUE, Pedro U.B. **Sensores industriais – fundamentos e aplicações**. 9. ed. São Paulo: Saraiva Educação/ Érica, 2020.



**A INTERNET INDUSTRIAL DAS COISAS (IIOT) TRANSFORMANDO A
ENGENHARIA: UMA INTRODUÇÃO**

**INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIOT) TRANSFORMING ENGINEERING: AN
INTRODUCTION**

Carlos Eduardo Santos Luiz¹

Esther de Souza Silva²

Maria Eduarda Damazio Moreira Resende³

Sabrina Rufino Gomes⁴

Dener Martins dos Santos⁵

RESUMO

A Internet Industrial das Coisas (IIoT) está revolucionando o setor de engenharia, introduzindo um mundo de novas possibilidades para automação, otimização e inovação. Através da conexão de máquinas, sensores e dispositivos à internet, a IIoT está gerando um fluxo sem precedentes de dados valiosos, permitindo aos profissionais da engenharia tomar decisões mais inteligentes, aprimorar a eficiência e impulsionar a produtividade a novos patamares. Neste artigo, exploraremos o impacto transformador da IIoT na engenharia, detalhando seus principais objetivos e como os profissionais estão utilizando essa tecnologia para automatizar tarefas, otimizar processos e impulsionar a inovação.

Palavras-Chave: Automação. Produtividade. Internet industrial das coisas.

ABSTRACT

The Industrial Internet of Things (IIoT) is revolutionizing the engineering sector, introducing a world of new possibilities for automation, optimization and innovation. By connecting machines, sensors and devices to the internet, IIoT is generating an unprecedented flow of valuable data, enabling engineering professionals to make smarter decisions, improve efficiency and drive productivity to new heights. In this article, we will explore the transformative impact of IIoT on engineering, detailing its main objectives and how professionals are using this technology to automate tasks, optimize processes and drive innovation.

Keywords: Automation. Productivity. Industrial internet of things.

¹ Acadêmico - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: carlos.eduardo@graduacao.ubm.br

² Acadêmica - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: souzaesther948@gmail.com

³ Acadêmico - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: givisiez.duda@gmail.com

⁴ Acadêmica - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: sabrina.gomes@graduacao.ubm.br

⁵ Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br



1 INTRODUÇÃO

Para os profissionais de engenharia, a IIoT representa um conjunto poderoso de ferramentas, capazes de automatizar tarefas repetitivas, otimizar processos complexos e informar decisões estratégicas com dados concretos. Através da coleta e análise em tempo real de dados provenientes de sensores e dispositivos conectados, os engenheiros podem identificar gargalos na produção, prever falhas em equipamentos com antecedência e otimizar o desempenho geral dos sistemas (Sinclair, 2018).

Em um cenário onde as demandas se tornam cada vez mais complexas, as empresas buscam sistemas de produção flexíveis e robustos, amparados pela tecnologia. É nesse contexto que a IIoT surge como um movimento transformador nas organizações, impulsionando o desenvolvimento, aprimoramento e aplicação de inovações tecnológicas. O foco principal reside na implementação de sistemas de produção flexíveis e automatizados, integrados em rede e presentes em todas as etapas das cadeias de valor. A metodologia de pesquisa deste trabalho se baseia em revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa de natureza aplicada. O objetivo é compreender a importância da Internet das Coisas (IoT) para o profissional de engenharia (Colcher, 2022). Além disso, a IIoT está revolucionando indústrias tradicionais e criando novas oportunidades.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 INÍCIO DA IOT – INTERNET DAS COISAS

O conceito de Internet das Coisas (IoT), proposto em 1999 pelo pesquisador britânico Kevin Ashton, descreve um conjunto de tecnologias e protocolos que permitem que objetos se conectem a uma rede de comunicações e sejam identificados e controlados remotamente. Essa convergência de tecnologias como sem fio, sistemas microeletromecânicos (MEMS), micro serviços e a Internet, que teve início nos anos 70 com a rede ARPANET e ganhou impulso com a primeira máquina de internet propriamente dita em 1982 (uma máquina de Coca-Cola na Universidade Carnegie Mellon), derrubou as barreiras entre a tecnologia operacional (OT) e a tecnologia da informação (TI), permitindo que dados não estruturados gerados por

máquinas fossem analisados para obter insights que impulsionam melhorias (Oliveira; Zanetti, 2020).

A IoT está cada vez mais presente em nossas vidas, com tecnologias que se desenvolvem a cada dia. A figura 1 ilustra a conexão entre os módulos, possibilitada pela IoT.

Figura 1: Automação em diferentes modos



Fonte:Oliveira (2021).

2.2 EVOLUÇÃO DA INTERNET DAS COISAS

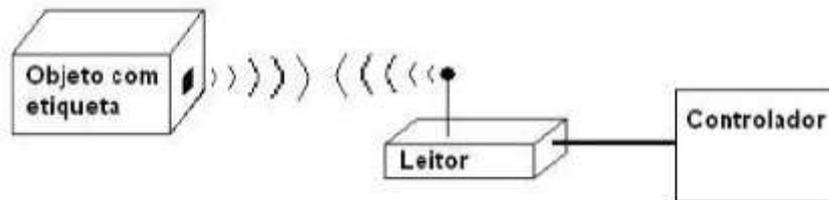
Essa interconexão traz diversos benefícios, como automação residencial em casas inteligentes, otimização do tráfego em cidades inteligentes, monitoramento de pacientes em saúde, automação industrial e otimização da colheita na agricultura. Tudo isso impulsionado por tecnologias como a RFID (Radio Frequency Identification), que surgiu em 1940 e foi uma das primeiras tecnologias associadas à Internet das Coisas (Moraes; Hayashi, 2021).

Embora a RFID tenha sido um marco importante, outras tecnologias como sensores, atuadores e redes sem fio também contribuíram para o desenvolvimento da IoT desde os anos 1970. A convergência dessas tecnologias, impulsionada pela miniaturização e pela redução de custos, é que possibilitou a explosão da IoT nos últimos anos (Stevan Junior, 2018).

A figura 2 ilustra uma etiqueta RFID, composta por um microchip e uma antena. O microchip armazena informações únicas sobre o objeto ao qual a etiqueta está anexada, enquanto a antena transmite essas informações para um leitor RFID (Stevan

Junior, 2018). Essa tecnologia é utilizada em diversos setores, como controle de acesso, rastreamento de ativos e gerenciamento de estoque.

Figura 2: RFID



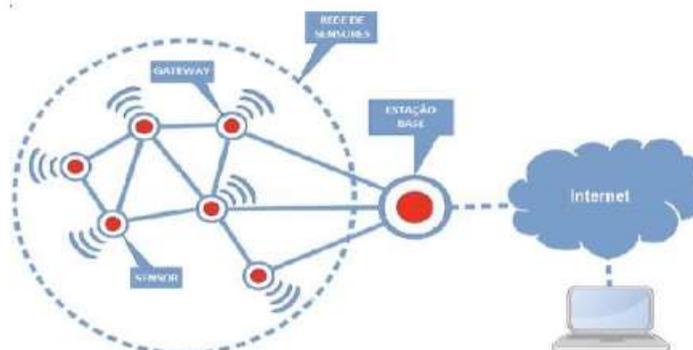
Fonte: Oliveira (2021)

A RFID é utilizada em diversos setores (Duraes; Ferreira; Manzan, 2022), como:

- Controle de acesso: em crachás de empresas, condomínios e eventos.
- Rastreamento de ativos: em animais, veículos, produtos manufaturados e itens de logística.
- Gerenciamento de estoque: em supermercados, lojas de varejo e armazéns.
- Pagamento de pedágios: em sistemas automáticos de cobrança.
- Controle de acesso em bibliotecas: para identificar e gerenciar livros emprestados.

As RSSFs (Redes de Sensores Sem Fio, ou WSNs) foram a tecnologia seguinte. São redes compostas de dezenas, centenas ou milhares de nós microprocessados, com capacidade de comunicação sem fio. A figura 3 ilustra uma RSSF típica (Souza; Amazonas, 2017).

Figura 3: Uma RSSF



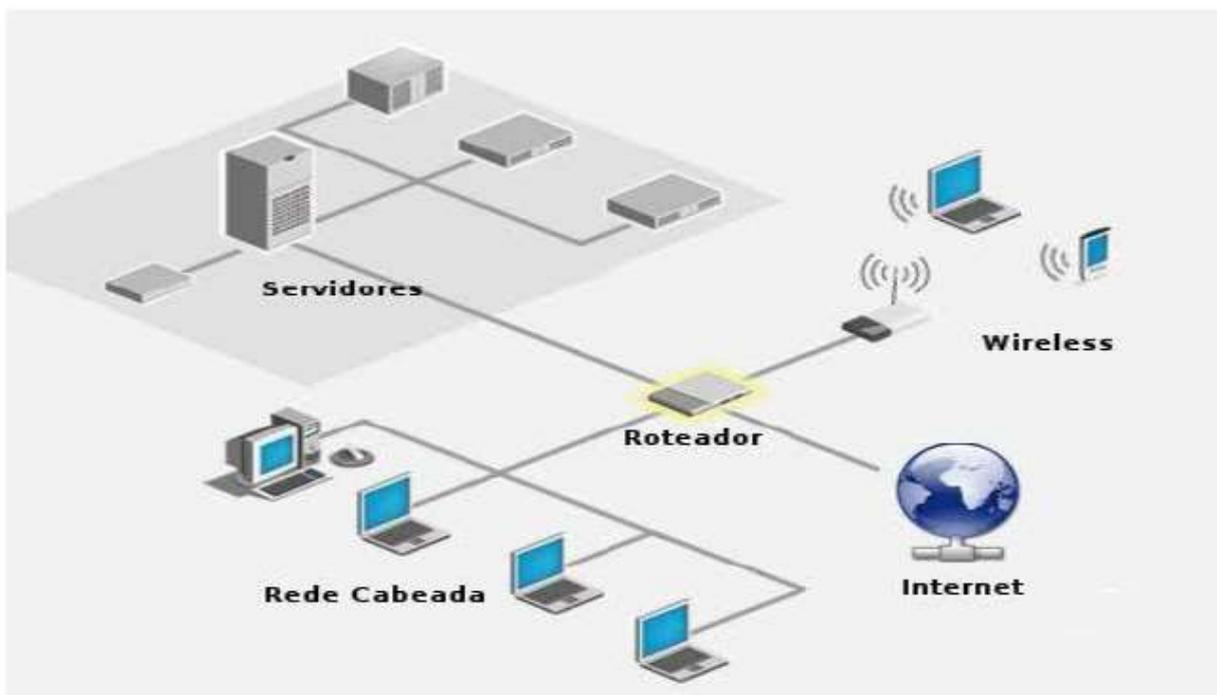
Fonte: Oliveira (2021)

As RSSFs possuem diversas aplicações em diferentes áreas (Souza; Amazonas, 2017), como:

- Monitoramento ambiental: monitoramento da qualidade do ar e da água, temperatura, umidade, pressão atmosférica, etc.
- Agricultura: monitoramento da saúde das plantações, irrigação, controle de pragas e doenças, etc.
- Indústria: monitoramento de máquinas e equipamentos, controle de processos, otimização da produção, etc.
- Segurança: monitoramento de áreas de risco, detecção de intrusos, prevenção de incêndios, etc.

Paralelamente, as tecnologias de comunicação e redes de computadores se desenvolveram e se popularizaram. A internet, utilizando protocolos da família TCP/IP, foi o marco inicial dessa evolução. Em seguida, as redes Wi-Fi surgiram, proporcionando mobilidade aos dispositivos próximos por meio da eliminação de fios para interconexão (ideali, 2021). Imagem ilustrativa de um sistema Wi-Fi, relatado na figura 4.

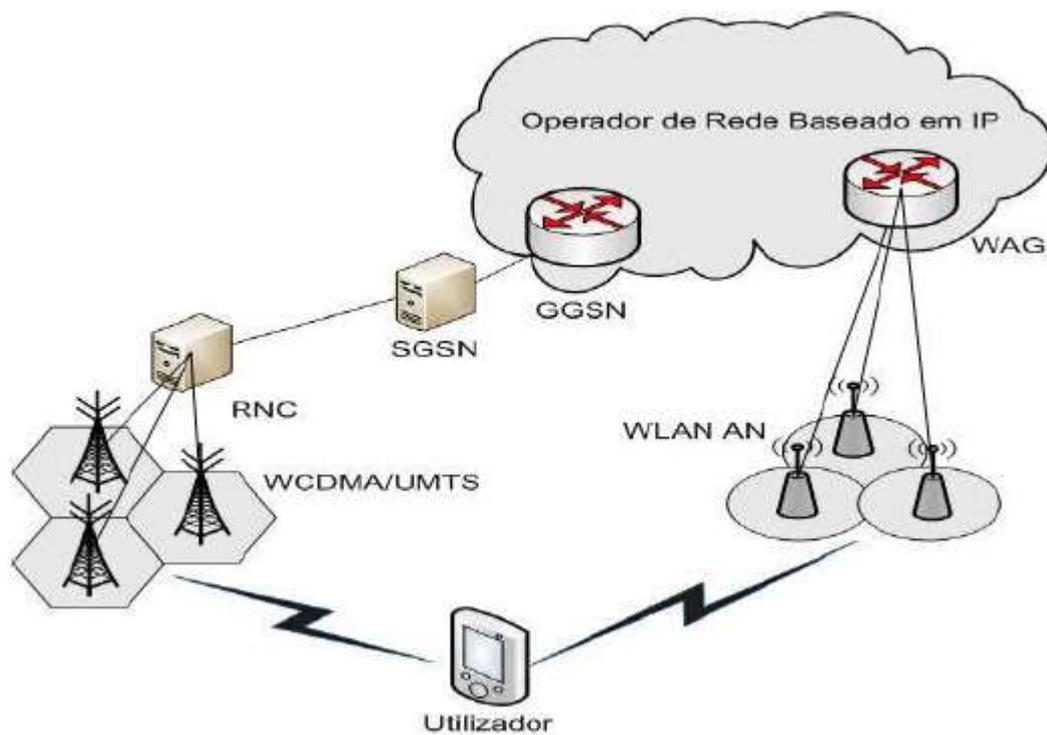
Figura 4: Sistema de Rede sem Fio



Fonte: Oliveira (2021).

As redes de telefonia celular 2G/3G/4G foram fundamentais para a comunicação de dados em diversos dispositivos móveis, especialmente em situações onde o acesso à internet por fio era inviável. Essa tecnologia possibilitou o acesso à internet a uma ampla gama de equipamentos e recursos, reduzindo custos e tempo de integração (Ideali, 2021), como mostra a figura 5 a seguir.

Figura 5: Dispositivos móveis se conectando à rede celular



Fonte: Oliveira (2021).

2.3 IIOT NA INDÚSTRIA

O desenvolvimento das novas tecnologias com capacidade de processamento e armazenamento cada vez maiores ao tempo que ocorre a miniaturização de objetos, aliado com o melhor desempenho de velocidade de transmissão de dados pelas redes de computadores, permitindo, dessa forma, uma distribuição de informação entre os diversos equipamentos (computadores, celulares, dispositivos, etc), objetos esses capazes de coletar e processar informações online sobre todos tipos de objetos. Transforma a indústria como conhecemos possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas diretamente ao perfil de seu cliente. Essas novas tecnologias ficam mais comuns na presença da sua automação industrial, onde o uso de equipamentos como sensores, instrumentos e outros recursos de monitoramento e de



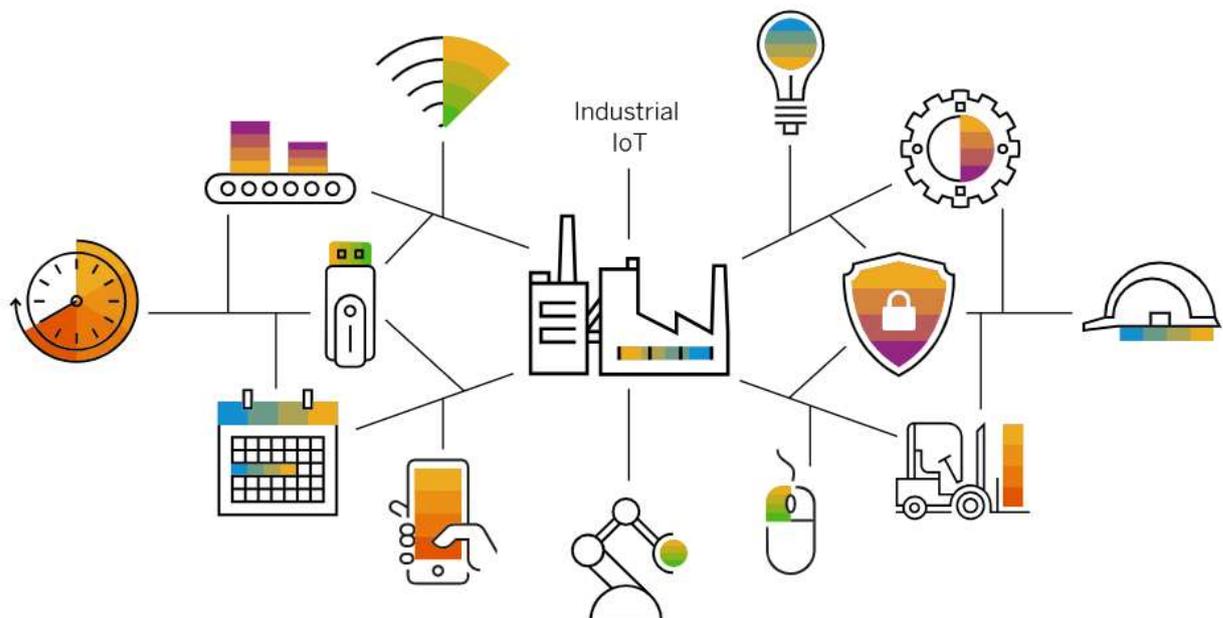
controle de produção e evoluem cada vez mais permitindo um maior controle das tarefas e do desenvolvimento de novos produtos, assim como a diminuição dos desperdícios e o aumento de produção entre outros. Há muito tempo que a tecnologia deixou de ser novidade para a Indústria Ferramentas como ERP que permitiram a unificação das informações antes distribuídas em uma única base de dados, a comunicação de toda a estrutura interna das empresas através de redes de computadores, seja ela locais (LAN), metropolitanas (WAN) ou mundiais através da internet aplicados em serviços de redes privadas virtuais (VPN), facilitam a comunicação entre os colaboradores e a operacionalidade da empresa em um novo mercado mundial (O que [...], 2024).

Essa nova indústria com perfil tecnológico pode fazer uso agora de quantidade massiva de dados (Big Data) trabalhar de forma a conhecer cada dia mais os seus clientes, ao tempo em que as novas formas de inteligência computacional permitem a tomada de decisões fáceis e com menos riscos e com uma execução de forma rápida e eficaz. Com todo esse avanço, fica cada dia mais necessária uma maior agilidade nas ações que necessitam de tomadas de decisões e controles. Nesse aspecto, a interconectividade entre os diversos. A Internet das Coisas Industrial (IIoT), também conhecida como Indústria 4.0, é a aplicação da tecnologia da Internet das Coisas (IoT) em ambientes industriais. Ao mesmo tempo, uma nova tecnologia surgia buscando integrar, agora, não só o homem à máquina, mas também máquina, ficando conhecida como a internet das Coisas IoT (Internet of Things), e polarizou-se pela possibilidade de troca de comunicação entre objetos, permitindo um maior controle sobre os equipamentos ou objetos a serem aplicados. Essa nova tecnologia logo foi aplicada à indústria, através de objetos com sistemas embarcados onde a comunicação se figurava de forma operacional e posteriormente através das IoT, em que foi possível além do controle, uma intervenção automática dos próprios equipamentos, ficando conhecido na Indústria como IIoT. Essa nova Indústria, conhecida como o Termo de Indústria 4.0. que foi utilizado pela primeira vez por Hannover Messe em 2011, teve sua origem em um projeto estratégico de alta tecnologia do Governo Alemão, que promovia a informatização da manufatura (O que [...], 2024).

2.4 APLICAÇÕES DA IIOT

A IIoT pode ser aplicada na indústria em diversos setores, entre eles podemos destacar o setor de Produção. Com um modelo de produção determinada pela necessidade do cliente é determinada pela demanda imediata das necessidades. Utilizando uma linha de produção rápida e autônoma que podem ser extraídos de outras máquinas pela forma de conexão M2M (Machine-to-Machine) para melhorar a confiabilidade das informações que interagem no processo. Essa comunicação entre máquinas permite uma produção conectada em tempos real, onde cada fase do processo de produção é transmitida para uma central que permite ao gestor uma maior intervenção para identificar os problemas e economizado recursos, podendo esses dados ainda serem utilizado para o aprendizado de máquinas a fim de manter a qualidade com economia de recursos. Com essa base de dados é possível a realização de simulações virtuais que permitem testes de implementação e análise dos impactos antes da aplicação das alterações do processo pela fábrica (SAP, 2024). A figura 6 a seguir mostra a interação com a indústria.

Figura 6: Interatividade dentro da Empresa



Fonte: O que [...], (2024).

Evitando, dessa forma, a realização de processo sem sucesso (Spadari Neto, 2024), como:



- Manutenção preditiva: Sensores podem monitorar o estado das máquinas e prever falhas antes que elas ocorram, permitindo que a manutenção seja realizada de forma proativa, evitando paradas não planejadas.
- Otimização da produção: A IIoT pode ser usada para otimizar o fluxo de produção, identificando gargalos e ajustando os processos em tempo real.
- Rastreabilidade de produtos: A IIoT pode ser usada para rastrear produtos desde a matéria-prima até o cliente final, fornecendo informações valiosas sobre a cadeia de suprimentos.
- Controle de qualidade: A IIoT pode ser usada para monitorar a qualidade do produto em tempo real e identificar problemas antes que eles cheguem ao cliente final.

Ao conectar máquinas, sensores e outros dispositivos à internet, a IIoT permite a coleta e análise de dados em tempo real, abrindo um leque de possibilidades para otimizar processos e aumentar a eficiência.

3 A ENGENHARIA E A IIOT

O engenheiro de produção assume um papel crucial na utilização da automação industrial como ferramenta para aprimorar a performance operacional, baseando-se na IIoT (Internet Industrial das Coisas). Sua atuação abrange diversas responsabilidades que impulsionam a eficiência, a produtividade e a qualidade em ambientes de manufatura e produção (Spadari Neto, 2024). Principais Responsabilidades:

- Design e Implementação de Soluções IIoT: Os engenheiros de produção são responsáveis por projetar e implementar soluções IIoT que integram sensores, sistemas de aquisição de dados e redes de comunicação para coletar dados em tempo real de máquinas e equipamentos industriais. Esses dados são então analisados para obter insights sobre o desempenho operacional, identificar problemas potenciais e otimizar processos.
- Análise e Interpretação de Dados: Os engenheiros de produção possuem fortes habilidades de análise de dados para interpretar a



grande quantidade de dados gerados pelos sensores IIoT. Eles utilizam ferramentas de visualização de dados, técnicas estatísticas e algoritmos de aprendizado de máquina para extrair informações significativas, identificar tendências e descobrir padrões que podem informar a tomada de decisões.

- **Otimização e Melhoria de Processos:** Com base nos insights obtidos da análise de dados IIoT, os engenheiros de produção desenvolvem e implementam estratégias para otimizar os processos de produção. Isso pode envolver o ajuste das configurações da máquina, o refinamento dos fluxos de trabalho de produção e a implementação de práticas de manutenção preditiva para minimizar o tempo de inatividade e garantir uma produção consistente.
- **Monitoramento e Controle de Desempenho:** Os engenheiros de produção monitoram e controlam continuamente o desempenho operacional usando painéis IIoT e fluxos de dados em tempo real. Eles identificam desvios em relação às métricas de desempenho estabelecidas e tomam medidas corretivas para manter os níveis de produção ideal e a qualidade do produto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho teve como objetivo sugerir uma metodologia de priorização de leitura definida precisamente, A Internet das Coisas tem se propagado cada vez mais, pode se notar que as vantagens oferecidas são inúmeras tanto no meio corporativo quanto no uso pessoal, com a integração de novas tecnologias seus benefícios serão cada vez maiores. A indústria está passando por uma profunda transformação impulsionada pela Indústria 4.0, onde a automação industrial e a Internet Industrial das Coisas (IIoT) estão se tornando ferramentas essenciais para aprimorar a performance operacional. Nesse cenário, o engenheiro de produção assume um papel crucial, utilizando essas tecnologias para otimizar processos, aumentar a eficiência e garantir a qualidade na manufatura. O engenheiro de produção moderno não se limita mais às tarefas tradicionais de gerenciamento de linhas de produção. Sua expertise agora abrange o domínio da tecnologia, com profundo conhecimento em sistemas de automação, sensores, redes de comunicação e plataformas de análise de dados. Essa



proficiência permite que ele extraia insights valiosos da vasta quantidade de dados gerada pela IIoT, transformando-os em ações estratégicas para otimização da produção. Ele atua como um analista e solucionador de problemas, utilizando técnicas avançadas de análise de dados para identificar gargalos, prever falhas em equipamentos e otimizar parâmetros de produção. Essa visão holística garante que a automação não seja apenas uma forma de substituir trabalhadores, mas sim de potencializar suas habilidades e aumentar a produtividade geral.

A IIoT permite a logística da empresa acompanhar a entrega de matéria prima junto ao fornecedor ou a entrega do produto ao cliente em tempo real, sabendo quando ele vai chegar; desenvolver estoques dinâmicos permitindo compras automáticas de matérias a fim de evitar a escassez e pronta-disponibilidade para o envio de produtos, acompanhar a entrega verificando atrasos ou extravios, outros benefícios que podemos encontrar na utilização das IoT e do IIoT nas atividades como:

- Redução de operações ou paradas;
- Melhoria do uso do ativo;
- Redução de operações ou custo do ciclo do ativo;
- Melhoria do uso do ativo – performance;
- Melhoria da produção;
- Aumento da rapidez na tomada de decisões;
- Oportunidade para novos negócios;
- Permitir venda ou compra de produtos como serviço.

REFERÊNCIAS

COLCHER, Raul. **IoT: a internet das coisas e o seu papel na transformação digital**. São Paulo: Scortecci, 2022.

DURAES, Wellington; FERREIRA, Fernando H. I. B.; MANZAN, Renato. **Arquitetura de soluções IoT: desenvolva com internet das coisas para o mundo real**. São Paulo: Casa do Código, 2022.

IDEALI, Wagner. **Conectividade em automação e IoT: Protocolos I2C, SPI, USB, TCP-IP entre outros. Funcionalidade e interligação para automação e IoT**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

MORAES, Alexandre de; HAYASHI, Victor T. **Segurança em IoT: entendendo os riscos e ameaças em IoT**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.



OLIVEIRA, Cláudio L. V.; ZANETTI, Humberto A. P. **JavaScript descomplicado:** programação para Web, IoT e dispositivos móveis. São Paulo: Érica, 2020.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das coisas com ESP8266, arduino e raspberry Pi.** 2.ed. São Paulo: Novatec, 2021.

O QUE é a internet das coisas industrial (IIoT)? **SAP.** Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html>. Acesso em 27 ago. 2024.

SINCLAIR, Bruce. **IoT:** como usar a “internet das coisas” para alavancar seus negócios. São Paulo: Autêntica Business, 2018.

SOUZA, Alberto M. C. e AMAZONAS, José R. **Arquitetura de IoT:** uma arquitetura para internet das coisas com análise e reconhecimento de padrões e processamento paralelo com Big Data. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

SPADARI NETO, Dinarte. **Indústria 4.0:** revolucionando o futuro da manufatura. São Paulo: Independently published, 2024.

STEVAN JUNIOR, Sérgio L. **IoT – internet das coisas:** fundamentos e aplicações em arduino e nodeMCU. São Paulo: Érica, 2018.

APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO PARA ATENDER A NR 12 EM TÚNEIS DE CARGA

SIZING OF A COLUMN CRANE FOR LIFTING AND HANDLING LOADS

Fernando da Silva Santos¹

Bruna Nogueira²

Filipe Sizino³

Mateus Landim⁴

Pedro Henrique⁵

Vinicius Ramos⁶

Wesley Mendes⁷

RESUMO

A aplicação da Norma Regulamentadora 12 (NR 12) em túneis de carga é fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores e a eficiência operacional. Esta norma estabelece uma série de requisitos e medidas de proteção que devem ser implementados para minimizar os riscos de acidentes e assegurar a integridade física dos trabalhadores. Entre as principais exigências estão a instalação de dispositivos de segurança, controles e sinalização adequados, a realização de manutenção regular e inspeções rigorosas, e o treinamento contínuo dos funcionários. Além disso, a conformidade com a NR 12 deve ser considerada desde a fase de projeto e instalação dos túneis de carga, incorporando todas as medidas de segurança necessárias. O monitoramento contínuo e auditorias regulares são essenciais para avaliar a eficácia das medidas implementadas. Este artigo explora as diretrizes da NR 12 aplicáveis a túneis de carga e destaca a importância de sua implementação para a prevenção de acidentes e a promoção de um ambiente de trabalho seguro e eficiente.

Palavras-chave: NR 12. Segurança. Inspeções rigorosas. Túneis de carga. Eficiência operacional.

ABSTRACT

The application of Regulatory Standard 12 (NR 12) in cargo tunnels is essential to ensure worker safety and operational efficiency. This standard establishes a series of requirements and protection measures that must be implemented to minimize the risk of accidents and ensure the physical integrity of workers. Among the main

¹ Docente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: brunanogueira@hotmail.com

³ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: filipesizino@gmail.com

⁴ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: landimmateus5@gmail.com

⁵ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: Pedro.ettmartins@gmail.com

⁶ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: v_ramos_sansao@hotmail.com

⁷ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: wesleyoliveira_96@outlook.com



requirements are the installation of adequate safety devices, controls and signaling, the carrying out of regular maintenance and rigorous inspections, and the continuous training of employees. Furthermore, compliance with NR 12 must be considered from the design and installation phase of cargo tunnels, incorporating all necessary safety measures. Continuous monitoring and regular audits are essential to assess the effectiveness of the measures implemented. This article explores the NR 12 guidelines applicable to freight tunnels and highlights the importance of their implementation for preventing accidents and promoting a safe and efficient work environment.

Keywords: NR 12, Safety, rigorous inspections, cargo tunnels, operational efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, temos visto o quanto é necessário o investimento na área da segurança dentro das indústrias. Com isto, a tecnologia tem andado de mão dadas com a segurança do trabalho e auxiliado para melhorar a condição segura do ambiente dos colaboradores.

A nossa proposta neste trabalho, é apresentar os dispositivos de segurança (travas ,sensores e sinalização) que utilizam tecnologias eletrônicas para detectar situações de risco e interromper a aproximação de pessoas no equipamento.

Esta melhoria desempenhará um papel crucial para a prevenção de incidentes e acidentes e assim reduzindo significativamente as condições inseguras do ambiente industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A segurança no ambiente de trabalho é uma área interdisciplinar que envolve diversas disciplinas de engenharia, incluindo a engenharia de segurança, a engenharia mecânica, a engenharia elétrica e a engenharia de automação.

A aplicação de princípios de engenharia em sistemas de segurança é essencial para garantir que os dispositivos e métodos implementados sejam eficazes, confiáveis e em conformidade com as normas regulamentadoras.

Neste contexto, a instalação de travas de segurança e sensores de movimento no túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil exemplifica a aplicação prática de teorias e metodologias de engenharia para atender aos requisitos da Norma Regulamentadora 12 (NR 12).

A engenharia de segurança desempenha um papel crucial na prevenção de acidentes e na proteção da saúde dos trabalhadores.

Um dos princípios fundamentais desta disciplina é a implementação de

sistemas de segurança que minimizem os riscos associados à operação de máquinas e equipamentos.

Na instalação das travas de segurança e dos sensores de movimento, os engenheiros de segurança utilizaram a análise de risco para identificar os pontos críticos no túnel de carga onde os acidentes poderiam ocorrer.

As travas de segurança foram projetadas considerando a resistência mecânica necessária para suportar forças significativas sem falhar e foram desenvolvidas com um design fail-safe, garantindo que, em caso de falha, as portas permanecessem fechadas, evitando a abertura acidental que poderia levar a acidentes.

A engenharia de automação e controle também foi fundamental na implementação dos sensores de movimento e no gerenciamento do estado operacional do túnel de carga.

Os princípios de automação aplicados incluíram a integração de sensores com sistemas de controle que monitoram continuamente o ambiente e respondem automaticamente a condições perigosas. Sensores baseados em tecnologias como infravermelho, ultrassom ou radar foram utilizados para detectar a presença de pessoas ou objetos. Esses sensores foram conectados a controladores lógicos programáveis (CLPs) que processam os sinais recebidos e executam ações de controle apropriadas, como interromper o movimento do túnel ou manter as portas abertas.

A engenharia elétrica foi essencial para a instalação e operação dos dispositivos de segurança, abrangendo a fiação, a alimentação elétrica e a comunicação entre os dispositivos.

Aspectos como a proteção contra sobrecargas e a garantia de continuidade operacional foram críticos para a confiabilidade do sistema de segurança.

Circuitos de segurança dedicados foram projetados para garantir que qualquer falha elétrica não comprometesse a operação dos dispositivos de segurança, e fontes de alimentação redundantes foram implementadas para assegurar que os dispositivos permanecessem operacionais mesmo em caso de falha na alimentação principal.

A ergonomia, ou engenharia humana, também desempenhou um papel importante no design de sistemas que consideram as capacidades e limitações humanas.

Na implementação de sinalizações visuais e sonoras, princípios ergonômicos foram aplicados para garantir que as informações críticas fossem facilmente

percebidas e compreendidas pelos trabalhadores.

Sinais visuais foram projetados com cores contrastantes e tamanhos de fonte adequados para serem visíveis à distância e sob diversas condições de iluminação, enquanto alarmes sonoros foram configurados com frequências e volumes que pudessem ser ouvidos claramente em um ambiente industrial ruidoso.

A Norma Regulamentadora 12 (NR 12) estabelece requisitos mínimos para a segurança no trabalho com máquinas e equipamentos.

A conformidade com a NR 12 implica a implementação de medidas de proteção coletiva e individual que garantam a integridade física dos trabalhadores.

No projeto da Albaugh Agro Brasil, as travas de segurança e os sensores de movimento foram instalados para prevenir acessos não autorizados, garantindo que as portas do túnel de carga permanecessem fechadas durante a operação.

Além disso, os sensores de movimento foram usados para detectar a presença de pessoas ou objetos e responder automaticamente para evitar acidentes. Por fim, sinalizações claras foram implementadas para informar os trabalhadores sobre o estado operacional do túnel e os procedimentos de segurança a serem seguidos.

A aplicação destes princípios de engenharia assegura que os sistemas de segurança não apenas cumpram com as normas regulamentadoras, mas também proporcionem um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente, refletindo o compromisso da Albaugh Agro Brasil com a proteção de seus colaboradores.

Figura 1 – NR 12 e suas atualizações

NR 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	
Publicação	D.O.U.
Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978	06/07/78
Alterações/Atualizações	
Alterações/Atualizações	D.O.U.
Portaria SSST n.º 12, de 06 de junho de 1983	14/06/83
Portaria SSST n.º 13, de 24 de outubro de 1994	26/10/94
Portaria SSST n.º 25, de 28 de janeiro de 1996	05/12/96
Portaria SSST n.º 04, de 28 de janeiro de 1997	04/03/97
Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010	24/12/10
Portaria SIT n.º 293, de 08 de dezembro de 2011	09/12/11
Portaria MTE n.º 1.893, de 09 de dezembro de 2013	11/12/13
Portaria MTE n.º 857, de 25 de junho de 2015	26/06/15
Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015	10/12/15
Portaria MTPS n.º 509, de 29 de abril de 2016	02/05/16
Portaria MTb n.º 1.110, de 21 de setembro de 2016	22/09/16
Portaria MTb n.º 1.111, de 21 de setembro de 2016	22/09/16
Portaria MTb n.º 873, de 06 de julho de 2017	06/07/17
Portaria MTb n.º 98, de 08 de fevereiro de 2018	09/02/18
Portaria MTb n.º 252, de 10 de abril de 2018	12/04/18
Portaria MTb n.º 326, de 14 de maio de 2018	15/05/18
Portaria MTb n.º 1.083, de 18 de dezembro de 2018	19/12/18
Portaria SEPRT n.º 916, de 30 de julho de 2019	31/07/19
Portaria SEPRT n.º 8.560, de 15 de julho de 2021	16/07/21
Portaria MTP n.º 428, de 07 de outubro de 2021	08/10/21
Portaria MTP n.º 806, de 13 de abril de 2022	19/04/22
Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022	22/12/22

Fonte: Brasil (2024)



3 DESENVOLVIMENTO

A instalação das travas de segurança e dos sensores de movimento no túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil foi realizada seguindo uma série de etapas cuidadosamente planejadas com base em princípios de engenharia.

Primeiramente, uma avaliação detalhada do túnel de carga foi conduzida, analisando as portas e identificando os pontos críticos para a instalação das travas de segurança e dos sensores de movimento.

Engenheiros de segurança e técnicos especializados participaram dessa avaliação, definindo as especificações técnicas dos dispositivos necessários e desenvolvendo um cronograma detalhado para minimizar a interrupção das operações.

A instalação das travas de segurança nas portas do túnel de carga envolveu a preparação das portas, que foram inspecionadas e limpas, e a verificação de sua integridade estrutural.

As travas foram então montadas utilizando suportes e fixadores adequados, assegurando um alinhamento preciso e uma fixação firme.

Em seguida, as travas foram integradas ao sistema de controle do túnel de carga, com a programação dos controladores lógicos programáveis (CLPs) para monitorar e gerenciar o estado das travas, garantindo que as portas permanecessem fechadas enquanto o túnel estivesse em operação.

A instalação dos sensores de movimento foi outro aspecto crucial do projeto.

Os sensores foram posicionados em locais estratégicos ao redor das portas e no interior do túnel, escolhidos para garantir a cobertura completa das áreas críticas sem interferências.

Após a instalação, os sensores foram calibrados para assegurar uma sensibilidade adequada, e testes de detecção de movimento foram realizados para ajustar os sensores conforme necessário. Esses sensores foram então conectados ao sistema de segurança do túnel, permitindo que o sistema respondesse automaticamente à detecção de movimento, interrompendo a operação do túnel ou mantendo as portas abertas em caso de obstruções.

Para complementar as travas de segurança e os sensores de movimento, sinalizações visuais e sonoras foram instaladas para informar os trabalhadores sobre

o estado operacional do túnel de carga.

Placas de sinalização e alarmes sonoros foram desenvolvidos para serem claramente visíveis e audíveis, e foram instalados em locais estratégicos, como perto das portas do túnel e em áreas de alto tráfego, garantindo que todos os trabalhadores pudessem ver e ouvir os avisos.

Após a instalação de todos os dispositivos, foram realizados testes abrangentes para garantir que todos os sistemas funcionassem corretamente.

As travas foram testadas para assegurar que as portas permanecessem fechadas durante a operação e só pudessem ser abertas quando seguro.

Os sensores foram testados para verificar a detecção precisa de movimentos e a resposta adequada do sistema de segurança.

Os sinais visuais e sonoros também foram testados para garantir sua clareza e eficácia em comunicar o estado do túnel de carga.

Por fim, todos os trabalhadores receberam treinamento sobre o funcionamento dos novos sistemas de segurança, incluindo a importância das travas, sensores e sinalizações. Instruções detalhadas foram fornecidas sobre como proceder em caso de alarmes e como utilizar o túnel de carga de maneira segura.

Com essas etapas concluídas, o túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil agora está equipado com dispositivos de segurança que atendem plenamente à NR 12, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a implementação das travas de segurança, sensores de movimento e sinalizações adequadas no túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil, foram observados diversos resultados positivos, demonstrando a eficácia das medidas de segurança implementadas e seu impacto no ambiente de trabalho.

Estes resultados foram objeto de discussão entre os responsáveis pela segurança na empresa, bem como entre os próprios colaboradores.

Uma das principais observações foi a redução significativa no número de incidentes relacionados ao túnel de carga.

Antes da implementação das medidas de segurança, havia relatos frequentes de aberturas acidentais das portas do túnel durante a operação, o que representava um sério risco para os trabalhadores.

Com as travas de segurança em funcionamento, esses incidentes foram

virtualmente eliminados, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e tranquilizando os colaboradores quanto à sua segurança enquanto operavam no túnel de carga.

Além disso, a presença dos sensores de movimento permitiu uma detecção rápida de possíveis obstruções ou presenças não autorizadas dentro do túnel de carga.

Isso não só aumentou a segurança dos trabalhadores, evitando possíveis colisões ou acidentes, mas também contribuiu para uma operação mais eficiente, já que qualquer interrupção na operação do túnel poderia ser rapidamente identificada e resolvida.

A implementação das sinalizações adequadas também teve um impacto positivo na conscientização dos trabalhadores sobre os procedimentos de segurança.

As placas de sinalização visuais foram facilmente identificadas pelos colaboradores, fornecendo informações claras sobre o estado operacional do túnel e os procedimentos a serem seguidos em caso de emergência.

Os alarmes sonoros complementaram as sinalizações visuais, garantindo que todos os trabalhadores fossem alertados rapidamente sobre situações de perigo iminente.

Em termos de conformidade regulatória, a implementação das medidas de segurança garantiu que a fábrica estivesse em plena conformidade com os requisitos da NR 12.

Isso não apenas evitou possíveis penalidades regulatórias, mas também reforçou a reputação da empresa como um local de trabalho seguro e responsável.

No geral, os resultados obtidos após a implementação das travas de segurança, sensores de movimento e sinalizações adequadas foram extremamente positivos.

A redução significativa nos incidentes e acidentes, juntamente com o aumento da conscientização dos trabalhadores sobre segurança, destacam o impacto positivo das medidas de segurança implementadas no túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil.

Esses resultados reforçam a importância da aplicação de princípios de engenharia na garantia da segurança no ambiente de trabalho e demonstram o compromisso contínuo da empresa com a proteção e bem-estar de seus colaboradores.

Figura 2- Túnel de carga



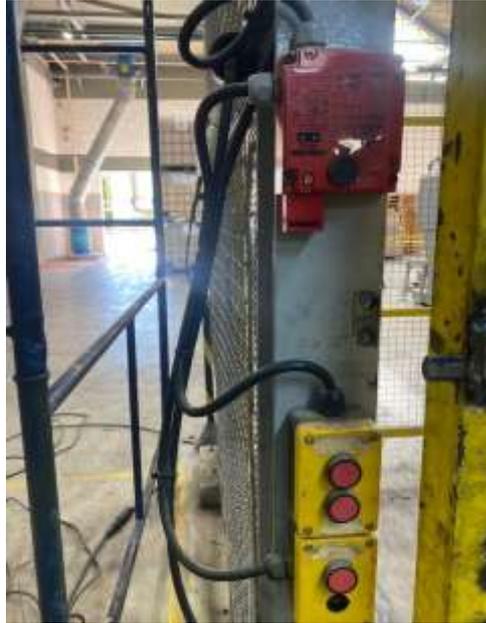
Fonte: Autores (2024)

Figura 3 – Sensor de movimento e botoeira de emergência parte frontal



Fonte: Autores (2024)

Figura 4 – Sensor de movimento e botoeira de emergência porta de trás.



Fonte: Autores (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação das travas de segurança, sensores de movimento e sinalizações adequadas no túnel de carga da fábrica Albaugh Agro Brasil resultou em uma significativa melhoria na segurança dos trabalhadores.

Os incidentes e acidentes relacionados ao túnel foram drasticamente reduzidos, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e tranquilo.

Além disso, a conscientização dos colaboradores sobre os procedimentos de segurança aumentou, contribuindo para uma cultura de segurança mais forte na empresa.

Esses resultados destacam a eficácia das medidas de segurança implementadas e reforçam o compromisso da Albaugh Agro Brasil com a proteção e bem-estar de seus colaboradores.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2024.



**ARMAZENAGEM DE PEÇAS AUTOMOTIVAS PELO EMPREGO DOS
CONCEITOS DE ARRANJO FÍSICO**

**AUTOMOTIVE STORAGE PARTS BY USING PHYSICAL ARRANGEMENT
CONCEPTS**

**Caique de Paula Oliveira¹
Débora Cristina Anastácio Carminati²
Diogo de Oliveira Santos³
Maria Eduarda Delgado de Oliveira⁴
Dener Martins dos Santos⁵**

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e planejamento do arranjo físico para empresa de autopeças. Diante disso é demonstrado como a partir do planejamento estruturado é possível a transformação, implementação e melhoria no funcionamento de uma cadeia produtiva. Uma das ferramentas indispensáveis para o bom funcionamento de uma cadeia produtiva é a definição do layout de funcionamento ou mais conhecido como arranjo físico. A metodologia empregada se baseou no uso das normas técnicas brasileiras para elaboração da proposta. Os resultados demonstraram ser possível a realização de modelo mais eficaz de arranjo físico para a empresa de autopeças, de modo a otimizar as tarefas e diminuir a intensidade de retrabalho.

Palavras-chaves: Auto peças. Arranjo físico. Indústria automotiva.

ABSTRACT

This work presents the development and planning of the physical arrangement for an auto parts company. In view of this, it is demonstrated how, through structured planning, it is possible to transform, implement an improve the functioning of a production chain. One of the essential tools for the proper functioning of a production chain is the definition of the operating layout or better known as physical arrangement. The methodology used was based on the use of Brazilian technical standards to prepare the proposal. The results demonstrated that it is possible to

¹ Acadêmico - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: caique@graduacao.ubm.br

² Acadêmica - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: debora.carminati@graduacao.ubm.

³ Acadêmico - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: diogo.20121000380@graduacao.ubm.br

⁴ Acadêmica - Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: maria.20201001420@graduacao.ubm.br

⁵ Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br



create a more effective physical layout model for the auto parts company, in order to optimize tasks and reduce the intensity of rework.

Keywords: Auto parts. Physical arrangement. Automotive industry.

1 INTRODUÇÃO

Compreender e aprimorar o layout de uma planta ou layout é essencial para alcançar níveis superiores de produtividade e redução de custo na aplicação de linha de produção enxuta e eficiente. A busca por estratégias inovadoras no arranjo físico se torna frequente à medida que as indústrias buscam se adaptar a um ambiente de negócios dinâmico e globalizado. Esse artigo busca explorar o arranjo físico sobre produto, destacando a importância de considerações ergonômicas, tecnológicas para o cumprimento de produção e qualidade (Dias, 2021).

A aplicação do arranjo físico ou o aprimoramento é de suma importância estar correlacionado com a aplicação das normas técnicas. As normas técnicas é um processo abrangente que envolve a consideração cuidadosa de vários aspectos do ambiente de trabalho. Esse processo visa não apenas cumprir as exigências legais, mas também criar um ambiente de trabalho seguro, saudável e produtivo para todos os trabalhadores (Villar; Nóbrega Júnior, 2014).

A demanda de suprir o fornecimento de uma produção automotiva com capacidade de produção horária alta com baixo estoque *in-house* é altamente ambicioso, uma interrupção do fornecimento gera uma diminuição na produtividade parcial, aumentando os custos de produção. Um arranjo físico eficiente, bem planejado e posicionado estrategicamente favorecem a diminuição dos riscos de produção (Pansonato, 2020).

O conceito *in-house* refere-se à prática dos fornecedores realizarem determinadas atividades ou processos dentro da própria empresa que fornecem. No contexto da produção, adotar uma abordagem *in-house* significa que a empresa opta por manter internamente a execução de etapas específicas do processo produtivo. Produzir *in-house* reduz a dependência de terceiros e minimiza o impacto de possíveis atrasos ou problemas de fornecimento. A escolha entre produção *in-house* e terceirização depende da estratégia global da empresa, das características do setor e das metas específicas de qualidade, custo e flexibilidade. Cada organização deve avaliar cuidadosamente as vantagens e desvantagens antes de decidir qual

abordagem é mais adequada às suas necessidades (Sacchitiello, 2023).

O arranjo físico errado pode levar a padrões de fluxos longos e confusos, estoque de materiais, filas de clientes, tempos de processamento elevados e altos custos. Esses são alguns exemplos de erro na implementação do arranjo físico errado, (Fontana, 2024).

2 DESENVOLVIMENTO

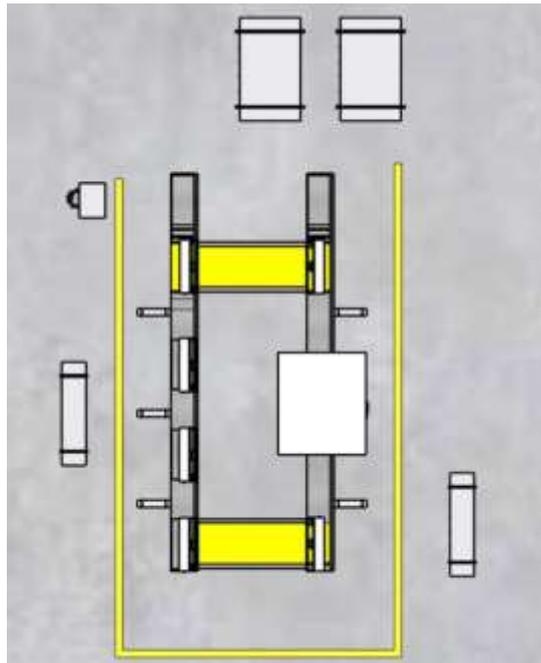
O modelo de execução ideal para atender a demanda é o arranjo físico por produto. O arranjo físico por produto envolve localizar os recursos produtivos transformadores inteiramente segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. Cada produto, elemento de formação ou cliente segue um roteiro predefinido na qual a sequência de atividades requeridas coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente. Esse é o motivo de ser chamado de arranjo físico em fluxo em linha (Reis; Ayres; Marques, 2020).

Baixos custos de produção unitária para altos volumes, oportunidade de utilização e especialização de equipamentos e movimentação conveniente entre materiais e clientes são vantagens de um arranjo físico por produto; em contrapartida, as desvantagens são a baixa flexibilidade de mix de produtos e trabalhos altamente repetitivos. É preciso de uma cadeia produtiva de eficiência, porém não podemos deixar de lado conceitos básicos como (Chiavenato, 2024):

- **Segurança:** Todos os processos que podem representar riscos não devem ser acessíveis as pessoas não autorizadas, saídas de incêndio devem ser sinalizadas, acessos desimpedidos, a circulação deve ser claramente marcada e livre;
- **Clareza de fluxo:** Todo fluxo de materiais e clientes devem ser sinalizados de forma clara e evidente. As operações de manufatura em geral com corredores muito claramente e definidos.
- **Conforto de mão de obra:** Arranjo físico de promover um ambiente de trabalho bem ventilado, iluminado, e quando possível, agradável.
- **Acesso:** Todas as máquinas devem estar acessíveis para permitir adequada limpeza e manutenção.
- **Comunicação:** Deve ser facilitada a comunicação e a implementação e dispositivos de comunicação e auxílio operacional.

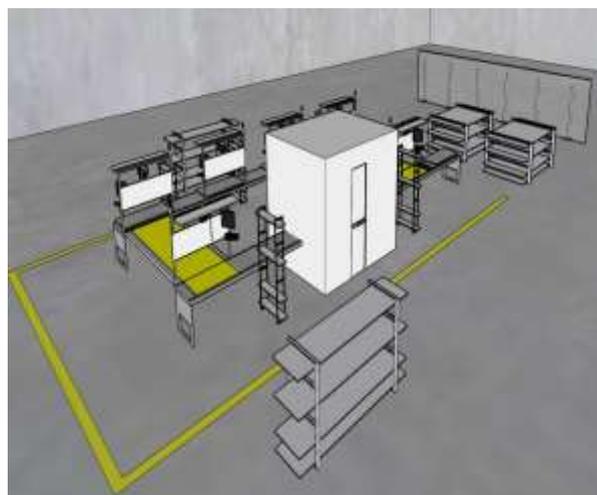
As figuras 1, 2 e 3 apresentam os croquis do arranjo físico elaborado para atender as necessidades da empresa de autopeças, de modo a otimizar as tarefas rotineiras e melhorar o desempenho e a eficiência dos colaboradores. E também diminuir a intensidade de retrabalho.

Figura 1: Vista superior da elaboração do arranjo físico da linha de montagem de peças



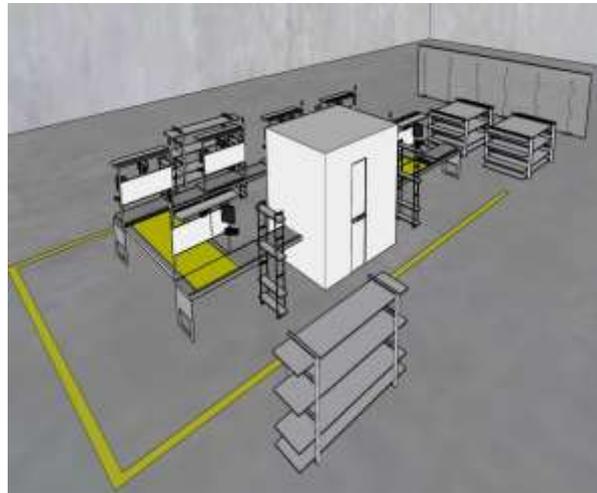
Fonte: Autores (2024)

Figura 2: Vista lateral direita da elaboração do arranjo físico da linha de montagem de peças



Fonte: Autores (2024)

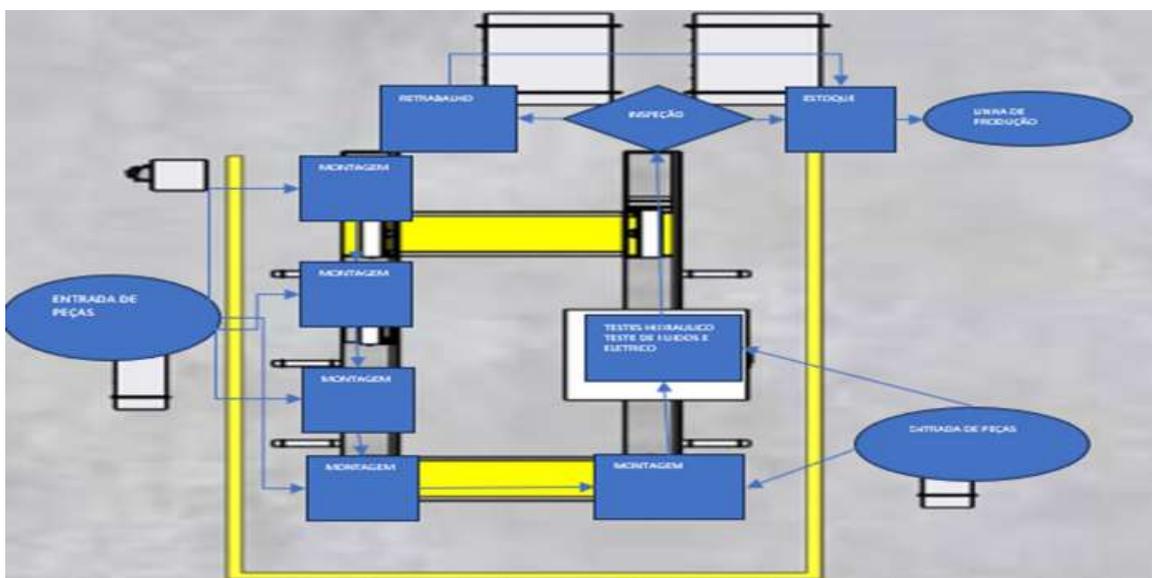
Figura 3: Vista lateral esquerda da elaboração do arranjo físico da linha de montagem de peças



Fonte: Autores (2024)

As figuras de 1 a 3 mostram as vistas da área da empresa de autopeças e dão a perspectiva da linha de fluxo aos quais os colaboradores atuam. Ao se utilizar os conceitos preconizados para o arranjo físico, possibilita uma clara movimentação de pessoas e equipamentos sem atropelos e com menos chances de ocorrência de acidentes de trabalho. A figura 4 sintetiza o arranjo físico apresentado de forma de fluxograma e dá a amplitude de entendimento da importância de se utilizar esses conceitos, para aumentar a eficiência das atividades laborais desenvolvidas pelos colaboradores.

Figura 4: Fluxograma organizacional do arranjo físico desenvolvido



Fonte: Autores (2024)



3 NORMAS REGULAMENTADORAS

As Normas Regulamentadoras - NRs, relativas à segurança e saúde do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos de administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT" (Brasil, 1978).

A aplicação das normas técnicas no arranjo físico de uma empresa compreende uma série de medidas e práticas que visam garantir a segurança, a eficiência e o bem-estar dos trabalhadores. Essas normas orientam desde a disposição de máquinas e equipamentos até as condições ambientais, ergonomia e sinalização. Os principais pontos relevantes sobre as normas técnicas são:

Disposição de Máquinas e Equipamentos garantir que haja espaço suficiente entre máquinas para facilitar a movimentação segura dos trabalhadores e a realização de manutenção. Projetar corredores e áreas de circulação amplos e desobstruídos para permitir um fluxo de trabalho eficiente e seguro. Posicionar máquinas e equipamentos de acordo com o fluxo de produção para minimizar deslocamentos desnecessários e reduzir riscos de acidentes (Chiavenato, 2024).

No que tange aos equipamentos é possível instalar dispositivos de segurança, como guardas e barreiras, em máquinas para proteger os trabalhadores de partes móveis e pontos de operação perigosos. Utilizar sinalização adequada para alertar sobre perigos e indicar saídas de emergência, extintores de incêndio e equipamentos de segurança. Instalar botões de parada de emergência em locais acessíveis e claramente identificados.

As questões ambientais envolvem e provêm iluminação adequada em todas as áreas de trabalho para reduzir a fadiga visual e aumentar a precisão e segurança nas operações. Garantir ventilação adequada e sistemas de controle de temperatura para proporcionar um ambiente de trabalho confortável e seguro (Batalha, 2019).

Em relação as questões relacionadas a ergonomia, implementar medidas para controlar o nível de ruído no ambiente, como o uso de barreiras acústicas e isolamento de máquinas barulhentas. Projetar postos de trabalho ergonomicamente corretos, ajustando a altura das bancadas, cadeiras e ferramentas para evitar lesões por esforço repetitivo e posturas inadequadas. Fornecer equipamentos e ferramentas que minimizem o esforço físico e a sobrecarga muscular dos trabalhadores (Vieira, 2019).



Em relação as questões de segurança, planejar áreas de armazenamento adequadas e seguras para materiais e produtos, garantindo fácil acesso e evitando obstruções nas áreas de circulação. Implementar práticas de organização e limpeza (como o método 5S) para manter o ambiente de trabalho ordenado, seguro e eficiente. Realizar inspeções periódicas para garantir a conformidade contínua com as normas e identificar áreas que necessitem de melhorias. Capacitar os funcionários sobre as normas técnicas e regulamentações relevantes para suas funções específicas. Oferecer treinamento contínuo aos trabalhadores sobre as práticas de segurança, o uso correto dos equipamentos e os procedimentos de emergência. Oferecer treinamento contínuo aos trabalhadores sobre as práticas de segurança, o uso correto dos equipamentos e os procedimentos de emergência (Tálamo, 2022).

“Um ignorante com iniciativa faz o que não deve, fala o que não pode, envolve-se com quem é inadequado e depois diz que não sabia de nada. (Napoleão Bonaparte)”

Adaptar o arranjo físico às exigências específicas das Normas Regulamentadoras (NRs) e outras normas técnicas aplicáveis, como a NR 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade), NR 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos), NR 17 (Ergonomia) e NR 13 (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de Armazenamento), é essencial para garantir um ambiente de trabalho seguro, eficiente e em conformidade com as legislações vigentes. Este processo envolve a implementação de práticas e medidas que previnem acidentes, promovem a saúde dos trabalhadores e aumentam a produtividade.

2.1 NORMA TÉCNICA – NR10

A Norma Regulamentadora NR10 estabelece requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam com instalações elétricas e serviços com eletricidade" (Brasil, 1978).

A NR 10 tem o principal objetivo de definir boas práticas dos serviços que envolvem direta ou indiretamente o uso de eletricidade e de garantir a saúde, a segurança e a integridade física dos profissionais envolvidos nesses processos.

Quando se fala em atividades que envolvem eletricidade, é de extrema



importância que as indústrias tenham conhecimento dos procedimentos de segurança na hora de instalação, manutenção e manuseio cotidiano. Um erro de processo pode provocar problemas como curtos-circuitos, causando sérias explosões.

A norma regulamentadora, de uma maneira geral, trata de todos cuidados que devem ser tomados na hora da elaboração do projeto de instalação elétrica, construção, montagem, operação e manutenção, além de medidas coletivas e individuais e segurança.

O objetivo é estabelecer requisitos e condições mínimas para a segurança dos trabalhadores que interagem com as instalações elétricas e serviços com eletricidades

Aplica-se a todas as fases de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, incluindo projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

As medidas de controle preveem adotar medidas preventivas para evitar acidentes elétricos, incluindo o uso de equipamentos de proteção coletiva (EPC) e individual (EPI). A segurança em projetos define projetar instalações elétricas considerando a segurança desde a concepção.

A segurança em instalações elétricas deve estar em conformidade com as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e realizar inspeções e manutenções periódicas para garantir a segurança e funcionalidade das instalações elétricas.

Os documentos de prontuário de instalações elétricas (PIE) prever manter um prontuário atualizado contendo documentos como diagramas unifilares, especificações dos equipamentos e histórico de manutenção. O Prontuário de Instalações Elétricas (PIE) contém documentos como diagramas unifilares, especificações dos equipamentos e histórico de manutenção.

Existem responsabilidades de ambas as partes, do empregador é garantir a implementação das medidas de controle, fornecer EPI e EPC, e assegurar que os trabalhadores recebam treinamento adequado.

Dos trabalhadores é seguir as instruções de segurança, utilizar corretamente os EPIs e EPCs e reportar condições inseguras.

É preciso qualificar, capacitar e habilitar os trabalhadores, eles devem receber treinamento específico para trabalhar com eletricidade, incluindo conhecimento sobre os riscos e as medidas de controle. Os Trabalhadores devem ser habilitados e



capacitados para realizar serviços elétricos, conforme exigido pela NR10.

Apenas trabalhadores autorizados podem realizar trabalhos em instalações elétricas e é preciso implementar procedimentos de permissão para trabalhos que envolvem riscos elétricos.

A proteção contra incêndio e explosão prevê instalação de dispositivos de proteção contra surtos e dispositivos de proteção contra incêndio e explosão e desenvolvimento de planos de emergência e evacuação em caso de acidentes elétricos.

A disponibilidade de equipamentos e treinamentos adequados para primeiros socorros em casos de acidentes elétricos e procedimentos para atendimento imediato a vítimas de acidentes elétricos, incluindo ressuscitação cardiopulmonar (RCP) e tratamento de queimaduras.

2.2 NORMA TÉCNICA – NR13

A NR13 (Norma Regulamentadora nº 13) trata da segurança na operação de caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento. Esta norma estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural desses equipamentos, visando a segurança e a saúde dos trabalhadores. Aqui está um resumo dos principais tópicos abordados pela NR13:

A NR13 se aplica a caldeiras a vapor, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento, estabelecendo requisitos para instalação, operação, manutenção e inspeção desses equipamentos.

As caldeiras são classificadas de acordo com a pressão de operação, capacidade e fluido utilizado. Para a instalação requer requisitos para a instalação segura de caldeiras, incluindo área de instalação, condições ambientais, e acesso. Procedimentos operacionais e de manutenção para garantir a segurança durante a operação das caldeiras. Frequência e métodos de inspeção interna e externa das caldeiras, incluindo testes de segurança e pressão, são requisitos de segurança para a inspeção das caldeiras

Os vasos de pressão são selecionados por grupo e categoria com base na pressão e no volume. São requisitos para identificação e marcação dos vasos. Normas para a instalação segura de vasos de pressão, abrangendo localização, ventilação, e dispositivos de segurança. Procedimentos são aplicados para operação segura,

manutenção e reparo de vasos de pressão. Os procedimentos e periodicidade para inspeções de segurança, incluindo testes de espessura, ensaios não destrutivos, e verificações de dispositivos de segurança são aplicados aos vasos de pressão.

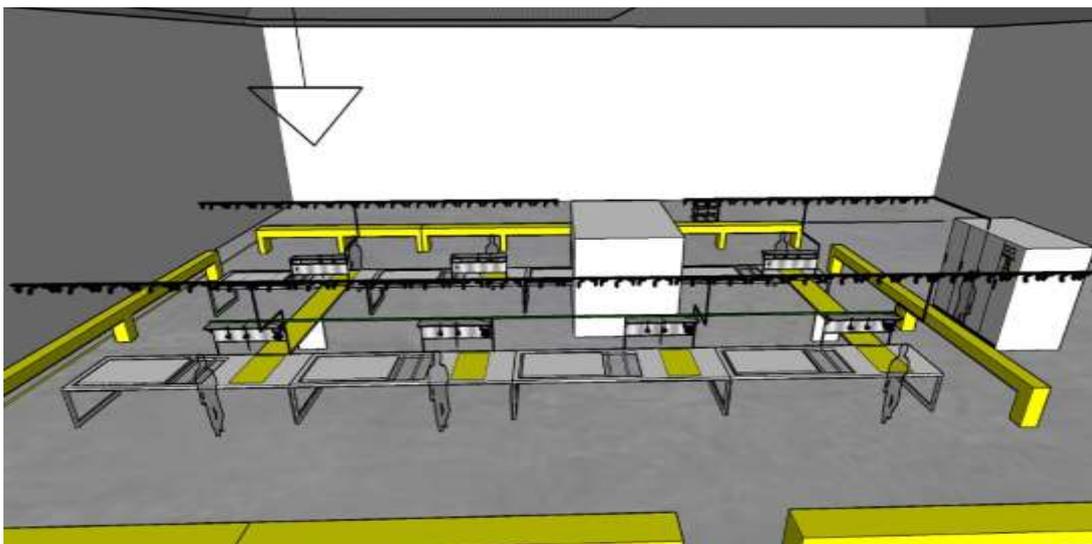
As tubulações preveem requisitos para o projeto, fabricação e instalação de tubulações que transportam fluidos sob pressão, incluindo especificações de materiais e técnicas de soldagem. Normas de instalação para garantir a segurança, incluindo suportes, proteções contra corrosão e identificação das tubulações são obrigatórios para a segurança das tubulações. Procedimentos aplicados para inspeção regular e manutenção preventiva de tubulações, com foco na integridade e segurança.

A NR13 é uma norma abrangente e detalhada que visa garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações industriais que utilizam caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento. A aplicação rigorosa dessa norma é essencial para prevenir acidentes e assegurar um ambiente de trabalho seguro.

3 RESULTADOS

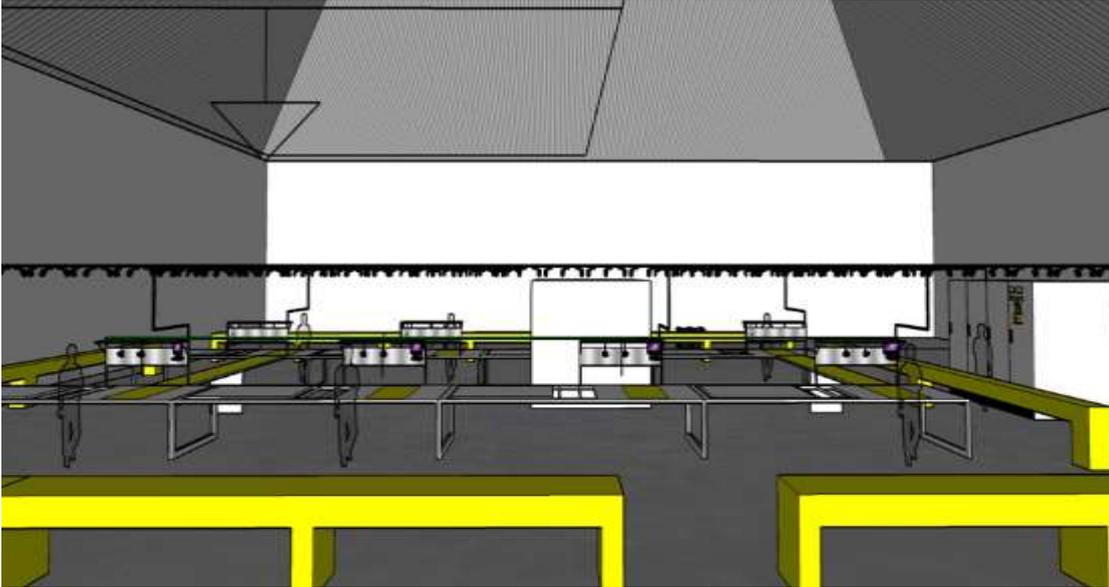
As figuras 5, 6 e 7 mostram os resultados encontrados para o arranjo físico proposto para a empresa associadas às necessidades operacionais acrescidas às observâncias às normas técnicas.

Figura 5: Vista superior do arranjo físico do setor da empresa, acrescidas às modificações



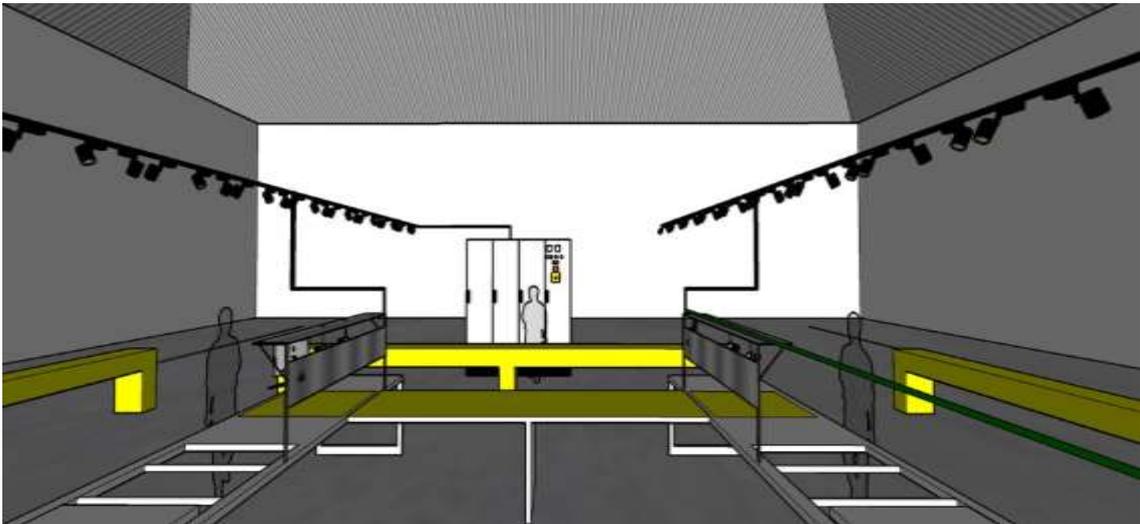
Fonte: Autores (2024)

Figura 6: Vista lateral direita do arranjo físico do setor da empresa, acrescidas às modificações



Fonte: Autores (2024)

Figura 7: Vista frontal do arranjo físico do setor da empresa, acrescidas às modificações



Fonte: Autores (2024)

As figuras 5, 6 e 7 evidenciaram a importância da utilização de separadores com cores para despertar a atenção dos colaboradores das regiões mais críticas às quais maiores atenções deveriam ser respeitadas. Os limitadores para a realização da circulação permitiria maior segurança dos colaboradores e com isso maior satisfação no trabalho. Essas pequenas modificações, normalmente, são capazes de melhorar a autoestima dos colaboradores, pelo sentimento coletivo de que a empresa se preocupa com o bem estar destes.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise aprofundada sobre o arranjo físico por produto projetado e dentro dos requisitos das normas técnicas NR13, NR10, NR 12 E NR17, torna-se evidente que a organização estratégica do espaço de produção desempenha um papel crucial na maximização da eficiência e na minimização dos custos associados à fabricação específica de determinados produtos. A abordagem focada na disposição física de máquinas, equipamentos das áreas de trabalho em função dos produtos a serem fabricados oferece vantagens significativas, permitindo uma maior especialização, redução de tempos de ciclo e otimização dos fluxos de trabalho. É ressaltado que um espaço bem projetado e dentro dos requisitos das normas técnicas propicia um ambiente seguro aos colaboradores que executam as atividades no setor.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Mário O. **Gestão da produção e operações**. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10** - Norma Regulamentadora nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/nr-10.htm>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR13** - Norma Regulamentadora nº 13– Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/nr-13.htm>. Acesso em: 02 jun. 2024.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção – uma abordagem introdutória**. 4.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022.

DIAS, Josinaldo. **Arranjos físicos – um estudo aplicado**. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2021.

FONTANA, Marcele E. **Fundamentos da gestão de produção e operações: estratégias para o sucesso empresarial**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2024.

PANSONATO, Roberto. **Projeto de fábrica e arranjo físico**. Cuiabá: Contentus, 2020.

REIS, Felipe S. L.; AYRES, Leonardo; MARQUES, Guilherme. **Engenharia aplicada a redução de custos e melhoria de produtividade**. *E-book*. ASIN: B08FY156T4, 2020.



SACCHITIELLO, Bárbara. **In-houses de produção**: apro pede mais transparência e regras. <https://www.meioemensagem.com.br/comunicacao/in-houses-de-producao-apro-pede-mais-transparencia-e-regras>. Acesso em: 25 ago. 2024.

TÁLAMO, José R. **Engenharia de métodos – o estudo de tempos e movimentos**. 2.ed.Rio de Janeiro: Intersaberes, 2022.

VIEIRA, Jair L. **Manual de ergonomia**: manual de aplicação da NR-17. São Paulo: Edipro, 2019.

VILLAR, Antônio de M.; NÓBREGA JÚNIOR, Claudino L. **Planejamento das Instalações Industriais**. João Pessoa: Ed. da UFPB, 2014.



AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE UM FORNO ELÉTRICO RESISTIVO

AUTOMATION OF THE PROCESS OF A RESISTIVE ELECTRIC FURNACE

André Aparecido de Almeida¹
Vinícius Martins Paiva da Conceição²
Yan Reis Santos Bernardes³
José Nilton Cantarino Gil⁴

RESUMO

Os fornos elétricos no âmbito industrial, desempenham um papel fundamental em todo o processo, com isso necessitam de uma atenção e cuidado, por se tratar de um equipamento muitas das vezes obsoleto, com peças e processos arcaicos. Diante disso, foi detectado que um equipamento de uma planta industrial situada no sul fluminense tinha a necessidade de automatizar seu processo fazendo com que atendesse aos novos requisitos de qualidade da empresa. O objetivo do trabalho é analisar e avaliar pontos cruciais na operação do equipamento, modernizando a operação, substituir componentes obsoletos e de difícil aquisição por novos componentes eletroeletrônicos e modificações operacionais para que se encaixe de forma automática no processo, visando uma maior eficiência, otimização e confiabilidade no funcionamento do equipamento. O forno alvo da modernização utiliza resistências elétricas como base do seu princípio de funcionamento, realizando os processos de normalização, recozimento, têmpera e alívio de tensões. Atualmente, o equipamento não possui um controlador de processos, dispondo somente de um controlador de temperatura. com isso a regulação de temperatura é de acordo com a demanda do equipamento sendo realizada de forma manual, necessitando a interação constante de um operador no processo. O trabalho mostra a modernização do forno com melhoria baseada na automatização do processo, trazendo uma maior precisão e agilidade para os serviços propostos, permitindo maior segurança, mudando o sistema de controle da porta para que fique mais ergonômico e seguro, com a inclusão de uma chave limite na porta para que só seja permitido sua abertura ao final do processo, a fim de evitar contato direto com peças quentes. Os controladores de temperaturas atuais que ainda estão disponíveis no mercado e que contam com a função de controle de processo, utiliza os sensores de temperatura PT100 que serão instalados para enviar um sinal de feedback de temperatura, garantindo um processo preciso e automático, necessitando menor atuação manual do operador, uma vez que ajustada a temperatura no início do processo os controladores garantirão o valor ajustado até o fim do processo.

Palavras-Chave: Forno. Automatização. Segurança. Elétrico.

¹ Discente – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: aparecido.andre@outlook.com

² Discente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: veni.z@hotmail.com

³ Discente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: yan.bernardes@outlook.com

⁴ Docente – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: jnilton@ubm.br



ABSTRACT

Electric ovens in the industrial sphere play a fundamental role in the entire process, and therefore require attention and care, as they are often obsolete equipment, with archaic parts and processes. Therefore, it was detected that equipment at an industrial plant located in the south of Rio de Janeiro needed to automate its process, making it meet the company's new quality requirements. The objective of the paper is to analyze and evaluate crucial points in the operation of the equipment, modernizing the operation, replacing obsolete components that are difficult to acquire with new electronic components and operational modifications so that they automatically fit into the process, aiming for greater efficiency, optimization and reliability in the operation of the equipment. The furnace targeted for modernization uses electrical resistance as the basis of its operating principle, carrying out the processes of normalization, annealing, tempering and stress relief. Currently, the equipment does not have a process controller, only having a temperature controller. Therefore, temperature regulation is in accordance with the equipment's demand and is carried out manually, requiring the constant interaction of an operator in the process. This paper shows the modernization of an electric furnace as an improvement proposal based on process automation, bringing greater precision and agility to the proposed services, allowing greater security, changing the door control system so that it is more ergonomic and safe, with the inclusion of a limit switch on the door so that it can only be opened at the end of the process, in order to avoid direct contact with hot parts. Current temperature controllers that are still available on the market and that have a process control function use PT100 temperature sensors that will be installed to send a temperature feedback signal, ensuring a precise and automatic process, requiring less operator's manual, once the temperature has been adjusted at the beginning of the process, the controllers will guarantee the adjusted value until the end of the process.

Keywords: Oven. Automation. Security. Electric.

INTRODUÇÃO

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Os fornos elétricos são equipamentos que fazem parte da maioria dos processos industriais, tanto na fabricação, quanto no tratamento térmico de materiais. Sabendo disso, viu-se a necessidade de melhoria contínua dos mesmos, sendo crucial a eficiência, economia e sustentabilidade do processo. Estes equipamentos permitem a criação de peças de formas e tamanhos totalmente distintos, abrindo um leque de possibilidades para a fabricação.

Sabendo da importância destes equipamentos nos processos, a tendência é que mesmo com o passar dos anos e com o avanço da tecnologia, até mesmo os fornos mais velhos necessitem de melhorias e adequações, visando manter sempre a eficiência, a qualidade e a segurança dos equipamentos.

O trabalho é um estudo de caso sobre a necessidade de atualização



tecnológica de um forno elétrico resistivo, que está com componentes obsoletos e um funcionamento defasado.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse projeto é realizar modificações em um forno elétrico resistivo, com intuito de otimizar seu processo atual e garantir maior segurança na sua operação conforme normas de segurança aplicáveis.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar modificação na porta de acesso do material, com características de melhoria na segurança.
- Realizar a modificação do painel do operador na sua localização para operação.
- Realizar a troca do controlador arcaico por um moderno e com maior eficiência no controle do processo.
- Realizar substituição de componentes elétricos por equipamentos mais modernos e com maior segurança e eficiência energética.
- Realizar instalação de botoeira de emergência e equipamentos de sobre carga em caso de sinistros.
- Realizar implementação de iluminação no forno.

1.4 JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica por documentar o passo a passo da modernização de um forno elétrico resistivo, utilizado para tratamento térmico de peças em uma indústria siderúrgica de grande porte.

2 DESENVOLVIMENTO

O forno usado como modelo para melhoria, é do tipo que se utiliza resistência elétrica. Seu princípio básico de funcionamento é a passagem de corrente elétrica por um conjunto de resistências, onde, devido ao efeito joule, é gerado calor, sendo transferido para o material, que será tratado, por meio de radiação. É um forno com funcionamento simples, baixo custo e segurança na utilização, se comparado com fornos a gás.



Este modelo em especial, já está obsoleto no mercado. Inicialmente era um forno utilizado para forja de materiais, sendo assim, não possui um controle preciso dos processos de tratamento térmico, tendo sido adaptado para este fim, necessitando de um operador para comando e manutenção da operação.

A condição atual de funcionamento do forno elétrico utilizado para tratamento térmico, é precária. Os componentes que fazem parte da construção do equipamento, já estão obsoletos no mercado e a vida útil de alguns deles, como é o caso do controlador, já está terminando. Devido aos componentes serem antigos, há falta de informações, tanto para manutenção, quanto para a operação deles. O forno anteriormente, era utilizado para forja de materiais, vindo a ser adaptado para o tratamento térmico, fazendo com que o processo seja feito de forma manual e necessitando da constante interação do operador, expondo-se a riscos.

O cabeamento utilizado para a ligação das resistências, devido ao tempo de uso e a falta de manutenções preventivas, já estão danificados e com isolamento comprometido. Os contadores, tanto de potência, como de comando, já apresentam problemas de desgaste e mal funcionamento. Os contatos, devido a corrente elevada, possuem pontos de aquecimento e derretimento, gerando mal contato e perda de energia elétrica.

Os medidores das grandezas elétricas, tal como o voltímetro e amperímetro, que estão instalados na porta do painel de controle, apresentam falhas e problemas físicos. Os dois equipamentos são do tipo analógico, seus ponteiros de indicação das medições estão quebrados e o visor de acrílico danificado, fazendo com que haja uma falha de precisão entre o valor real e o demonstrado pelo equipamento.

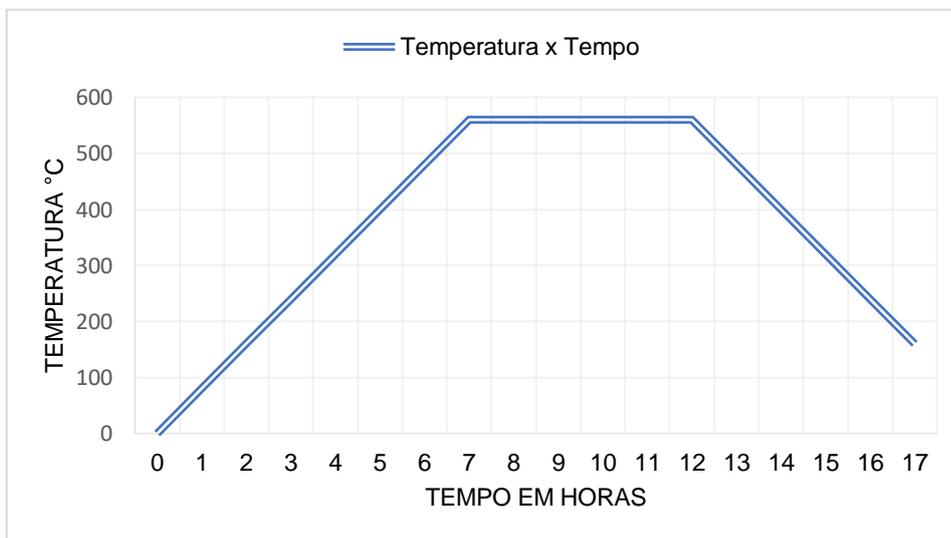
Juntamente com as falhas elétricas que estão presentes no forno, existe a questão da segurança na operação e manutenção do mesmo, devido a construção física do equipamento. Há uma falta de segurança e implementação das normas atuais, como a NR#12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos) e NR#10 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade). O equipamento, por ser antigo, não está adequado para as condições atuais. Não possui sistema de segurança de atuadores para desligamento em caso de algum deslize da operação e não possui dispositivo de parada de emergência. Além disso, a construção da porta faz com que o operador se exponha a um possível acidente, devido ao sistema de abertura da mesma, constituído por polias e correntes para seu içamento.

Encontra-se uma deficiência em iluminação, onde o equipamento não conta com uma própria, sendo a única disponível, a iluminação ambiente. Como o forno opera em regime integral, no período noturno, há uma piora, afetando diretamente a visibilidade do operador, gerando riscos de segurança para o processo.

O forno atual possui um controlador de processos bem simples, sem controle de tempo, com isso, a regulação da temperatura demandada no equipamento é realizada de forma manual. Se o material a ser aquecido necessita de um aumento ou diminuição na temperatura, de 80°C por hora, o operador deverá de hora em hora, adicionar 80°C ao setpoint, sendo necessária a interação constante de um trabalhador.

O Gráfico 1 mostra o controle de tempo de 80°C por hora, até atingir a temperatura de encharque de 560°C. O encharque é realizado por 5 horas, a partir daí o forno é então resfriado 80°C por hora até 160°C. Após essa temperatura, o processo é desligado, sendo o material retirado do forno para resfriamento em Temperatura ambiente.

Gráfico 1 - Processo de tratamento



Fonte: Autoria própria.

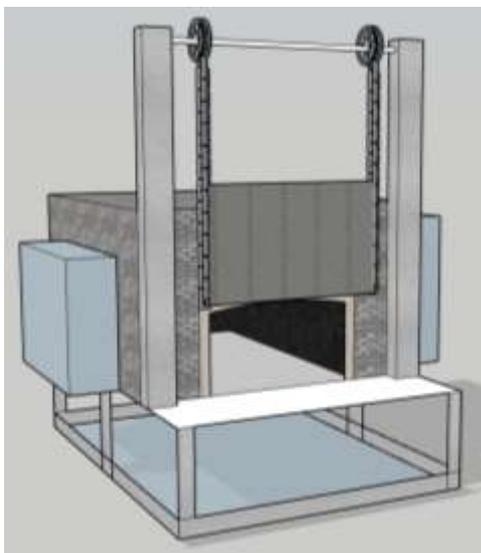
3.1 ESTRUTURA

A Figura 1 mostra um desenho em 3D da estrutura atual do forno, que é composto por tijolos e vigas metálicas em sua construção externa e de cerâmica refratária em seu interior, que suporta altas temperaturas, fazendo com que não ocorra

troca de temperatura com o meio externo, afetando assim o andamento do processo e risco de acidente.

O equipamento conta também com um sistema de corrente e polias para a abertura da porta na vertical, que devido a essa construção, faz com que a porta tenha um peso excessivo para realizar sua abertura, ocasionando uma situação de risco para a operação do forno, podendo haver esmagamento ou pensamento do operador contra a estrutura caso alguma das correntes venha a se partir, já que o forno não possui uma trava de segurança. Já nas laterais, possui chapas revestidas com lã de vidro para a proteção da ligação das resistências.

Figura 1 - Esboço da estrutura atual



Fonte: Autoria própria

3.2 COMPONENTES

Para o funcionamento elétrico do forno, atualmente, são utilizados poucos materiais em sua construção, sendo eles: Controlador de temperatura; resistências elétricas; termopar; contator de potência; transformador de corrente (TC); voltímetros; amperímetros; disjuntores; transformador de comando; cabos elétricos; botoeiras e sinalização.

Na parte de proteção, foram utilizados dois disjuntores de 2A, conectados ao transformador de comando. sendo um bipolar (conectado ao primário) e um monopolar (conectado ao secundário). Também foi utilizado um disjuntor Steck, de caixa moldada, modelo sdjs 200A, para proteção do circuito de potência.

Para o funcionamento do comando do equipamento, foi necessária a utilização de um transformador 440/110V de 300VA, devido ao baixo consumo de potência pelo circuito de comando, sendo suficiente para alimentação do controlador, contator e sinalização do painel.

A parte dos cabos elétricos, foram utilizados cabos de comando e potência para o funcionamento do forno. Cabo 1,5mm² para o comando (secundário do transformador, disjuntor de comando, bobina do contator, sinalização e botoeiras) e cabo 95mm² para alimentação da potência (resistências elétricas).

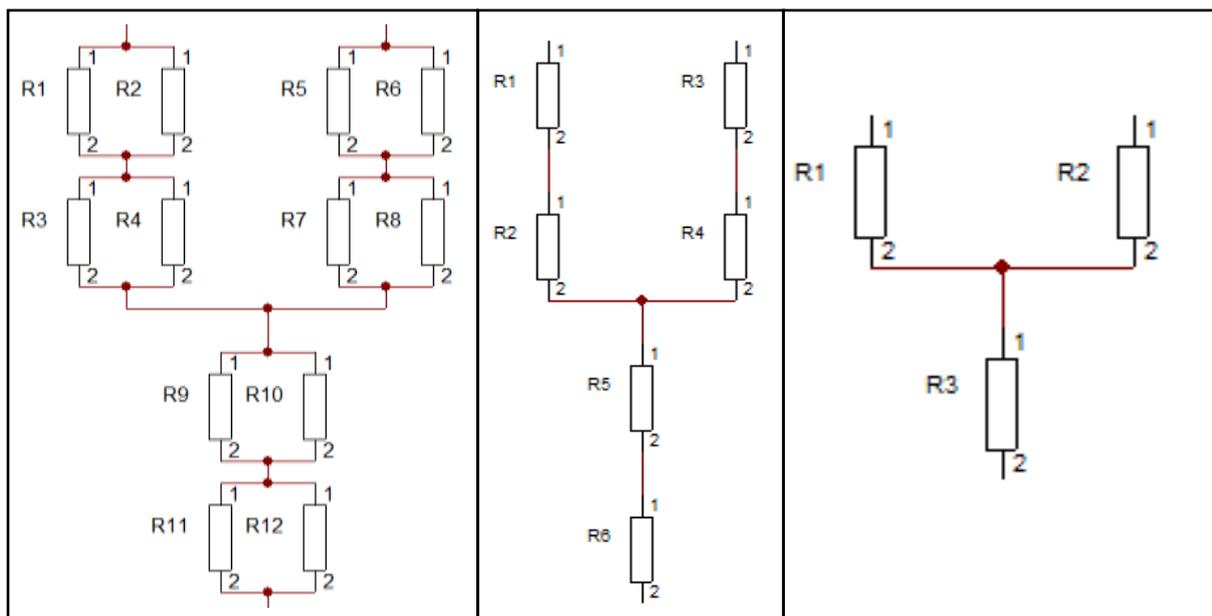
As resistências elétricas estão fechadas em estrela, como mostrado na Figura 2, cada resistência possui um valor de 2 ohms cada, realizando a associação de resistores como mostrado na Equação 1 e 2, que cada conjunto está em paralelo e série, obtém-se um circuito equivalente, como mostrado também na figura 17, ficando cada resistor com 2 ohms. Tendo como exemplo os resistores R1, R2, R3 e R4. Primeiro fazemos a associação em paralelo como vista na equação 2 e depois em série como vista na equação 3.

$$Req1 = \frac{R1 \times R2}{R1+R2} = \frac{2 \times 2}{2+2} = \frac{4}{4} = 1 \Omega \quad (1)$$

$$Req2 = \frac{R3 \times R4}{R3+R4} = \frac{2 \times 2}{2+2} = \frac{4}{4} = 1 \Omega \quad (2)$$

$$Req = Req1 + Req2 = 1 + 1 = 2 \Omega \quad (3)$$

Figura 2 - Circuito equivalente das resistências



Fonte: Autoria própria

As resistências R1, R2 e R3 são as resistências equivalentes de cada fase e seu valor é 2Ω , com o valor da resistência equivalente do circuito, pode-se obter a corrente e a potência. As resistências são alimentadas com uma tensão de 220 volts trifásica e conforme a Equação 4, possui uma corrente de 63,5 ampères e uma potência total do circuito conforme a Equação 5 de 24.193,5W.

$$I_L = I_F = \frac{V}{R} = \frac{127}{2} = 63,5 A \quad (4)$$

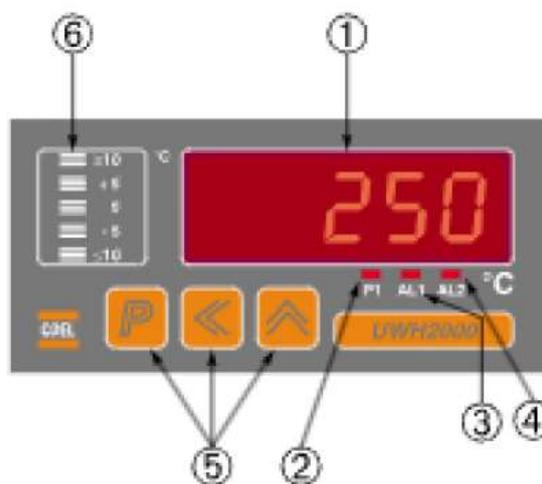
$$PT = V \times I \times 3 = 24.193,5W \text{ ou } PT = \sqrt{3} \times 220 \times 63,5 = 24.196,7W \quad (5)$$

3.3 CONTROLADOR ATUAL

O controlador de temperatura utilizado é o COEL UW2000. É um modelo bem completo para os padrões estabelecidos da época, porém, por ser bem antigo no mercado já está ultrapassado. O display é de fácil visualização, tanto para operação, quanto para manutenção.

Figura 3 - IHM do controlador

- 1 = display: led's vermelhos;
- 2 = led P1: aceso indica saída do controle energizada;
- 3 = led ALARME 1: aceso indica rele do alarme 1 energizado;
- 4 = led ALARME 2: aceso indica rele do alarme 2 energizado;
- 5 = teclas de programação.
- 6 = indicação do desvio da temperatura (= sensor menos controle), exceto para o HW2000;



Fonte: Manual Coel (1998)

O controlador possui dois modos de configuração, sendo: Modo de operação e modo de manutenção (vem configurado de fábrica para os principais processos).

Em seu modo de operação ON-OFF, ele possui quatro parâmetros a serem configurados: Setpoint (SET); Histerese (HIS); Alarme 1 (AL.1), Alarme 2 (AL.2), o SET é utilizado para selecionar a temperatura em $^{\circ}C$ que se deseja obter no processo; o HIS é a histerese do controle, onde define a diferença de temperatura entre a energização e desenergização da saída do controle.

3.4 DIAGRAMA ELÉTRICO DE FUNCIONAMENTO

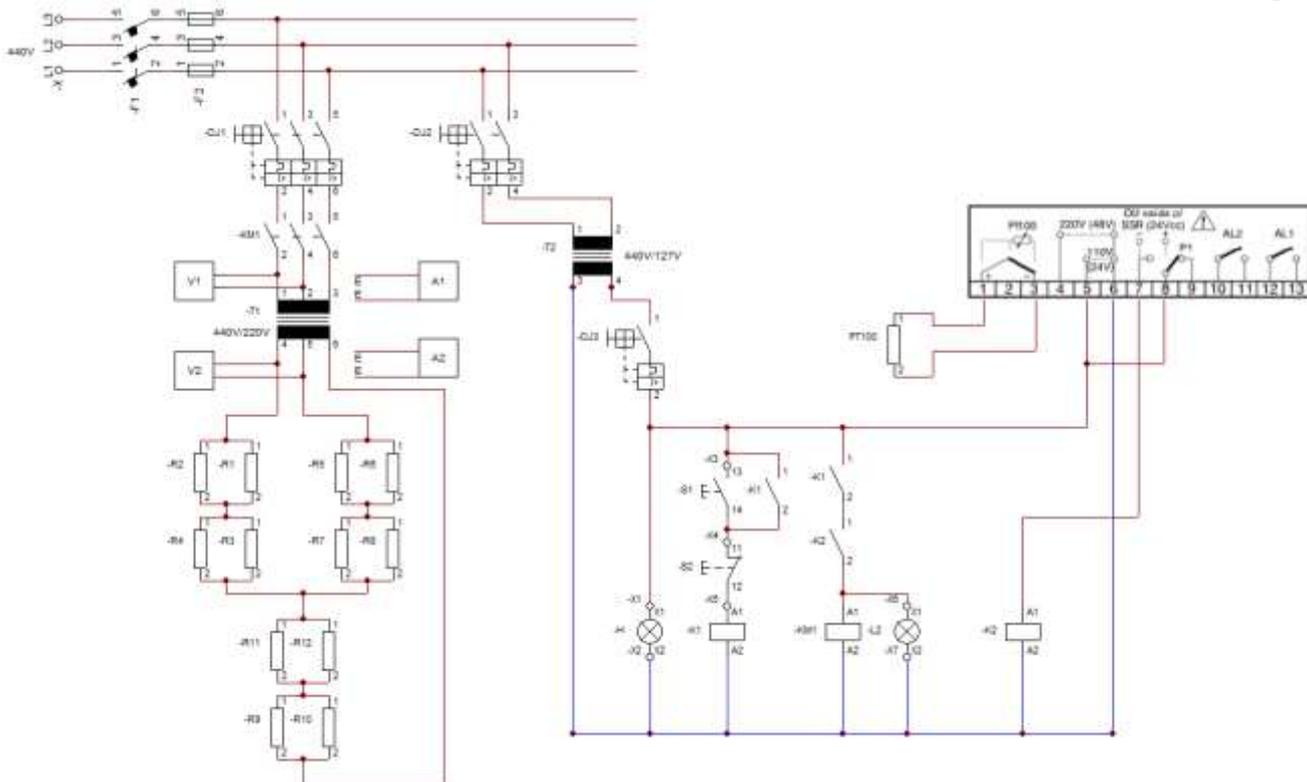
A Figura 4, mostra o princípio básico do funcionamento elétrico do forno. Indica a simbologia de cada componente utilizado na construção do painel de controle, de acordo com a norma. Tanto a parte de comando, com os contatores auxiliares, botoeiras e sinalização, quanto a parte da potência, com os resistores e contatores, são representados no esquema elétrico. Na ilustração, também são representados os amperímetros, voltímetros e o modo de ligação do controlador.

Inicialmente, é necessário o acionamento dos disjuntores, para alimentação da potência e do comando do forno, com isso a sinaleira H, indica que o controlador e o circuito estão energizados. Após a energização do circuito, é necessário o acionamento do botão S1, que faz com que a bobina do contator auxiliar K1 acione, fechando o selo do componente, mantendo-o ligado. O PT100 conectado aos terminais 1 e 3 do controlador de temperatura coel UW2000, faz com que o equipamento acione com a saída 7, a bobina de K2, fechando o contato do mesmo, caso o valor de temperatura esteja abaixo do setpoint. Sendo assim, a bobina do contator de potência KM1 é acionado, dando início ao aquecimento das resistências elétricas.

Nota-se uma simplicidade do funcionamento do equipamento, devido ao mesmo anteriormente não ser utilizado para tratamento térmico. Devido a estas características, o modo como se opera o forno fica reduzido, sendo necessárias algumas interações dos operadores no processo, já que o forno inicial era para forja de materiais.

O principal problema encontrado no circuito, é a limitação do mesmo em relação a necessidade dos processos que são demandados do forno, já que o controlador de temperatura não tem valores para serem parametrizados como rampa e tempo de aquecimento, de acordo com a ordem de serviço. Sendo assim a afeta diretamente a qualidade e segurança na operação do equipamento.

Figura 4 - Diagrama de funcionamento atual



Fonte: Autoria própria

4 PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO

Neste estudo foi possível analisar que há vários pontos que podem e devem ser melhorados, principalmente os que estão ligados diretamente com segurança e eficácia, com isso o equipamento sofrerá mudanças significativas em várias partes. Mudanças essas que farão com que este equipamento dito como obsoleto há vários anos, possa trabalhar por mais tempo, suprimindo as necessidades de sua área.

4.1 PAINEL ELÉTRICO

O painel elétrico do equipamento será adequado às normas vigentes e será reformado a fim de comportar todos os novos componentes que serão instalados. Haverá ventilação interna para que o calor do ambiente não seja prejudicial aos componentes instalados. Será aplicada uma proteção para o controlador de temperatura para proteger contra sujeira, contará também com indicadores luminosos de status do equipamento, botoeiras, voltmíetros e amperímetros, para uma melhor visualização do processo.

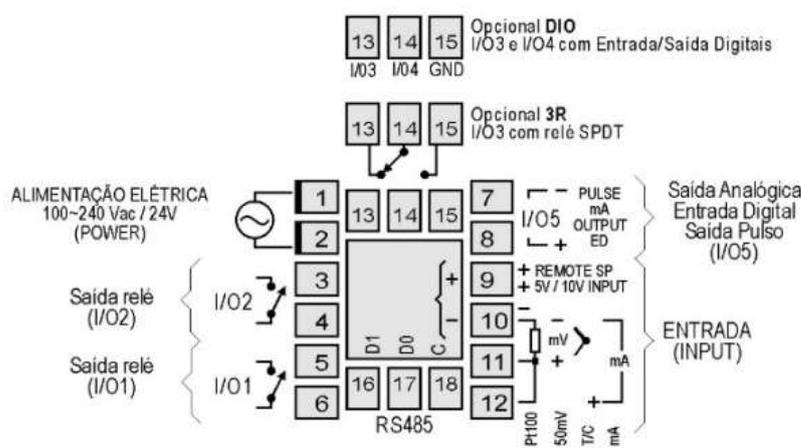
4.2 DIAGRAMA ELÉTRICO

A Figura 6, mostra o princípio básico do funcionamento elétrico do forno após as modificações. Foram realizadas algumas alterações tanto na parte de comando, quanto na parte da potência. No circuito estão representados os amperímetros, voltmímetro e o modo de ligação do novo controlador de temperatura Novus N1200, além disso, foram adicionados novos componentes, assim como o disjuntor de proteção do secundário do transformador de potência (DJ4), botão de emergência (S0), limite fim de curso da porta (S3), para desligamento do forno em caso de abertura da mesma, novas luzes indicadoras para painel energizado (L1), processo ligado (L2), assim que o operador ligar o forno e, aquecendo (L3), quando o controlador estiver em funcionamento.

Nota-se que o circuito continua simples, porém mais seguro e eficaz, já que o controlador antigo e o modo com que o processo de tratamento era realizado, estava fora dos padrões atuais, sendo adaptado para este fim. Através da programação e dos comandos do novo controlador, conseguiremos efetuar todo o processo de forma automatizada, devido ao programa de rampas e patamares que o controlador da novus n1200 possui, não tendo a necessidade de uma interação constante do operador com o equipamento.

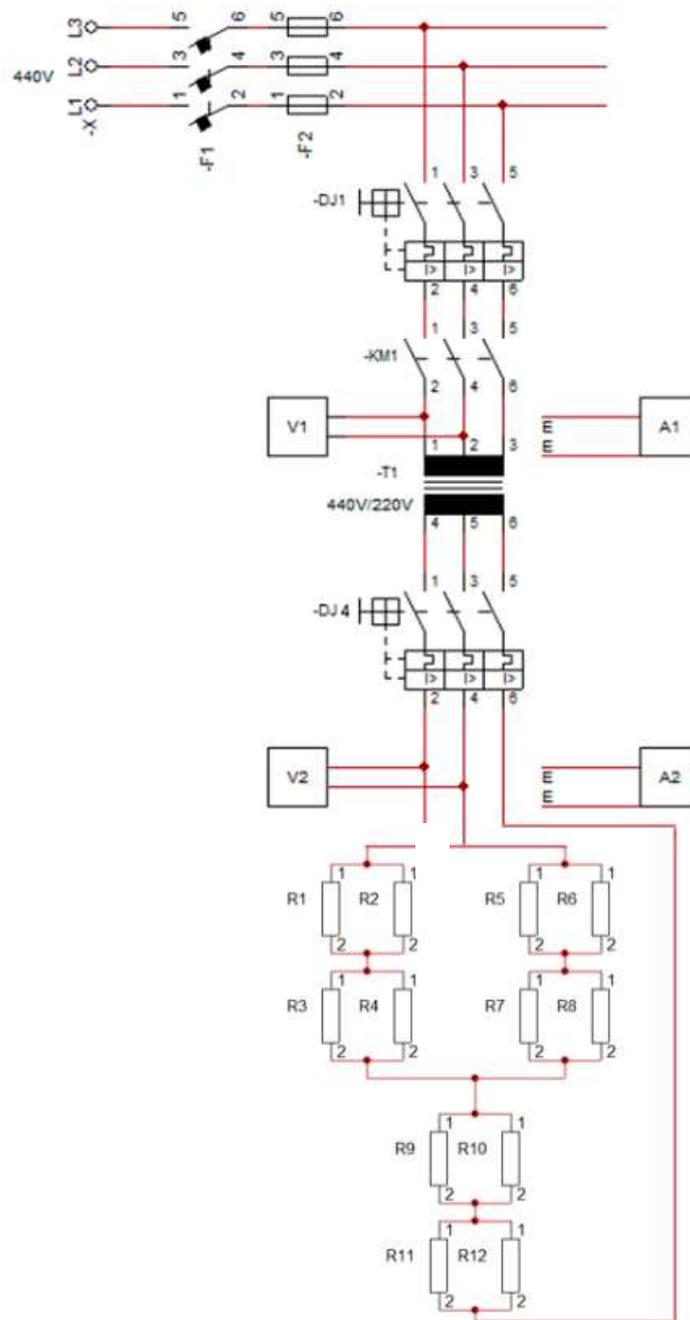
A Figura 5, mostra o esquema de ligação e os recursos do controlador.

Figura 5 - Disposição dos recursos no painel traseiro do controlador



Fonte: Novus (2024)

Figura 6 - Circuito de potência modificado



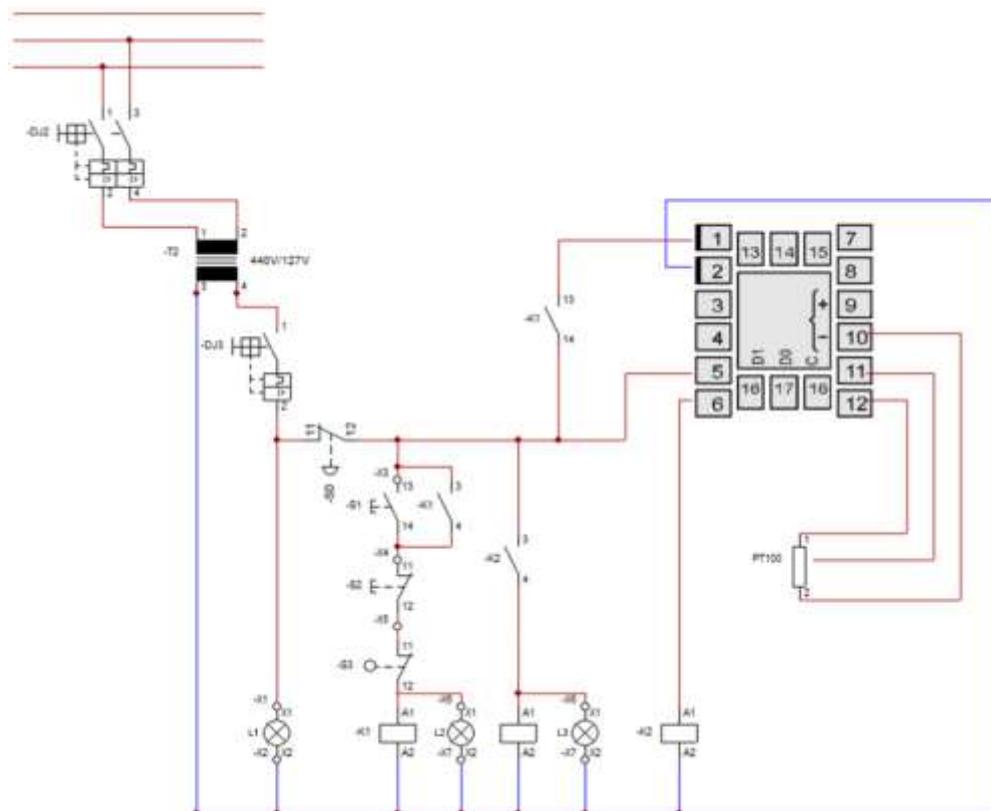
Fonte: Autoria própria

A Figura 7 demonstra o esquema de ligação do comando do forno. Primeiramente, é necessário armar o disjuntor de proteção do primário do transformador (DJ2) e o disjuntor do secundário (DJ3), para que o circuito seja energizado. Após energizar o circuito, é necessário acionar o botão liga (S1), que faz com que a bobina do contator auxiliar K1 acione, fechando o selo e o mantendo o contator ligado. O PT100 conectado aos terminais 10, 11 e 12 do novo controlador,

será responsável pelo feedback de temperatura. De acordo com a temperatura medida e o valor programado, fará com que o controlador acione a saída relé 5 e 6, acionando assim, a bobina do contator auxiliar K2, fazendo com que feche seu contato, energizando assim o contator de potência (KM1), ligando as resistências para aquecimento do forno.

Foram adicionados o botão de emergência (S0) e o limite fim de curso (S3). Caso haja algum problema de funcionamento com o forno, o operador poderá acionar o botão de emergência, ocorrendo o desligamento do circuito e para assim o funcionamento e aquecimento do forno. Além disso, caso o operador abra a porta do forno em funcionamento, o limite fim de curso (S3) é acionado, e seu contato se abre, fazendo com que o forno pare o processo de aquecimento, tornando assim a operação mais segura.

Figura 7 - Circuito de comando modificado



Fonte: Autoria própria

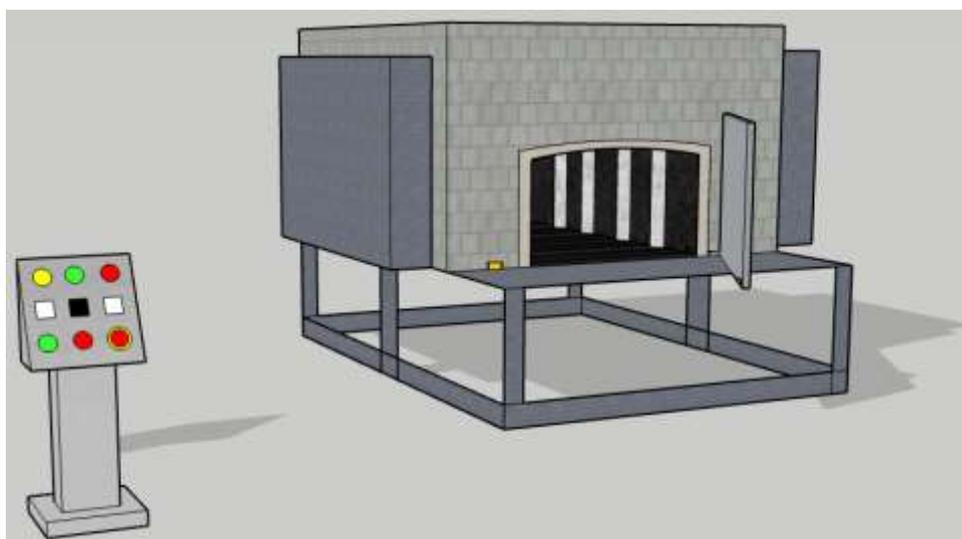
4.3 PORTAL COM ABERTURA HORIZONTAL

O mecanismo da porta do forno será feito para que não haja a necessidade de esforço desnecessário e risco de queda para realizar a abertura e fechamento desta porta. A abertura da porta anteriormente, era através do acionamento de polias

e correntes, fazendo o içamento de todo o conjunto da porta, que devido a construção física do isolamento térmico, era extremamente pesada. O risco maior é caso uma das correntes venha a se romper, a porta não dispunha de nenhuma trava de segurança, vindo a ceder por completa.

Com a melhoria do projeto, serão instaladas dobradiças que farão com que o movimento da porta se torne horizontal e o operador consiga abri-la sem esforço e somente quando o processo estiver finalizado, por conta do sensor instalado para evitar a abertura com o equipamento em funcionamento. Com isso, o risco de esmagamento por conta de um mal funcionamento do mecanismo da porta, é eliminado.

Figura 8 - Forno atual modificado



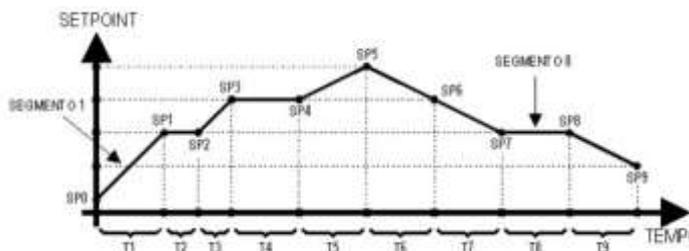
Fonte: Autoria própria

Além do painel elétrico, o equipamento contará com um painel voltado para a operação, que ficará situado à esquerda do forno em um pedestal e ficará posicionado em uma posição ergonômica para que seja de fácil operação e visualização.

4.4 AUTOMAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE PROCESSOS

O controlador possui uma característica que permite a elaboração de um perfil de comportamento para o processo. Cada programa é composto por um conjunto de até 9 segmentos, chamado programa de rampas e patamares, definido por valores de setpoints e intervalos de tempo. Podem ser criados até 20 diferentes programas de rampas e patamares. A Figura 31 mostra um modelo de programa:

Figura 9 - Exemplo de programa de rampas e patamares



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o processo de desenvolvimento deste trabalho, foi possível verificar os conhecimentos obtidos durante a formação acadêmica dos alunos de Engenharia Elétrica. Pudemos constatar que o papel do engenheiro é verificar as problemáticas em qualquer área de atuação, propor e aplicar respostas estes problemas, trazendo assim a melhoria contínua dos equipamentos e ferramentas presentes na atualidade.

O presente estudo demonstrou a importância da melhoria na eficiência e no desempenho dos fornos elétricos a resistência. Ao longo do projeto, foram exploradas estratégias que visaram o aprimoramento e o melhor funcionamento deste equipamento.

Foi possível realizar a otimização do controle de temperatura, que anteriormente era feito de forma manual, necessitando da interação contínua do operador, devido ao tipo de processo de tratamento térmico. Houve a implementação de componentes mais atuais e eficientes, como é o caso do controlador de temperatura da NOVUS, o N1200, que faz o papel do operador no processo, de acordo com o processo de rampas e patamares exigidos pelos materiais a serem tratados. Com isso, essas melhorias garantem uma vida útil mais duradoura para o equipamento, melhor funcionalidade do processo e melhora na segurança para os trabalhadores que terão acesso ao forno.

Outro ponto verificado, foi que existem diversos dispositivos que surgem no mercado, que podem suprir e trazer melhorias para os equipamentos existentes, que ainda estão em funcionamento, diminuindo assim os gastos desnecessários com equipamentos, fazendo com que seja reduzido o desperdício de materiais, já que componentes obsoletos são descartados.

Ademais, a implementação da melhoria, tanto elétrica, quanto na construção



física do forno, trouxe uma segurança com relação a aplicação da NR#12. Como o forno era bem antigo, na época de instalação, não havia tantos critérios com relação a segurança de sua operação, sendo um dos focos principais para os dias de hoje.

No entanto, ainda há espaço para avanços nesta área, novas tecnologias e metodologias podem ser exploradas para garantir que os fornos elétricos se tornem ainda mais eficientes, sustentáveis e acessíveis.

Uma última análise, este estudo destaca que mesmo com o passar do tempo, os equipamentos necessitam de inovação e soluções eficazes, a fim de garantir sua produtividade e qualidade ao final do processo, juntamente com a segurança de quem estará envolvido. Ademais, a implementação da melhoria, tanto elétrica, quanto na construção física do forno, trouxe uma segurança com relação a aplicação da NR#12. Como o forno era bem antigo, na época de instalação, não havia tantos critérios com relação a segurança de sua operação, sendo um dos focos principais para os dias de hoje.

No entanto, ainda há espaço para avanços nesta área, novas tecnologias e metodologias podem ser exploradas para garantir que os fornos elétricos se tornem ainda mais eficientes, sustentáveis e acessíveis.

Uma última análise, este estudo destaca que mesmo com o passar do tempo, os equipamentos necessitam de inovação e soluções eficazes, a fim de garantir sua produtividade e qualidade ao final do processo, juntamente com a segurança de quem estará envolvido.

REFERÊNCIAS

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MANUAL COEL. **Controladores e indicadores de temperatura UW2000, LW2000, HW 2000, UWH 2000**. 1998. Disponível em:
<https://manualzz.com/doc/6018540/document>. Acesso em: 22 abr. 2024.

NOVUS. **Controladores**.

https://www.novus.com.br/pt/n20k48?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjqWzBhAqEiwAQmtgT0z2km48HNSzq7SOeoxEYhLKD5jlxVH4OO-ZF8b_e-T52MCww8tz2xoCknwQAvD_BwE. Acesso em: 22 abr. 2024.

SCHEI, A; TUSET, J. K; TVEIT, H. **Production of high silicon alloys**. Trondheim, Norway: 1998.



SOPRANO. **Segurança e proteção**. 2019. Disponível em:
<https://www.soprano.com.br/blog/conheca-um-pouco-mais-da-linha-de-botoeiras-e-sinalizadores-da-soprano>. Acesso em: 22 abr. 2024.

TAMURA BRASIL. **O que é um TC – transformador de corrente**. 2023. Disponível em: <https://tamurabrasil.com/conteudo/2023/07/03/o-que-e-um-tc-transformador-de-corrente/#:~:text=Analogamente%20a%20um%20transformador%20comum,que%20%C3%A9%20o%20circuito%20secund%C3%A1rio>. Acesso em: 28 maio 2024.

TECHNO SAFE. **TSLED8 - luminárias articuladas**. Disponível em:
<https://www.technosafe.com.br/produto/tsled8--luminarias-articuladas>>. Acesso em: 28 maio 2024.

TOSELLI, J. E. **Medição temperatura industrial**. Termologia termometria e temperatura. 24 de outubro de 2021. Disponível em:
<https://www.temperatura.com.br/livro-medicao-temperatura-industrial/>. Acesso em: 28 maio 2024.

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM LABVIEW E ARDUINO: CONTROLE INTELIGENTE DE ILUMINAÇÃO

Diego Guerra Cassiano Vieira¹
Felipe Luis Geraldo do Nascimento²
Lucas Tavares da Silva³
Maicon Douglas Porto Malta⁴
Tamires Cristina Batista da Silva Souza⁵
Marco Antônio Gabriel⁶

RESUMO

Este seminário apresenta o desenvolvimento de um sistema supervisor baseado em LabVIEW para o monitoramento e controle da iluminação em uma residência, utilizando uma maquete de casa como modelo experimental. O projeto visa demonstrar a integração de sensores de iluminação com um sistema de automação para otimizar o gerenciamento de energia e a eficiência dos sistemas de iluminação. A justificativa para o trabalho reside na necessidade crescente de soluções de automação residencial que melhorem a eficiência energética e proporcionem um controle mais preciso sobre o ambiente. O objetivo principal é criar uma interface gráfica no LabVIEW capaz de receber e processar dados de sensores de iluminação conectados a um Arduino, que por sua vez gerencia a coleta e o envio das informações. Para isso, foram utilizados métodos de programação em LabVIEW para desenvolver o sistema de supervisão e controle, e técnicas de integração com Arduino para capturar e transmitir os dados dos sensores. Os resultados obtidos mostram que o sistema é capaz de monitorar em tempo real as condições de iluminação da maquete e ajustar automaticamente a iluminação com base nas leituras dos sensores, demonstrando a viabilidade e eficácia da abordagem proposta. As conclusões destacam a importância da automação na melhoria do controle e eficiência dos sistemas de iluminação residencial, além de evidenciar o potencial de LabVIEW e Arduino para aplicações semelhantes em projetos de automação.

Palavras-Chave: Automação. LabVIEW. Arduino. Sensores. Supervisorio.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a automação residencial tem se tornado uma tendência crescente, impulsionada pela busca por maior eficiência energética e pelo desejo de proporcionar um maior nível de conforto e controle sobre o ambiente doméstico.

Nesse contexto, a integração de tecnologias avançadas desempenha um papel crucial, especialmente no controle e monitoramento de sistemas essenciais, como a

¹ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

² Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

³ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

⁴ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

⁵ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

⁶ Professor - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitario de Barra Mansa

iluminação. A iluminação, sendo um dos principais componentes de consumo de energia em residências, requer soluções eficazes para garantir seu uso eficiente e sustentável. Tradicionalmente, o controle de iluminação em ambientes residenciais tem sido limitado a métodos manuais e sistemas simples, que muitas vezes não oferecem a flexibilidade e a precisão necessárias para atender às demandas modernas.

Com a evolução das tecnologias de sensores e o avanço das plataformas de desenvolvimento como o LabVIEW e Arduino, surgem novas oportunidades para melhorar o gerenciamento de sistemas de iluminação. O LabVIEW, um ambiente de desenvolvimento gráfico amplamente utilizado em engenharia e pesquisa, permite a criação de interfaces intuitivas e sistemas complexos de controle e monitoramento. Por outro lado, o Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, oferece uma forma acessível e versátil para integrar sensores e realizar a automação. A combinação dessas tecnologias promete uma solução robusta para a automação residencial, possibilitando um controle mais eficaz e uma análise mais detalhada dos dados relacionados à iluminação.

O problema central abordado neste seminário é a necessidade de um sistema eficiente e flexível para o controle e monitoramento da iluminação em ambientes residenciais. A abordagem tradicional muitas vezes não é capaz de se adaptar às necessidades dinâmicas dos usuários e às variáveis ambientais, como a intensidade da luz natural e o comportamento dos ocupantes. Em resposta a essa necessidade, propõe-se o desenvolvimento de um sistema supervisorio utilizando LabVIEW e Arduino para otimizar o gerenciamento da iluminação. Este sistema visa não apenas controlar a intensidade da luz de forma automatizada, mas também fornecer uma interface de monitoramento que permita a visualização e o ajuste em tempo real das condições de iluminação.

A importância de uma solução como a proposta reside na possibilidade de reduzir o desperdício de energia, melhorar o conforto dos usuários e proporcionar um sistema mais intuitivo e adaptável. A capacidade de monitorar a iluminação em tempo real e realizar ajustes automáticos com base nas leituras dos sensores pode levar a uma significativa economia de energia e a um ambiente mais eficiente. Além disso, a utilização de uma maquete residencial como modelo experimental permite a validação prática da abordagem proposta, oferecendo uma visão clara de como a integração

dessas tecnologias pode ser aplicada em cenários reais.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e implementar um sistema supervisor para o controle e monitoramento da iluminação em uma maquete de residência, utilizando LabVIEW para criar a interface gráfica e o Arduino para a integração dos sensores de iluminação. O sistema proposto deverá ser capaz de receber dados dos sensores, processá-los em tempo real e permitir o ajuste automático da iluminação. Com isso, espera-se demonstrar a viabilidade da solução proposta e seu potencial para ser aplicado em ambientes residenciais reais, contribuindo para a melhoria da eficiência energética e do conforto dos usuários..

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema supervisor para controle e monitoramento da iluminação em uma maquete residencial envolveu uma série de etapas cuidadosamente planejadas e executadas para garantir a funcionalidade e a eficácia do sistema. Inicialmente, o planejamento e o projeto do sistema foram realizados para definir os objetivos e requisitos específicos. Foram estabelecidas as funcionalidades desejadas, como a integração dos sensores de iluminação com o Arduino e o desenvolvimento da interface gráfica no LabVIEW. Na maquete foi utilizado madeira de pallet de maneira que reutilizamos o material para que o projeto se torne sustentável. Na figura 1 mostra maquete na etapa inicial, apenas com a base em fase terminal.

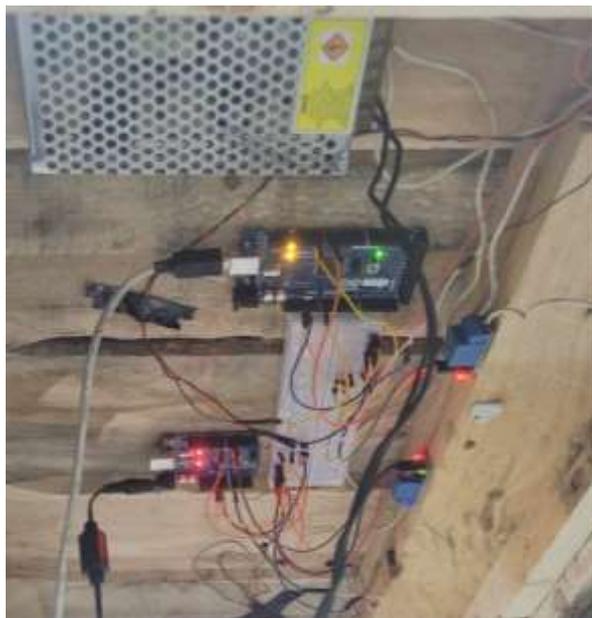
Figura 1 – Base da maquete



Na fase de seleção de componentes, foram escolhidos sensores de iluminação adequados para captar a intensidade da luz em diferentes condições, bem como o

Arduino como microcontrolador principal para a interface com os sensores e a comunicação com o LabVIEW. Também foram selecionados outros elementos eletrônicos necessários, como cabos e resistores, para a montagem do circuito. Na figura 2 está a base inferior, onde se encontra todos os componentes eletrônicos.

Figura 2 - Componentes eletrônicos



O próximo passo foi o desenvolvimento do circuito, que envolveu a conexão dos sensores de iluminação às entradas analógicas do Arduino. O circuito foi montado e testado para garantir que os sensores enviassem dados precisos ao Arduino. Em seguida, a programação do Arduino foi realizada para criar um código que permitisse a leitura dos dados dos sensores e sua transmissão para o LabVIEW via comunicação serial. O código desenvolvido incluiu funções para calibração dos sensores e para assegurar a precisão das medições.

Simultaneamente, a interface gráfica foi desenvolvida no LabVIEW, proporcionando um ambiente visual para monitoramento e controle da iluminação, conforme mostra a figura 3. A interface foi configurada para receber os dados transmitidos pelo Arduino, processá-los e apresentar gráficos e controles que permitissem a visualização em tempo real das condições de iluminação. A integração do sistema foi realizada conectando o Arduino e o LabVIEW à maquete residencial. Foi feita uma série de testes para garantir a comunicação eficiente entre o Arduino e o LabVIEW, bem como a resposta adequada do sistema aos ajustes de iluminação.

Após a integração, testes abrangentes foram conduzidos para validar o desempenho do sistema. Esses testes incluíram a verificação da precisão dos sensores, a eficácia da interface gráfica e a capacidade do sistema em ajustar a iluminação conforme as leituras dos sensores. Diferentes condições de iluminação foram simuladas para avaliar a performance do sistema e identificar possíveis áreas para melhoria. Foi elaborada a documentação do sistema, incluindo o esquema do circuito, o código-fonte do Arduino, a configuração da interface do LabVIEW e os resultados dos testes. O relatório resultante detalha o processo de desenvolvimento, as metodologias empregadas e as conclusões obtidas, fornecendo uma base completa para a replicação e adaptação do sistema em outros contextos. Na figura 4 e na figura 5 temos a maquete finalizada.

Figura 3 – Interface gráfica do LabVIEW

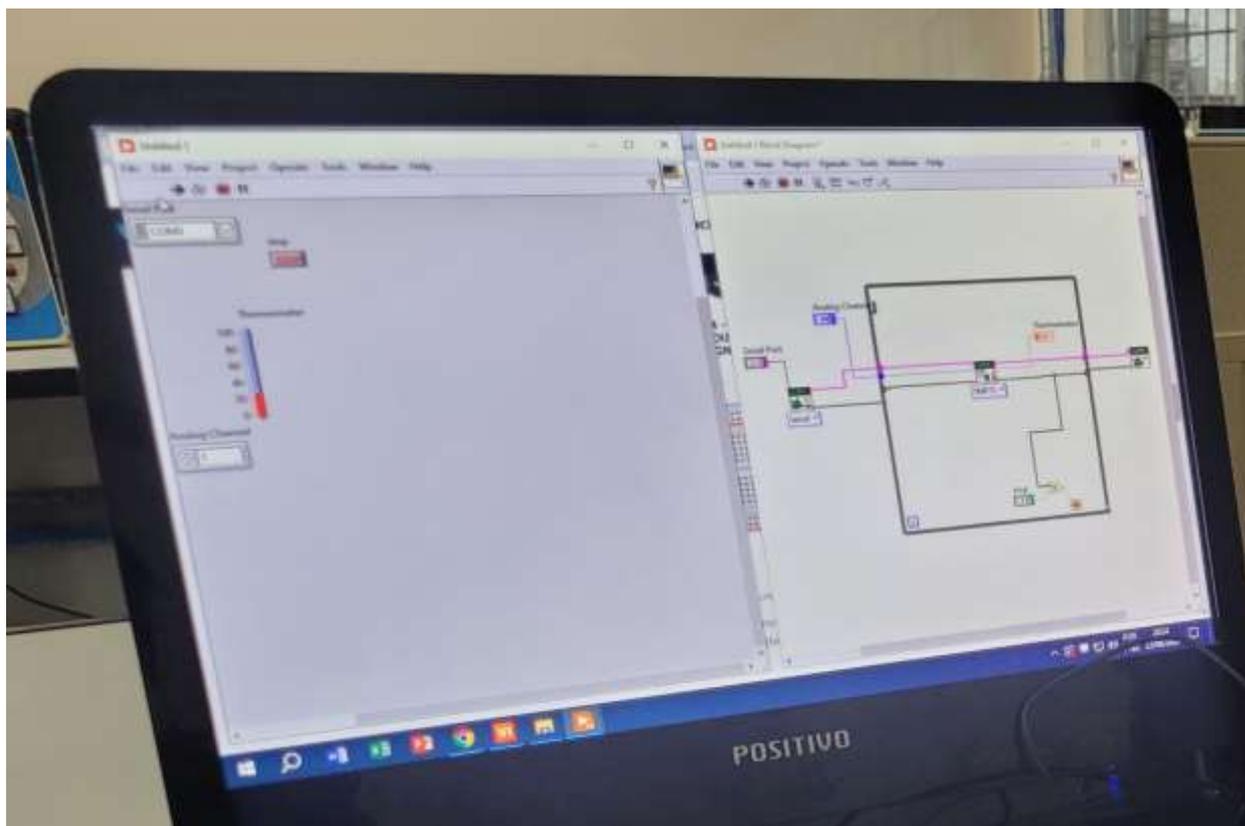


Figura 4 – Maquete visão superior



Figura 5 – Maquete finalizada



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema supervisorio desenvolvido para o controle e monitoramento da iluminação em uma maquete residencial foi testado e os resultados obtidos demonstraram a eficácia da abordagem proposta. Nesta seção, apresentamos os principais dados obtidos e discutimos suas implicações com base no referencial teórico.

Dados Obtidos

O sistema foi testado em diferentes condições de iluminação para avaliar seu

desempenho e eficácia. As medições foram realizadas em uma maquete residencial equipada com sensores de iluminação, e os dados foram coletados em tempo real e analisados.

Tabela 1 mostra as leituras dos sensores de iluminação e as correspondentes configurações de ajuste realizadas pelo sistema.

Tabela 1 – Leituras dos sensores

Condição de Iluminação	Leitura do Sensor (lux)	Ajuste da Iluminação (%)
Luz Natural Moderada	350	50%
Luz Artificial Baixa	120	80%
Luz Artificial Alta	800	20%
Escuro Total	50	100%

Os resultados demonstraram que o sistema é capaz de ajustar a iluminação de forma eficiente com base nas leituras dos sensores. Em condições de luz natural moderada, o sistema ajustou a iluminação para 50% do máximo, mantendo um ambiente equilibrado. Em ambientes com luz artificial baixa, o ajuste de 80% foi eficaz para compensar a falta de luminosidade. Quando a iluminação artificial era alta, o sistema reduziu a iluminação para 20%, evitando o excesso de brilho. Em condições de escuridão total, o ajuste foi para 100%, garantindo iluminação suficiente.

Discussão

Os resultados obtidos confirmam a eficácia do sistema proposto, que atende aos objetivos estabelecidos. A capacidade do sistema de ajustar a iluminação em tempo real com base nas leituras dos sensores está alinhada com o referencial teórico sobre automação residencial e controle inteligente de iluminação. Estudos anteriores demonstram que sistemas de automação como o proposto podem melhorar significativamente a eficiência energética e o conforto dos usuários.

A integração do LabVIEW e Arduino permitiu uma solução robusta e flexível para o controle de iluminação. LabVIEW, com sua interface gráfica intuitiva, facilitou o monitoramento e ajuste da iluminação, enquanto o Arduino forneceu uma plataforma confiável para a coleta e transmissão dos dados dos sensores. Essa combinação é consistente com a literatura existente, que aponta a integração dessas tecnologias

como uma abordagem eficaz para sistemas de automação.

No entanto, algumas limitações foram identificadas durante os testes. A precisão dos sensores de iluminação pode variar com base nas condições ambientais e na qualidade dos sensores utilizados. Além disso, a comunicação entre o Arduino e o LabVIEW pode enfrentar latências que afetam a resposta em tempo real do sistema. Esses aspectos devem ser considerados em futuras melhorias do sistema.

Além disso, a aplicação em uma maquete residencial oferece uma validação inicial do sistema, mas a adaptação para ambientes residenciais reais pode apresentar desafios adicionais, como a variabilidade nas condições de iluminação e a necessidade de maior robustez do sistema. A literatura sugere que a escalabilidade e a adaptação a diferentes condições são áreas de pesquisa contínua em automação residencial.

4 CONCLUSÃO

O sistema supervisor desenvolvido para controle e monitoramento da iluminação em uma maquete residencial demonstra eficácia na automação residencial. A integração entre LabVIEW e Arduino possibilita um controle preciso e em tempo real das condições de iluminação, atendendo aos objetivos propostos. O sistema ajusta a iluminação automaticamente com base nas leituras dos sensores, otimizando o uso de energia e melhorando o conforto do ambiente. Os resultados confirmam que a solução proposta é capaz de adaptar a iluminação a diferentes condições, mantendo um ambiente equilibrado e eficiente. A interface gráfica criada no LabVIEW oferece uma visualização clara e intuitiva dos dados, facilitando o monitoramento e ajuste da iluminação. A comunicação entre o Arduino e o LabVIEW se mostra eficaz, embora algumas latências tenham sido observadas, que podem ser refinadas em futuras implementações. A implementação do sistema na maquete residencial valida a abordagem, mostrando que a combinação das tecnologias empregadas pode ser aplicada com sucesso para melhorar a eficiência energética e o controle de iluminação. No entanto, a adaptação para ambientes reais pode exigir ajustes adicionais para lidar com variabilidades e garantir robustez.

O trabalho realizado cumpre os objetivos estabelecidos e contribui para o avanço na área de automação residencial. O sistema proposto representa uma



solução prática e inovadora, com potencial para aplicações mais amplas e melhorias contínuas.

5 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos professores Filipe, Jaqueline e Sérgio pelo apoio e incentivo para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

CAMARGOS, AFP de; SANTOS, CRB dos; SILVA, FD da; KAI, BHD; SILVA, V.V. Produto educacional: automação residencial com Arduino e IoT. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, p. e8311628882, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.28882. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28882>. Acesso em: 2 jun. 2024.

CARDOZO, Leandro Farias; FERREIRA, Alex Franco. Automação residencial com arduino. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 622–634, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i2.8522. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8522>. Acesso em: 2 jun. 2024.

FONTES, Aléxia. Veja como o LabVIEW atua no processamento de dados captados por sensores. **Voitto**, 30 ago. 2018. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/labview>. Acesso em: 15 jun. 2024.



**COMPARAÇÃO DE CONSTRUÇÃO MODULAR EM SISTEMA OFF SITE EM
RELAÇÃO A CONSTRUÇÃO TRADICIONAL**

**COMPARISON OF MODULAR CONSTRUCTION IN AN OFF SITE SYSTEM IN
RELATION TO TRADITIONAL CONSTRUCTION**

**Eduardo Henrique H. Bueno¹
Glendha Mayra Bueno F. Nogueira²
Vinícius Z. Bôsko de Souza³**

RESUMO

A procura para facilitar o processo construtivo, abre caminho para o aumento da utilização de diferentes serviços que buscam a agilidade na execução, diminuição de desperdício e geração de resíduos, mantendo a qualidade final da edificação. Neste trabalho, apresentamos a partir da utilização de sistemas construtivos modulados empregados em canteiros de obras de grandes construções e reformas, como obras de ferrovias, rodovias, que requerem de um local maior e mais adequado para implantar seu canteiro. Em vista, estruturas pré-fabricadas mais firmes, mas que tenham características de montabilidade/desmontabilidade, projetada para situações contrárias como terrenos desnivelados e falta de infraestrutura. Porém, com as particularidades de cada situação, são necessárias análises e comparações que serão mostradas neste trabalho com levantamento dos desempenhos térmicos e acústicos, prazo/durabilidade da construção, materiais e técnicas, orçamentos e custos, para a escolha correta em comparação com uma construção tradicional. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é apresentar com base em pesquisas, projetos e fluxogramas a comparação de uma construção modular em sistema off-site com relação à construção tradicional. Com a finalidade, tivemos os resultados mostrados de montabilidade, prazos, custos, transportes e afins comprovando que a técnica de construção modular em sistema off-site é mais viável.

Palavras-Chave: Construção tradicional. Construção modular. Offsite.

ABSTRACT

The search to streamline the construction process paves the way for the increased use of various services that aim for agility in execution, waste reduction, and waste generation, while maintaining the final quality of the building. In this work, we present the use of modular construction systems employed at construction sites of major constructions and renovations, such as railway and highway projects, which require a larger and more suitable location to set up their site. In view, there are sturdier prefabricated structures, but they should have characteristics of

¹ Acadêmico - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmico - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Professor - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.



mountability/demountability, designed for adverse conditions such as uneven terrain and lack of infrastructure. However, with the peculiarities of each situation, analyse and comparisons are necessary, which will be shown in this work with a survey on thermal and acoustic performances, construction timeline/durability, materials and techniques, budgets and costs, for the correct choice compared to traditional construction. Thus, the aim of this work is to present, based on research, projects, and flowcharts, a comparison of off-site modular construction in relation to traditional construction. For this purpose, the results shown include mountability, timelines, costs, transportation, and related factors, proving that the off-site modular construction technique is more viable.

Keywords: Traditional construction. Modular construction. Off-site.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil amplificou-se a partir do instante em que em que o ser humano deixou de ser nômade caçador e passou a manusear na agricultura e começar a criar/domesticar animais, instaurando assim, as primeiras comunidades. Neste cenário, começaram-se a construir as primeiras residências para se proteger do calor e perigos naturais, como chuvas fortes e raios.

Em meados do século XVII tivemos o primeiro registro de uma construção modular Off-Site do mundo, que significa “fora do local”, ou seja, fora do canteiro de obras, como em fábricas, por exemplo. Um carpinteiro conhecido como John Manning projetou e construiu um edifício em Londres para seu filho, onde ao fim da construção, ela foi transportada para a Austrália.

A construção modular é um modelo inovador, de acordo com JIANG, 2018 esse modelo de construção oferece uma nova ementa construtiva por mover o processo executivo de edificações para ambientes fabris controlados, fora do canteiro de obras”, assim como foi no período da COVID-19 com a construção de postos de saúde e hospitais emergenciais, por ser um trabalho feito com rapidez e agilidade.

Ademais, a construção modular usa outros diversos tipos de materiais, incluindo: teto acústico, tubulação de PVC ou cobre, treliças de madeira utilizadas em telhados, acabamento em drywall ou gesso coberto com vinil. Como no sistema de construção são utilizadas peças pré-fabricadas, é possível que a construção seja erguida com eficiência, em pouco espaço de tempo.

Segundo Jiang (2018), esse modelo de construção oferece uma nova ementa construtiva por mover o processo executivo de edificações para ambientes fabris controlados, fora do canteiro de obras, assim como foi no período da COVID-19 com



a construção de postos de saúde e hospitais emergenciais, por ser um trabalho feito com rapidez e agilidade.

O auge da Construção Civil tradicional no Brasil foi em 1940, na era do governo de Getúlio Vargas, onde o setor teve um grande investimento em tecnologia de concreto, que estava crescendo, na construção civil e nas atividades militares.

As necessidades da prática das construções e das quantificações dos espaços e atividades, no dia a dia de cada agrupamento humano, proporcionam e estimularam o surgimento da geometria, permitindo medir, desenhar e contar (calcular), para que as primeiras construções pudessem ser realizadas de maneira satisfatória". Com isso, foi realizado o desenvolvimento de todas as formas geométricas com relação as construções que iam se formando. Com a necessidade de precisar fazer cálculos e trabalhar com os formatos geométricos, ressurgiu a matemática e a aritmética (Boyer, 1974),

Para deduzido o valor da resistência à flexão de uma viga engastada numa extremidade e suportando um peso de sua extremidade livre conforme é descrito por GALILEU, 1638, além disso, na Norma NBR 6118 está estabelecido critérios e prescrição de como deve ser elaborado projetos e formas de execução de canteiros de estrutura de concreto sendo executados com qualidade, segurança e durabilidade.

A utilização de normas regulamentadoras são regras que visam parametrizar as práticas do trabalho da construção civil.

.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OS MATERIAIS MAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os materiais de construção civil são fundamentais para a realização de todo procedimento construtivo.

São elementos de natureza diversas, que desempenham seus determinados papéis de maneira que possibilitam garantir a existência de um determinado ambiente construído, pensado para uma determinada função, como habitação, transporte, entre outros.

Denominação comum que se dá aos materiais que são acrescentados ao cimento e à água para adquirir as argamassas e concretos. Os agregados se manifestam em forma de grãos, especificamente como britas e areia, devem ser estáticos, para não provocarem reações indesejadas.



Os agregados formam em torno de 70% do volume total dos produtos em que são utilizados. Outrossim, possibilitam uma baixa retração das pastas formadas por cimento e água, onde aumentam sua resistência ao desgaste superficial das argamassas e concretos.

Outro elemento utilizado na definição e construção é o agregado de areia, sendo dividida em tipo e granulometria, possuímos dois tipos mais comuns, sendo esses descritos em:

Areia Média: Deve ser aplicada na composição da massa asfáltica, concretos em geral e especiais. Além disso, pode compor assentamentos, revestimentos, alvenarias, artefatos de concreto e chapiscos. (NBR 7211)

Areia de Brita Tipo I e Tipo II: Em média suas dimensões giram em torno de 4,8 mm. Pode ser aplicada na confecção do asfalto, concretos de modo geral, além de lajes pré-moldadas ou para estrutura de ferro concentrado, artefatos de concreto e chapisco.

Brita 0: As dimensões desse tipo de brita são de 4,8 mm a 9,5 mm, podendo ser aplicada no preparo da massa asfáltica, concretos de modo geral, etc.

Brita 1: Possui dimensões entre 4,8 mm a 9,5 mm e pode ser aplicada no preparo da massa asfáltica, lajes pré-moldadas, etc.

Brita 2: Suas dimensões variam entre 19 mm a 25 mm, podendo ser aplicadas no preparo de concreto em geral e drenagem.

Segundo a norma ABNT NBR 6118 “Os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais”.

O concreto, formado por cimento, água, areia e pedra, é um dos materiais mais utilizados na construção civil. Com auxílio de fibras ou barras de aço, é capaz de aumentar sua resistência e durabilidade.

Em vista disso, é usado principalmente para formar pilares, fundações, vigas, lajes, entre outros e atualmente existem quatro principais tipos desse sistema construtivo que é uma das principais tendências da arquitetura mundial, sendo elas:

2.2 EDIFICAÇÕES EM LIGHT WOOD FRAME

Assim como o container que tem a sua estrutura metálica, o Wood Frame, até



como o próprio nome diz, ele tem a sua estrutura feita de madeira.

E essa estrutura de madeira pode ser transportável e é ideal que seja feita em um ambiente controlado, pré-fabricada.

2.3 STEEL FRAME

O steel frame é um sistema onde não se utiliza tijolos e concreto, é feito em chassis do módulo de aço.

Pode ser de aço galvanizado, de aço carbono, mas o ideal é que seja de aço galvanizado (consiste na aplicação de uma camada fina de zinco, protegendo o aço e evitando corrosão) já revestidas com placas que já são prontas para receber pinturas e revestimentos.

2.4 CONTAINERS

A NR-18 não faz grandes exigências quanto a utilização de containers, mas pede para que algumas medidas sejam tomadas, tais como (Saurin; Formoso, 2006):

Que o container receba ventilação natural de no mínimo 15% da área do piso e possua no mínimo duas aberturas; A estrutura dos containers deve ser aterrada eletricamente, para prevenção de choques elétricos; Containers usados no transporte.

Ou acondicionamento de cargas devem apresentar atestado de salubridade com relação a riscos radioativos, químicos e biológicos, seguidos dos dados da empresa responsável.

3 DIFERENÇAS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DIFERENÇAS ENTRE A CONSTRUÇÃO MODULAR E A CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

A construção modular é uma inovação na construção civil que depende essencialmente de edificações em alvenaria.

As construções tradicionais possuem mais demora e exigem de maiores investimentos em materiais, mão de obra e equipamentos. Construir uma casa modular poupa bastante tempo em condições normais, se por comparação com a construção de uma casa tradicional. Quanto mais rápido conseguir concluir a construção de sua casa, mais rápido poderá usufruir dela.



Uma das principais diferenças dessas construções é que seus módulos permitem o desenvolvimento dos recursos dados, onde a construção modular ganha da construção tradicional quando o assunto é produtividade, sendo assim, são produzidos em tempo recorde.

3.2 MATERIAIS

Para este trabalho, o seu desenvolvimento foi todo baseado e pensado nos motivos pelo qual a construção modular é mais viável com relação a construção tradicional, analisando primeiramente o custo, prazo de entrega, montabilidade, transportes etc. Uma vez que entendido este começo, foram feitos estudos de caso e análises de suas etapas para que por fim, realizamos suas devidas comparações.

Foram efetuadas pesquisas com base em artigos publicados, sites e revistas. Por fim, realizamos a montagem de 2 projetos, dito isso, chegamos aos resultados de prazos na qual a obra será entregue, anexados em fluxogramas.

4 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de projetos residenciais unifamiliares exige uma consideração cuidadosa das normas técnicas e das tendências demográficas. No Brasil, a norma ABNT NBR 12721 estabelece as características mínimas para a concepção de residências que atendam às necessidades básicas das famílias.

Esta norma é fundamental para garantir que os projetos residenciais proporcionem funcionalidade, conforto e segurança, alinhando-se às expectativas dos moradores e às exigências legais.

Recentemente, observou-se uma tendência significativa na taxa de natalidade brasileira, que pode influenciar diretamente o perfil dos projetos residenciais.

De acordo com dados de Belandi Caio (2024), o Brasil registrou 2,54 milhões de nascimentos em 2022, marcando uma queda de 3,5% em relação a 2021, quando o número foi de 2,63 milhões. Este é o quarto ano consecutivo de redução no total de nascimentos no país, levando a uma situação inédita desde 1977.

Portanto, a integração entre a normativa técnica e a compreensão das tendências populacionais é crucial para a criação de projetos residenciais eficientes e relevantes.



As mudanças na taxa de natalidade são um fator importante que deve ser considerado para garantir que os projetos residenciais permaneçam alinhados com as necessidades e preferências das famílias no Brasil.

Para analisar mais detalhadamente como essas mudanças afetam o desenvolvimento de projetos residenciais, foram elaborados dois projetos utilizando o software Revit 2024.

Ambos os projetos foram concebidos para uma família de três pessoas e levaram em consideração os padrões estabelecidos pela norma ABNT NBR 15575, que define os requisitos mínimos para qualidade e conforto das edificações.

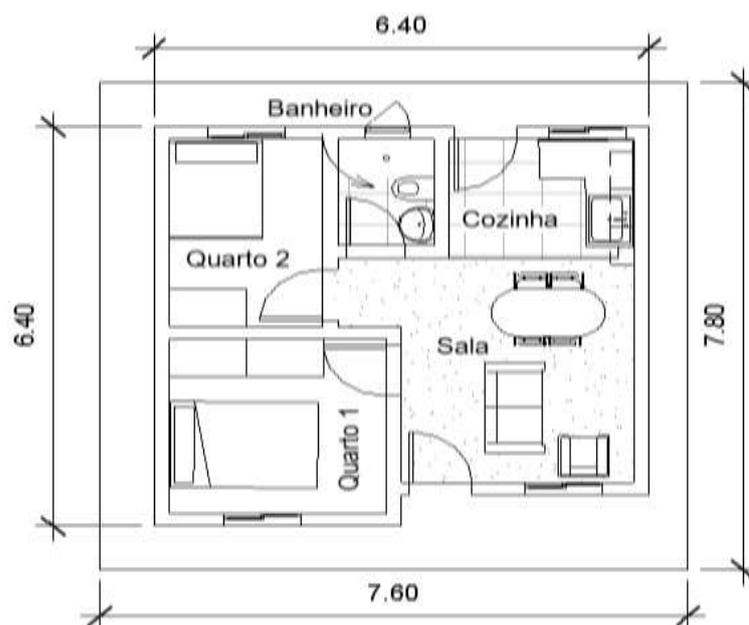
Além disso, foram observadas as diretrizes do COE (2017), que especificam as dimensões mínimas dos ambientes conforme veremos posteriormente na Tabela 1.

4.1 PROJETO CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

O projeto de construção tradicional Figura 1, foi desenvolvido para um terreno de 59,28 m², com uma área construída de 58 m² e um pé direito de 3 metros.

Este modelo residencial foi projetado para atender a uma configuração básica de habitação, refletindo a necessidade de funcionalidade e eficiência no uso do espaço.

Figura 1 - Planta baixa construção convencional



Fonte: Autores (2024)



A disposição do projeto inclui cinco cômodos distintos: dois quartos, um banheiro, uma cozinha e uma sala. Cada um desses cômodos foi planejado para maximizar o uso eficiente da área disponível, respeitando as limitações do terreno e da área construída.

A Figura 2 apresentada abaixo, utilizando os recursos avançados do software de modelagem, oferece uma perspectiva tridimensional que vai além da simples planta baixa.

Essa visualização permite ter uma ideia clara de como o espaço ficará após a construção, facilitando ajustes e tomadas de decisão ainda na fase de projeto.

Com isso, minimiza-se o risco de alterações custosas durante a obra e garante-se que o resultado final esteja alinhado com as expectativas iniciais.

Figura 2 - Planta frontal 3D construção convencional

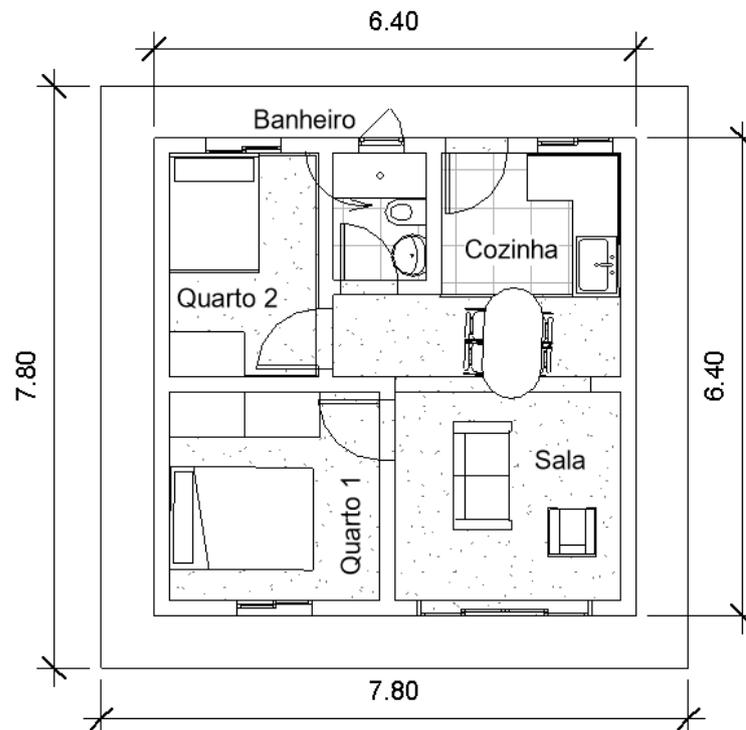


Fonte: Autores (2024)

Para utilização de projeto construção modular em sistema off-site o projeto de construção modular, representado na Figura 3, preserva as principais características do projeto arquitetônico tradicional.

Especificamente, o terreno que possui uma área total de 59,28 m², enquanto a área construída é de 58 m², mantendo um pé direito de 3 metros.

Figura 3 - Planta baixa construção modular



Fonte: Autores (2024)

O layout do projeto modular é composto pela mesma quantidade de cômodos, sendo: dois quartos, um banheiro, uma cozinha e uma sala de estar. As dimensões específicas e a distribuição dos espaços internos estão detalhadas na Tabela 2.

Essa configuração espacial reflete um planejamento criterioso que visa garantir a funcionalidade e o conforto, similar ao encontrado em construções convencionais.

Figura 4 - Planta frontal 3D construção modular



Fonte: Autores (2024)



Dessa forma, o projeto modular demonstra a viabilidade de replicar, com precisão, as características do projeto tradicional, enquanto oferece vantagens adicionais inerentes ao método construtivo modular.

Na concepção do projeto modular, foi identificado que a divisão da estrutura em dois módulos seria a estratégia mais eficiente, especialmente para facilitar o processo de transporte.

Com base nessa abordagem, foram desenvolvidos dois módulos com uma área de 29 m² cada. Esses módulos foram transportados para o terreno após a conclusão da base estrutural, garantindo um processo de montagem ágil e eficaz no local de construção.

Tabela 1 - Dimensionamento de Ambientes – COE (2017)

USO DE EDIFICAÇÃO	COMPARTIMENTOS	PÉ-DIREITO	ÁREA	CONTER CÍCULO DE DIÂMETRO
HABITAÇÃO	REPOUSO (QUARTOS)	2,50 m	5,00 m ²	2,00 m
	ESTAR (SALA)		-	
	ESTUDO		-	
	COZINHA	2,30 m	-	1,50 m
	LAVANDERIA		-	0,90 m
	SANITÁRIOS		-	0,90 m
	CIRCULAÇÃO		-	0,90 m
	TERRAÇOS		-	-

Fonte: Adaptada Decreto nº 57.776 (2017) – Anexo I

Tabela 2 - Área dos cômodos

COMODOS	CONVENCIONAL (M ²)	MODULAR (M ²)
Banheiro	2,10	2,10
Cozinha	4,14	4,14
Quarto 1	7,84	7,84
Quarto 2	5,91	5,91
Sala	9,80	12,21

Fonte: Autores (2024)



5 RESULTADOS

Com base nas especificações dos projetos padrão conforme a ABNT NBR 12721 e nas características do projeto, a construção foi classificada como uma residência unifamiliar de padrão baixo.

A partir dessa definição, e utilizando os dados fornecidos na Tabela 3, foi elaborado o orçamento para o projeto tradicional.

O cálculo, realizado através da multiplicação do valor do metro quadrado de R\$2.266,91 pela área total do projeto construído de 58 m², resultou em um custo estimado de R\$131.480,78.

Este valor está sujeito a variações de 20% a 30%, dependendo das condições locais.

Figura 5 - Caracterização dos projetos-padrão conforme a ABNT NBR 12721:2006

Sigla	Nome e Descrição	Dormitórios	Área Real (m ²)	Área Equivalente (m ²)
R1-B	<i>Residência unifamiliar padrão baixo</i> : 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	2	58,64	51,94

Fonte: CUB/m²

Tabela 3 - Custo Unitário Básico de Construção

PADRÃO BAIXO (M ²)	
R-1	2.266,91
PP-4	2.114,89
R-8	2.006,40
PIS	1.564,49

Fonte: Adaptado CUB/m² – jul. 2024



Tabela 4 - Orçamento construção modular

VALORES CONSTRUÇÃO MODULAR						
VIGA (AÇO)	PILAR (AÇO)	FORMA M ²	CONCRETO M ³	LAJE	DRAYWALL	TOTAL
R\$1.352,33	R\$676,17	R\$1.269,76	R\$129.480,00	R\$2.197,00	R\$8.202,00	
R\$ 273,28	R\$204,81	R\$1.269,76				
R\$1.625,61	R\$880,98	R\$2.539,52	R\$129.480,00	R\$2.197,00	R\$8.202,00	R\$144.925,11

Fonte: Autores (2024)

Figura 5 - Fluxograma construção modular



Fonte: Próprios autores.

Figura 6 - Fluxograma construção convencional



Fonte: Autores (2024)



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho aqui apresentado, foi elaborado e baseado em uma comparação entre os requisitos e procedimentos de sistemas construtivos de uma construção tradicional e uma construção modular em sistema off-site, seguindo as normas da NBR 6118.

Com base em todas as pesquisas e projetos realizados, chegamos à conclusão de que a construção modular em sistema off-site é mais viável para o cliente que deseja uma obra mais eficiente com relação aos prazos de entrega.

Uma vez que, em comparação com a construção convencional todos os sistemas citados nos fluxogramas mostraram que a modular é preferencialmente melhor devido ao curto prazo para entrega do local, exceto a fundação, que a quantidade de dias é o mesmo, por se tratar de um procedimento feito no local e com os mesmos materiais em ambos os módulos.

REFERÊNCIAS

AUTODOC. **Construção modular**: o que é, quais são os seus benefícios e como está sua utilização pelo mundo. Disponível em: <https://autodoc.com.br/conteudos/construcao-modular-o-que-e-quais-sao-os-seus-beneficios-e-como-esta-sua-utilizacao-pelo-mundo/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/nbr-07211-2005-agregados-para-concreto-especificacao.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: estruturas de concreto - projeto, execução e controle - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, [ano de publicação não informado]. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacidade/nbr-16697/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: https://engcivil20142.wordpress.com/wpcontent/uploads/2018/03/nbr8800_2008_1.pdf. Acesso em: 27 abr. 2024.

BOYER, Carl C. **História da matemática**. São Paulo: Blücher, 1974. Acesso em: 11 mar. 2024.



CASA E OBRA. **Tipos de brita**. Disponível em: <https://casaeobra.com/tipos-de-brita/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

CORREIA, Anderson. **Origem da engenharia**. Instituto Federal de Engenharia de Santa Catarina. Disponível em: https://docente.ifsc.edu.br/anderson.correia/MaterialDidatico/Engenharia_Mecanica/Fase_1/Engenharia_e_Sustentabilidade/Origem%20da%20Engenharia.pdf. Acesso em: 27 abr. 2024.

ENGENHARIA 360. **Tipos de agregados usados na construção civil**. Disponível em: <https://engenharia360.com/tipos-de-agregados-usados-na-construcao-civil/>. Acesso em: 07 jul. 2024.

JRG ENGENHARIA. **A evolução da construção civil no Brasil**. Publicado em 05 abr. 2023. Disponível em: <https://jrgengenharia.com.br/2023/04/05/a-evolucao-da-construcao-civil-no-brasil/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

METROFORM. **Construção modular**: conceito. Disponível em: <https://metroform.com.br/blog/construcao-modular-conceito/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

MUTUAL. **Vantagens da construção modular**. Disponível em: <https://www.mutual.com.br/vantagens-da-construcao-modular/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

OLIVEIRA, Eduardo; FAGUNDES, Fabiano. Estudo comparativo entre construção modular e construção convencional. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 7, 2024.

QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à Engenharia Civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. São Paulo: Blücher, 2019.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. Minas Gerais: Editora UFMG, 2013.

VOBI. **Materiais de construção**: conheça os 10 materiais mais utilizados nas obras. Disponível em: <https://www.vobi.com.br/blog/materiais-de-construcao-conheca-os-10-materiais-mais-utilizados-nas-obras>. Acesso em: 11 mar. 2024.

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE FRENAGEM DE EMERGÊNCIA
AVANÇADOS PARA TRENS: OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTAS E
AUMENTO DA SEGURANÇA

DEVELOPMENT OF ADVANCED EMERGENCY BRAKING SYSTEMS FOR
TRAINS: OPTIMIZING RESPONSE TIME AND INCREASING SAFETY

Fernando da Silva Santos¹
Itamara Pereira²
Luiz Caio de Oliveira³
Maria Eduarda Marins⁴

RESUMO

Neste estudo, foram analisadas melhorias nos sistemas de frenagem de emergência avançados (SFEs) para trens, com a finalidade de aprimorar o tempo de resposta e garantir uma operação mais segura. Foram estudadas a evolução desses sistemas, assim como técnicas de otimização e integrações tecnológicas, buscando sempre a eficácia e eficiência dos SFEs.

Palavras-chave: Frenagem de emergência. Trens.

ABSTRACT

In this study, improvements to advanced emergency braking systems (SFEs) for trains were analyzed, with the aim of improving response time and ensuring safer operation. The evolution of these systems, as well as optimization techniques and technological integrations, were studied, always seeking the effectiveness and efficiency of SFEs

Keywords: Emergency braking. Trains.

1 INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário é essencial para o desenvolvimento econômico e social, sendo crucial garantir a segurança e a confiabilidade desse meio de transporte. Os sistemas de frenagem de emergência desempenham um papel fundamental na prevenção de acidentes e na mitigação de suas consequências. Este trabalho tem como foco a análise e desenvolvimento de SFEs, destacando inovações tecnológicas e estratégias para a otimização do tempo de resposta.

¹ Docente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: itamaraa2010@hotmail.com

³ Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: dudamarins2002@gmail.com

⁴ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM). E-mail: caioliveira4@hotmail.com



O Objetivo geral é criar um sistema inovador de freio de emergência para trens, visando diminuir consideravelmente o tempo de reação e elevar a segurança.

E os objetivos específicos são

Avaliar as atuais tecnologias de freio e reconhecer suas restrições.

Investigar novos materiais e tecnologias que possam aprimorar os sistemas de frenagem.

- Construir um modelo experimental do sistema de frenagem de emergência com base nas descobertas da pesquisa.

- Realizar testes e validar o protótipo em ambientes simulados e reais

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os sistemas de frenagem de trens tradicionais utilizam frenagem a ar comprimido, onde o ar é liberado para aplicar os freios.

Este método, embora eficaz, tem limitações em termos de tempo de resposta e força de frenagem.

Avanços tecnológicos têm introduzido sistemas de frenagem eletropneumáticos, que combinam controle elétrico com a potência pneumática, reduzindo significativamente o tempo de resposta.

Duas tecnologias emergentes que têm mostrado promessas significativas são a frenagem eletromagnética e a frenagem regenerativa.

A frenagem eletromagnética utiliza ímãs para gerar forças de frenagem sem contato físico, o que pode melhorar a resposta e reduzir o desgaste dos componentes.

A frenagem regenerativa, por sua vez, converte a energia cinética do trem em energia elétrica durante a frenagem, que pode ser reutilizada, melhorando a eficiência energética e a sustentabilidade.

Figura 1- Obras de Readequação Ferroviária



Fonte: Barra Mansa (2023)



O tempo de resposta de um sistema de frenagem é crítico para a segurança. Sistemas modernos utilizam sensores avançados e algoritmos de controle para monitorar constantemente a velocidade, a carga e as condições da via. A integração de sistemas de comunicação e controle, como os sistemas de controle de trens baseados em comunicação (CBTC), permite ajustes automáticos e instantâneos na frenagem, melhorando a eficiência e a segurança.

A análise de falhas é essencial para o desenvolvimento de sistemas de frenagem confiáveis. Técnicas como a Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) e a Análise da Árvore de Falhas (FTA) são usadas para identificar possíveis pontos de falha e desenvolver medidas mitigadoras. A redundância de componentes críticos e a implementação de sistemas de backup são práticas comuns para garantir a operação segura mesmo em caso de falha.

O aumento da segurança é o principal objetivo dos sistemas de frenagem de emergência. Estudos mostram que a implementação de sistemas avançados de frenagem pode reduzir significativamente a probabilidade de acidentes. A combinação de frenagem eficiente e rápida com sistemas de monitoramento em tempo real contribui para um ambiente de transporte ferroviário mais seguro.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de sistemas de frenagem de emergência avançados para trens é crucial para aumentar a segurança e a eficiência do transporte ferroviário. Este desenvolvimento envolve uma combinação de tecnologias modernas, algoritmos de controle sofisticados e integração com outros sistemas de segurança.

Podemos analisar acidentes passados, é fundamental para entender as falhas nos sistemas de frenagem tradicionais e identificar áreas de melhoria.

Acidentes como o de Santiago de Compostela em 2013, onde a falha na frenagem resultou em uma tragédia, destacam a necessidade de sistemas mais rápidos e eficazes.

Assim como a norma EN 15227, estabelecem requisitos de resistência e segurança para veículos ferroviários, influenciando diretamente o design dos sistemas de frenagem.

Os sistemas de frenagem podem ser divididos em:



- Frenagem Mecânica: Uso de discos e tambores de freio.
- Frenagem Elétrica: Utilização de motores elétricos para gerar forças de frenagem.
- Frenagem Dinâmica: Emprego de forças aerodinâmicas e de resistência.

Um sistema de frenagem inclui discos de freio, pinças, atuadores, sensores e unidades de controle. A integração eficiente desses componentes é vital para a rápida resposta e segurança do sistema.

Enquanto os sistemas convencionais dependem principalmente de freios mecânicos, os sistemas avançados utilizam tecnologias como frenagem regenerativa, que converte a energia cinética do trem em energia elétrica, e frenagem eletromagnética, que utiliza campos magnéticos para desacelerar o trem.

Sensores de Proximidade e Velocidade: Detectam obstáculos e ajustam a frenagem conforme necessário.

A implementação de sistemas redundantes assegura que, em caso de falha de um sistema, outro sistema de frenagem assume o controle, garantindo a segurança dos passageiros e da tripulação.

Mecanismos de falha segura garantem que o sistema de frenagem entre em ação automaticamente se uma falha crítica for detectada.

Figura 2- Carro abalroado pelo Trem



Fonte: Barra Mansa (2023)

A comunicação entre o sistema de frenagem e outros sistemas de segurança, como controle de tráfego ferroviário e sistemas de prevenção de colisão (usando LIDAR e radar), aumenta a capacidade de resposta e a segurança geral do sistema.

Podemos ver alguns exemplos do sistema em uso, projetos como o Sistema de Controle de Trens Europeu (ETCS) e o Positive Train Control (PTC) nos Estados

Unidos incorporam sistemas de frenagem avançados que demonstraram uma melhoria significativa na segurança ferroviária.

Estudos mostram que a implementação de sistemas de frenagem avançados pode reduzir significativamente o número de acidentes e melhorar a eficiência operacional das ferrovias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste projeto oferecem uma estimativa promissora da eficácia do novo sistema de frenagem de emergência. Testes realizados em condições simuladas sugerem uma redução média de 20% no tempo necessário para ativar os freios em situações de emergência.

No entanto, é importante ressaltar que esses resultados são preliminares e baseados em simulações, e mais pesquisas em escala real são necessárias para validar completamente a eficácia do sistema em condições operacionais reais.

Esses resultados preliminares fornecem uma base sólida para futuras investigações e desenvolvimentos, indicando um grande potencial para melhorar a segurança no transporte ferroviário.

No entanto, é crucial continuar a pesquisa para refinar e validar essas estimativas e determinar a viabilidade técnica e econômica da implementação em larga escala do novo sistema.

Figura 3 - Vitima em acidente envolvendo trem



Fonte: Mulher [...], (2023)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de sistemas de frenagem de emergência sofisticados para trens demonstrou ser útil para aumentar a segurança e reduzir o tempo de resposta.



A combinação de tecnologias emergentes como inteligência artificial (IA) e sensores de alta precisão mostrou-se promissora para melhorias futuras.

Recomenda-se que a pesquisa continue se concentrando em novas tecnologias e na adaptação dos sistemas às diferentes condições operacionais e tipos de trens.

REFERÊNCIAS

BARRA MANSA. Prefeitura Municipal. **Trens começam a percorrer nova linha da malha ferroviária em Barra Mansa**. Disponível em:

<https://barramansa.rj.gov.br/trens-comecam-a-percorrer-nova-linha-da-malha-ferroviaria-em-barra-mansa/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

BARRA MANSA. Prefeitura Municipal. **Barra Mansa**: guarda municipal e corpo de bombeiros resgatam vítima de acidente com trem. Disponível em:

<https://barramansa.rj.gov.br/barra-mansa-guarda-municipal-e-corpo-de-bombeiros-resgatam-vitima-de-acidente-com-trem/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

MULHER é atingida por trem em Barra Mansa. G1 Sul do Rio e Costa Verde.

Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2024/12/11/acidente-barra-mansa.ghtml>. Acesso em: 08 jun. 2023.



DIMENSIONAMENTO DE UM ELEVADOR DE CANECAS

SINZING A MUG ELEVATOR

Davi Rodrigues da Rocha¹

Jean dos Santos Silva²

Leonardo de Souza Guimarães³

Bárbara Louise Lemos Drumond Silva⁴

Rafael Raider Leoni⁵

RESUMO

Este trabalho expõe a resolução de um problema apresentado por uma empresa que necessita de um equipamento para realizar o transporte de sinter feed para um silo de estocagem, tendo espaço limitado para instalação. A partir desta situação, foi proposto que se instalasse no local um elevador de canecas. Tal equipamento exige pouco espaço físico para instalação e realiza o transporte do material na vertical, atendendo com perfeição a necessidade da empresa. No decorrer do trabalho serão mostradas as principais características do elevador, como os tipos de componentes que equipam o elevador auxiliando-o na movimentação da carga, além de toda a metodologia utilizada para dimensionar o elevador de canecas ideal para operar com eficiência no processo a que a empresa deseja destiná-lo.

Palavras-chave: Sinter feed. Elevador de canecas. Elevação.

ABSTRACT

This work shows the solution of a problem presented by a company that needs an equipment to carry the transport of sinter feed to a storage silo, but the space for installation is limited. From this situation, it was proposed that a bucket elevator be installed in the place. Such equipment requires little physical space in the place where it will be installed and does the vertical transportation of the material, perfectly meeting the needs of the company. In the course of the work will be shown the main characteristics of the elevator, as its type and the mechanisms used to move the load, in addition to all the methodology used for the design of the ideal bucket elevator to operate efficiently in the process that the company wants to destine it.

Keywords: Sinter feed. Cups elevator. Elevation.

1 INTRODUÇÃO

O aço é um dos produtos mais aplicados no Brasil e no mundo, onde o mesmo aplica-se desde o ramo alimentício até as indústrias automobilísticas entre outros diversos segmentos.

¹ Acadêmico - Curso Superior Tecnologia em Manutenção Industrial EaD – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmico - Curso Superior Tecnologia em Manutenção Industrial EaD – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Acadêmico - Curso Superior Tecnologia em Manutenção Industrial EaD – Centro Universitário de Barra Mansa.

⁴ Docente Mestre - Curso Superior Tecnologia em Manutenção Industrial EaD – Centro Universitário de Barra Mansa.

⁵ Docente Mestre - Curso Superior Tecnologia em Manutenção Industrial EaD – Centro Universitário de Barra Mansa.



Sua utilização está sempre presente na vida das pessoas, e o adequado controle de qualidade deste material, tanto no transporte destes manufaturados quanto em seu beneficiamento, é de suma importância para garantir as propriedades necessárias para a sua aceitação no mercado.

Uma das principais partes do processo de produção do aço é a sinterização onde é feito a mistura de sinter feed com outros materiais para a obtenção do sinter, um dos principais combustíveis para os altos fornos.

Porém, antes dessa aglomeração é necessário realizar o transporte adequado que geralmente é feito através de correias transportadoras, impedindo que empresas que possuem pequenas áreas produtivas realizem a produção desse valioso metal, visto que são necessários grandes perímetros para a implementação destes equipamentos.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo analisar os dados de um transportador vertical, conhecido como elevador de canecas e aumentar sua capacidade de carga.

Visto que o projeto realizado anteriormente tem capacidade de carga de apenas 40 t/h, o foco principal deste novo projeto é atingir a capacidade de 60 t/h.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é desenvolver um elevador de caçambas (canecas) para o transporte de sinter feed até os silos armazenadores da sinterização de uma determinada empresa que não possui uma área vasta para a instalação, julgando

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

Descrever como é a exploração do minério de Ferro, relatar quais são os produtos gerados pelo beneficiamento dos minérios; apresentar as características e propriedades do Sinter feed;

Fornecer detalhamento sobre os princípios dos meios de elevação;

Apresentar os sistemas de elevação e expor com é o sistema e os tipos de Transporte de Grãos;

Explicar o que é um elevador de canecas, demonstrar os tipos de elevadores de canecas, seus componentes principais e seus modos de acionamento.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O elevador de canecas é uma máquina transportadora projetada para atender um único objetivo, elevar tipos diversos de materiais granulados à uma altura necessária e despejá-los em um ponto pré-estabelecido através de calhas ou tubulações.

Os elevadores de canecas podem ser classificados em função de seu sistema de descarga ou pelo tipo de ligação.

Figura 1- Exemplos de Elevadores de Canecas

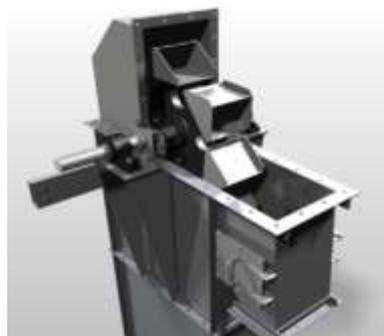


Fonte: Correias Fernandes (2019).

2.1 ELEVADOR CONTÍNUO

Os elevadores de canecas contínuos são projetados para o transporte de todos tipos de materiais granulares, tendo eles alta ou baixa abrasividade.

Figura 2- Elevador Contínuo



Fonte: Automatic Electric (2019).

2.2 ELEVADOR CENTRÍFUGO

Estes elevadores são equipamento que operam em velocidades superiores, com canecas fixadas de uma maneira tal que mantem um espaçamento entre si e são



empregadas na vertical.

Figura 3- Elevador Centrífugo



Fonte: Automatic Electric (2019).

2.3 ELEVADOR POR CORREIA

Normalmente são utilizados para o transportar materiais mais leves, frágeis, pulverizáveis e de baixa granulometria. O abastecimento dos elevadores contínuos de correia deve ser feito por alimentação direta (pelo lado anterior) e devem operar em velocidades baixas.

Figura 4- Elevador por correia



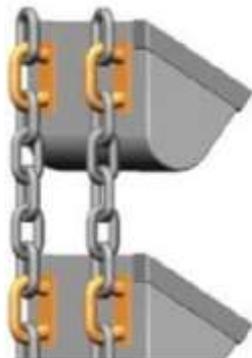
Fonte: Alfabelt (2018).

2.4 ELEVADOR POR CORRENTE

São utilizados para o transportar materiais de maior granulometria e mais pesados. As canecas são fixadas em um par, ou uma única fila de correntes que são acionados por rodas dentadas ou rodas lisas (berçadas).



Figura 5 - Elevador por corrente



Fonte: Pewag (2017).

3 DESENVOLVIMENTO - (DIMENSIONAMENTO DE UM ELEVADOR DE CANECAS)

Apresenta os passos de desenvolvimento do projeto de um elevador de canecas levando em consideração as principais fases que foram executados na concepção dele.

Figura 6 – Fluxo do Projeto Elevador de Caneca – principais fases

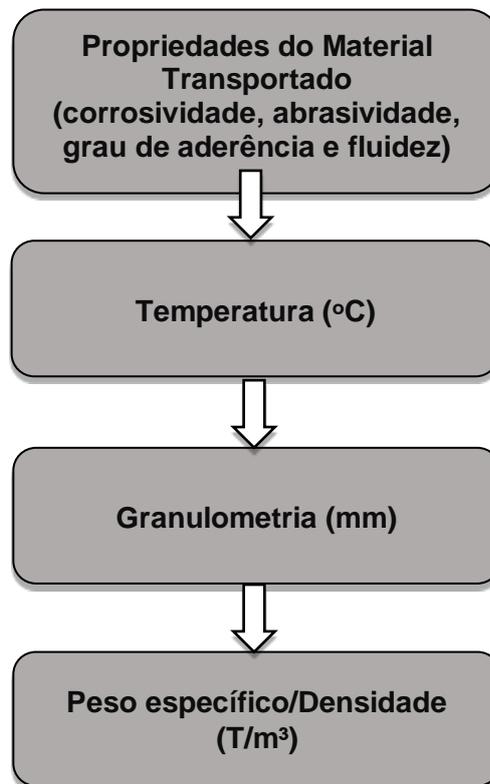


Fonte: Autores (2024)

No projeto foi considerado a necessidade da instalação deste elevador para efetuar corretamente o transporte e elevação de sinter feed até um silo de estocagem para a produção de sinter, no qual o material transportado alimenta o alto forno, para a produção de aço de uma siderurgia.

A aquisição deste equipamento se justifica pelo fato de a empresa solicitante não possuir uma área necessária para outros tipos de transportadores.

Figura 7 – Fluxo do Projeto Elevador de Caneca – propriedades dos materiais

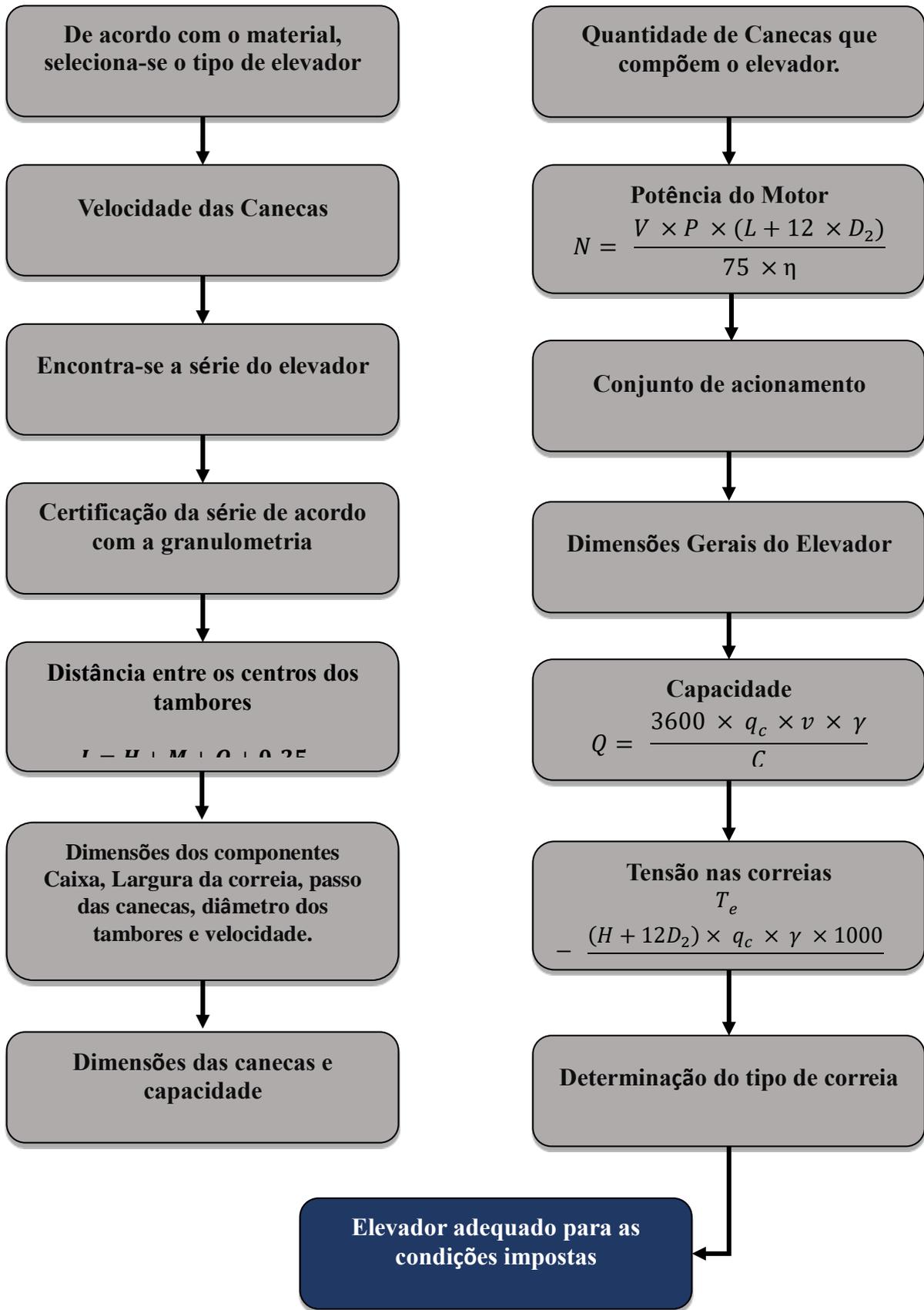


Fonte: Autores (2024)

Nessa etapa do projeto, nós direcionamos pelo um manual da FAÇO, sendo este de elevador de seguindo os passos.



Figura 8 – Fluxo do Projeto Elevador de Caneca – seleção e especificação



Fonte: Autores (2024)



4 RESULTADOS

4.1 VELOCIDADE DAS CANECAS

Determinado o tipo de elevador, contínuo de correia, torna-se possível determinar a velocidade adequada para as canecas.

Tabela 1- Velocidade das canecas

Tipo do elevador	Velocidades recomendadas V (m/s)
Centrífugo	1,10 - 1,52
Contínuo	0,64 - 0,76

Fonte: Faço (1996).

4.2 SERIE DO ELEVADOR

Com informações ditas pelo cliente, determina-se pela Tabela 2 a série do elevador.

Dados do projeto:

- Capacidade (Q) = 60 t/h
- Peso específico (γ) = 2,2 t/m³

Tabela 2- Série do elevador

Capacidade t/h			Série n°	Capacidade m ³ /h (com as canecas 75% cheias)
Peso específico (t/m ³)				
0,8	1,2	1,6		
6,4	9,6	12,8	E-1000	8
13,5	20,2	27	E-2000	16,9
21,1	31,6	42,2	E-3000	26,4
32,9	49,4	65,9	E-4000	41,2
45,7	68,6	91,5	E-5000	57,2
58,6	87,9	117,2	E-6000	73,3

Fonte: Faço (1996).

4.3 GRANULOMETRIA DO MATERIAL

Verificação da série do elevador com base na granulometria do material.



Tabela 3- Granulometria do material

Porcentagem de pedaços de tamanho máximo	E-1000	E-2000	E-3000	E-4000	E-5000	E-6000
100%	3/4"	3/4"	1"	1 2/4"	1 1/2"	1 3/4"
10%	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	4 1/2"

Fonte: Faço (1996).

4.4 DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DO TAMBORES (L)

Tendo conhecimento acerca da altura de elevação (H) do material, calcula-se a distância entre os centros.

Tabela 4- Distância entre os centros

Série	Nº	Dimensões gerais (mm)													
		A	B	E	F	G	J	K	M	N	P	Q	R	S	T
E-1000		300	890	150	585	25	320	185	540	508	810	150	150	420	250
E-2000		350	990	369	850	25	350	210	585	548	860	470	470	520	415
E-3000		400	1070	369	850	25	400	235	620	623	900	470	470	520	500
E-4000		450	1220	369	850	75	450	270	700	673	1030	500	500	600	525
E-5000		500	1220	369	862	75	450	295	700	673	1030	500	500	600	550
E-6000		580	1220	369	862	75	450	335	700	748	1030	500	500	650	570

Fonte: Faço (1996).

4.5 CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE OS CENTROS DO TAMBORES (L)

Dados do projeto

Altura de elevação (H) = 16 m

M = 700 mm ~ 0,7 m

Q = 500 mm ~ 0,5 m

Coefficiente = 0,25

$$L = H + M + Q + 0,25 \quad (1)$$

$$L = 16 + 0,7 + 0,5 + 0,25$$

$$L = 17,45 \text{ m}$$

4.6 DIMENSÕES DOS PRINCIPAIS COMPONENTES

A partir do número de série encontrado no item 4.3, é possível determinar as dimensões dos componentes fundamentais para o funcionamento do elevador.



Tabela 5- Componentes

Série nº	Caixa- dimensões internas A x B (mm)	Bitola nº	Largura da correia (pol)	(C) Passo das canecas (mm)	Diâmetro dos tambores (mm)		(V) Veloc. (m/s)	rpm
					(D ₁) cabeça	(D ₂) pé		
E-1000	300x890	12	8	330	500	450	1,15	44
E-2000	350x990	12	10	350	500	450	1,15	44
E-3000	400x1070	10	12	400	500	450	1,15	44
E-4000	450x1220	10	14	460	600	450	1,3	41
E-5000	500x1220	10	16	460	600	450	1,3	41
E-6000	580x1220	10	18	460	600	450	1,3	41

Fonte: Faço (1996).

4.7 DIMENSÕES DAS CANECAS

Tabela 6- Dimensões das canecas

Série nº	A (mm)	B (mm)	C (mm)	R (mm)	Bitola nº	Pes o (kgf)	Capacidade (dm ³)	
							X - X	Y - Y
E-1000	110	150	100	30	12	1,1	0,5	0,85
E-2000	140	200	130	30	12	1,9	1,3	1,9
E-3000	160	250	150	3	10	3,2	2,1	3,4
E-4000	190	300	180	45	10	4,4	3,4	5,4
E-5000	215	350	200	45	10	5,6	4,7	7,5
E-6000	215	400	200	45	³ / ₁₆ "	11,3	6	9,6

Fonte: Faço (1996).

4.8 COMPRIMENTO DAS CORREIAS

l – Comprimento da correia (m)

L – Distância entre os centros dos tambores (m) = 17,45 m

$r_{pé}$ – Raio do tambor do pé (m) = 225 mm ~ 0,225 m [tabela 5]

$r_{cabeça}$ – Raio do tambor da cabeça (m) = 300mm ~ 0,3 m [tabela 5]

$$l = (2 \times L) + r_{pé} + r_{cabeça} \quad (2)$$

$$l = (2 \times 17,45) + 0,225 + 0,30$$

$$l = 34,9 + 0,225 + 0,3$$

$$l = 35,425 \text{ m}$$

4.9 NÚMERO DE CANECAS

n_c – Número de canecas

l – Comprimento da correia (m)

C – Passo das canecas (m) = 460mm [tabela 5]

$$n_c = \frac{l}{C} \quad (3)$$

$$n_c = \frac{35,425}{0,46}$$

$$n_c = 77,01 \sim 77 \text{ canecas}$$

4.10 POTÊNCIA DO MOTOR

Para calcular a potência do motor, é necessário obter os valores do peso do material (P).

Onde, [X-X] e [Y-Y] é a capacidade em dm^3 e se encontra na Tabela 6, então:

$$q_c = [X - X] + [Y - Y] \quad (4)$$

$$q_c = 3,4 + 5,4$$

$$q_c = 8,8 \text{ dm}^3 = 0,0088m^3$$

Com o valor de q_c encontrado, podemos aplicar na fórmula:

$$P = \frac{1000 \times \gamma \times q_c}{C} \Rightarrow P = \frac{1000 \times 2,2 \times 0,0088}{0,46} \Rightarrow P = 42,09 \text{ kgf/m} \quad (5)$$

Enfim, calcula-se a potência necessária do motor.

N – Potência necessária para o motor (hp)

V – Velocidade da correia (m/s) = 0,70 m/s

η – Rendimento do motor = 90% ~ 0,9

L – Distância entre os centros (m) = 17,45 m

D_2 – Diâmetro do tambor do pé (m) = 450 mm ~ 0,45 m

P – Peso do material (kgf/m)

$$N = \frac{V \times P \times (L + 12 \times D_2)}{75 \times \eta} \Rightarrow N = \frac{0,720 \times 42,09 \times (17,45 + 12 \times 0,45)}{75 \times 0,9} \Rightarrow N = 9,97 \text{ hp} \quad (6)$$



4.11 CONJUNTO DE ACIONAMENTO

Tabela 7- Conjunto de acionamento

Série do Elevador	Potência do Motor (HP)											
	1	2	3	4	5	6	7,5	10	12,5	15	20	
E-1000	1101	1102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E-2000	2101	2102	2203	2204	-	-	-	-	-	-	-	-
E-3000	3101	3102	3203	3204	3305	3306	3307	-	-	-	-	-
E-4000	-	-	4203	4204	4305	4306	4307	4410	-	-	-	-
E-5000	-	-	5203	5204	5305	5306	5307	5410	5412	-	-	-
E-6000	-	-	6203	6204	6305	6306	6307	6410	6412	6415	6520	-
Nº do conjunto de acionamento	Nº 1		Nº 2		Nº 3			Nº 4		Nº 5		
Nº do Redutor	R-40		R-60		R-90			R-120		R-125		

Fonte: Faço (1996).

4.12 DIMENSÕES GERAIS

Tomando como base o número de série determinado para o elevador, obtêm-se as dimensões das partes que o constituem.

Tabela 8- Dimensões gerais

Série Nº	Dimensões gerais (mm)															
	A	B	E	F	G	J	K	M	N	P	Q	R	S	T	U	V
E-1000	300	890	150	585	25	320	185	540	508	810	150	150	420	250	460	300
E-2000	350	990	369	850	25	350	210	585	548	860	470	470	520	415	595	300
E-3000	400	1070	369	850	25	400	235	620	623	900	470	470	520	500	690	300
E-4000	450	1220	369	850	75	450	270	700	673	1030	500	500	600	525	845	380
E-5000	500	1220	369	862	75	450	295	700	673	1030	500	500	600	550	870	380
E-6000	580	1220	369	862	75	450	335	700	748	1030	500	500	650	570	910	380

Fonte: Faço (1996).

4.13 CAPACIDADE (Q)

A capacidade real do elevador, ou seja, o quanto de carga ele suportará, durante a operação, é obtida através da equação:

v – Velocidade (m/s) = 0,70 m/s

γ – Peso específico do material (t/m³) = 2,2 t/m³

q_c – Capacidade de cada caneca (m³) = 8,8 dm³ ~ 0,0088 m³

C – Passo das canecas (m) = 460 mm ~ 0,46 m [Tabela 5]

$$Q = \frac{3600 \times q_c \times v \times \gamma}{C} \Rightarrow Q = \frac{3600 \times 0,0088 \times 0,70 \times 2,2}{0,46} \Rightarrow Q = 106,06 \text{ t/h (7)}$$



4.14 TENSÕES DA CORREIA

São duas as tensões geradas na correia: tensão efetiva e tensão máxima.

Tensão efetiva (T_e)

H – Altura do material [m] = 16 m

D_2 – Diâmetro do tambor do pé [m] = 450 mm ~ 0,45 m

γ – Peso específico do material [t/m^3] = 2,2 t/m^3

q_c – Capacidade de cada caneca [m^3] = 8,8 dm^3 ~ 0,0088 m^3

C – Passo das canecas [m] = 460 mm ~ 0,46 m

$$T_e = \frac{(H + 12D_2) \times q_c \times \gamma \times 1000}{C} \Rightarrow \frac{(16 + 12 * 0,45) \times 0,0088 \times 2,2 \times 1000}{0,46} \Rightarrow T_e \text{ (8)}$$

$$= 900,66 \text{ kgf/m}$$

Tensão máxima (T_{max})

$$T_{max} = (1 + K) \times T_e \text{ (9)}$$

$$T_{max} = (1 + 0,97) \times 900,66$$

$$T_{max} = 1774,30 \text{ kgf/m}$$

Tabela 9- Valor de k para 180° de abraçamento.

Esticador	Tambor liso	Tambor revestido
por parafuso	0,97	0,80
por gravidade	0,64	0,50

Fonte: Faço (1996).

4.16 DETERMINAÇÃO DA CORREIA

O último passo para seleção é a determinação da correia a ser utilizada.

Tabela 10- Revestimento - Correia EP e PLYLON

Tipo	Cereais	Material de moderada abrasividade	Material abrasivo não cortante	Material abrasivo pontiagudo	Material muito abrasivo
		Areia Cimento Carvão betuminoso	Coque antracitoso Carvão	Escória Calcário Areia- pontiaguda	Pedaços de vidro-cacos Quartzo Minérios
Stacker	1/16" x 1/16"	1/16" x 1/16"	1/16" x 1/16"	3/32" x 3/32"	1/8" x 1/8" a 1/4"
B	1/16" x 1/16"	1/16" x 1/16"	3/32" x 3/32"	3/32" x 1/8"	1/8" x 5/32" a 1/4"
6740	-	1/16" x 1/16"	3/32" x 3/32"	3/32" x 1/8"	1/8" x 1/4"

Fonte: Faço (1996).



4.17 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO ELEVADOR

Tabela 11- Especificação técnica do elevador

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ELEVADOR		
Material a ser transportado		Sinter Feed
Temperatura do material		Ambiente
Tipo do elevador		Contínuo de correia
Série do elevador		E-3000
Velocidade de trabalho	m/s	0,72
Altura de elevação	m	16
Capacidade teórica	t/h	78,41
Distância entre os centros dos tambores	m	17,34
Diâmetro do tambor "pé"	mm	500
Diâmetro do tambor "cabeça"	mm	450
Número de canecas	un	88
Passo das canecas	mm	400
Capacidade das canecas (totalmente cheias)	m³	0,0055
Potência do motor	HP	7,98
Conjunto de acionamento	un	3
Redutor		R-90
Material da correia		EP-220
Comprimento da correia	m	35,15
Largura da correia	pol	12
Número de lonas	un	3
Revestimento		Stacker
Espessura do revestimento	pol	1/8 x 1/8 a 1/4

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ELEVADOR		
Componentes	Unidade	Resultados
Material a ser transportado		Sinter Feed
Temperatura do material		Ambiente
Tipo do elevador		Contínuo de Correia
Série do elevador		E- 4000
Velocidade de trabalho	m/s	0,7
Altura de elevação	m	16
Capacidade teórica	t/h	106,06
Distância entre os centros dos tambores	m	17,45
Diâmetro do tambor "pé"	mm	600
Diâmetro do tambor "cabeça"	mm	450
Número de canecas	un	77
Passo das canecas	mm	460
Capacidade das canecas (totalmente cheias)	m³	0,0088
Potência do motor	HP	9,97
Conjunto de acionamento	un	4
Redutor		R-120
Material da correia		EP-220
Comprimento da correia	m	35,425
Largura da correia	pol	12
Número de lonas	un	3
Revestimento		Stacker
Espessura do revestimento	pol	1/8 x 1/8 a 1/4

Fonte: Autores (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O equipamento em questão foi projetado para transporte de materiais particulados, abrasivos ou não, no sentido vertical (acima de 5 metros). Indicado principalmente para locais compactos, onde não há espaço suficiente para a instalação de outros tipos de transportadores.

Destacando o elevador selecionado (contínuo por correia) e as características do sinter feed, toma-se nota de que as canecas deverão ser de confeccionadas em aço inoxidável (Avac, 2017).

Diante de trabalho concluímos que um redimensionamento de um equipamento, há várias etapas a serem concluídas tais como ler detalhadamente o



projeto e verificar seus pontos positivos e os quais podem ser melhorados, e olhando seu manual, ver as normas que contemplam o projeto.

Perante isso retiramos que nosso trabalho foi bastante benéfico a nosso aprendizado pois, notamos que mesmo um trabalho pronto para redimensionar haverá suas dificuldades.

REFERÊNCIAS

ACOPLAMENTOS. **César Store** 2017. Disponível em:
<https://cesarnatal.com.br/categoria-produto/acoplamentos/> Acesso em: 27 fev. 2024.

AVAC. **Elevadores de canecas e de correntes**. 2017. Disponível em:
<http://www.avac.ind.br/elevadorescanecas.aspx>. Acesso em: 27 fev.2024.

BRIZOLLA, Deveraldo de Souza *et al.* **Projeto de um redutor de velocidade de engrenagens cilíndricas de dentes retos de dupla redução para acionamento de motor de 20 CV**. 2014. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/>. Acesso em: 27 fev, 2024.

CSN. Companhia Siderurgica Nacional. **Minério de ferro**. 2016. Disponível em:
<https://www.csn.com.br/homepage/minerio-de-ferro/>. Acesso em: 27 fev.2024

ELEVADOR de Canecas. **Fábrica do Projeto**, 2010. Disponível em:
https://www.fabricadoprojeto.com.br/elevadores-de-canecas/#google_vignette.
Acesso em: 27 fev. 2024.

MARTINS, F. Lucas Campos *et al.* **Trabalho acadêmico integrador 1 - Construção de Elevador de Canecas**. IFMG, 2016. Disponível em:
https://www2.ifmg.edu.br/arcos/documentos-do-site/tai_01_2016-2/tai-1-elevador-de-canecas.pdf. Acesso em: 27 fev. 2024.

SANTOS, Nilton dos.. **Manual de transportadores de correia Faço**. Fábrica de aço Paulista, 1996. Disponível em:
https://www.academia.edu/16529142/MANUAL_DE_TRANSPORTADORES_DE_CORREIA_FA%C3%87O. Acesso em: 27 fev, 2024.

SILVA, J.S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. 566p



**DIMENSIONAMENTO DE UM GUINDASTE DE COLUNA PARA IÇAMENTO E
MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS**

SIZING OF A COLUMN CRANE FOR LIFTING AND HANDLING LOADS

Fernando da Silva Santos¹
Douglas Alves Soares²
Gustavo Finotti de Assis Lima³
Iago Rossoni da Silva⁴

RESUMO

Os equipamentos utilizados para o transporte de cargas desempenham um papel fundamental na operação logística de diversas empresas, representando um fator competitivo importante. Eles são empregados para movimentar cargas de forma automática ou manual, em distâncias variadas, sendo sua principal função o transporte e manuseio de materiais. Há uma variedade de equipamentos disponíveis para essa finalidade e a escolha adequada deve considerar as necessidades e limitações de cada empresa. Essa decisão pode resultar em benefícios como redução de custos, aumento da produtividade e, conseqüentemente, maior lucratividade. Um dos equipamentos mais destacados é o guindaste de coluna, devido à sua facilidade de operação, sem demandar mão de obra especializada, alta precisão, capacidade para operar em locais com obstáculos, segurança, capacidade de carga elevada, facilidade de instalação, possibilidade de uso tanto em ambientes internos quanto externos e ampla aplicabilidade em diversos setores da indústria. Esse equipamento apresenta um excelente custo-benefício, uma vez que reduz o número de operadores necessários para a movimentação de cargas e minimiza o risco de acidentes durante o processo. O objetivo deste estudo é dimensionar um modelo de guindaste de coluna para o içamento de cargas de até 300kg, por meio de etapas como revisão da literatura, dimensionamento da estrutura, análise dos componentes, avaliação das tensões, seleção de materiais, simulação pelo Método de Elementos Finitos, análise de custos e logística de montagem e transporte.

Palavras-Chave: Guindaste. Movimentação. Cargas. Custo-benefício.

ABSTRACT

The equipment used to transport cargo plays a fundamental role in the logistics operations of several companies, representing an important competitive factor. They

¹ Docente – Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: douglasalvesbm700@gmail.com

³ Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: gustavolimafinotti@gmail.com

⁴ Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: iagorossioni@gmail.com



are used to move loads automatically or manually, over varying distances, with their main function being the transport and handling of materials. There is a variety of equipment available for this purpose and the appropriate choice must consider the needs and limitations of each company. This decision can result in benefits such as cost reduction, increased productivity and, consequently, greater profitability. One of the most outstanding pieces of equipment is the column crane, due to its ease of operation, without requiring specialized labor, high precision, ability to operate in places with obstacles, safety, high load capacity, ease of installation, possibility of use both in internal and external environments and wide applicability in various industry sectors. This equipment is excellent cost-benefit, as it reduces the number of operators needed to move loads and minimizes the risk of accidents during the process. The objective of this study is to develop a column crane model for lifting loads, through steps such as literature review, structure sizing, component analysis, stress evaluation, material selection, simulation using the Finite Element Method, cost analysis and assembly and transportation logistics.

Keywords: Crane. Movement. Loads. Cost benefit.

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, o ser humano tem procurado maneiras de mover objetos pesados com o mínimo esforço possível. Isso se tornou viável com a utilização de alavancas, rodas, polias e planos inclinados, proporcionando maior facilidade, rapidez e segurança no transporte e carregamento de materiais.

Os primeiros relatos do emprego dessas técnicas remontam ao Egito Antigo, com diversas aplicações, como a construção de edifícios, mineração, transporte de água para obras e construção de embarcações. No final da Idade Média, Leonardo Da Vinci concebeu os Guindastes de Torre, um dos primeiros guindastes móveis. Inicialmente, os guindastes eram feitos de madeira e, posteriormente, com o avanço da Revolução Industrial, começaram a ser fabricados em aço e ferro fundido.

Hoje em dia, equipamentos de movimentação de carga são máquinas utilizadas de forma automatizada ou manual, em distâncias variadas, com o objetivo principal de transportar e/ou manipular cargas. Existem diversos tipos de equipamentos, como empilhadeiras, guindastes, elevadores, pontes rolantes, carros-pipa e transportadores de esteira.

Destaca-se, dentre os equipamentos mencionados, o guindaste de coluna, por sua facilidade de operação, alta precisão no transporte de cargas, capacidade de ser utilizada em espaços com diversos obstáculos, segurança, capacidade de carga elevada, instalação simples, utilização tanto em ambientes internos quanto externos,



e ampla aplicação na indústria.

Pensando nisso, nesse artigo iremos apresentar um estudo de caso, de um dimensionamento de um guindaste de coluna fixo com talha e troler elétrico para uma empresa do ramo da serralheria e marcenaria na qual necessita de um mecanismo de içamento e movimentação de carga de até 300kg em uma elevação de 5 metros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os Guindastes tem uma história de grande relevância pra humanidade, desde os promórdios, com estruturas simples, até os dias atuais, onde podemos observar uma grande variedade de utilização, sendo cada estrutura projetada para atender da melhor maneira cada atividade, a qual ele será selecionado. Ele é segundo informações do site LinkedIn (2023), “provavelmente uma invenção grega ou romana, da qual não existe registros anteriores ao século I a.C. A maior parte do conhecimento sobre os guindastes antigos vem dos escritos do arquiteto romano Vitrúvio (século I a.C.) e de Héron de Alexandria (século I d.C.)”.

Esses equipamentos partindo de um mecanismo rudimentar e operado manualmente (uma estaca fincada no chão, erguida e sustentada por um par de cabos), se tornaram sofisticados e extremamente eficazes, dessa maneira, os guindantes na atualidade se desenvolveram de certa forma de uma maneira muito rápida em comparação com outras épocas e tendem a se desenvolver ainda mais, hoje podemos citar diversas melhorias nesses equipamentos como, um avanço na eficiência energética para atender aos diversos requisitos de sustentabilidade, sistemas de segurança, onde se destaca os sistemas de parada de emergência e de travas automáticas, inclusão de tecnologias digitais, como o monitoramento remoto e sistemas de controles inteligentes, por fim, os guindastes de coluna modernos suportam cargas que antes, na sua criação nunca poderiam imaginar, como cargas que ultrapassam 3 toneladas.



Figura 1: Guindaste de coluna atual.



Fonte: Directindustry (2024)

3 DESENVOLVIMENTO

Para esse estudo de caso seguimos a NBR 8400 de 1984
De acordo com a norma NBR 8400 determinamos a classe de utilização (tabela 1)
Para essa situação, a empresa em questão irá utilizar o guindaste em apenas algumas partes do dia, seguido de longos períodos de repouso.

Tabela 1 - Classes de utilização

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

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

Seguido do estado da carga (tabela 2), e estado de tensão de um elemento (tabela 3)

O estado da carga e tensão será “2 (médio)”, as cargas e tensões elevadas serão de no máximo 2/3 da carga nominal, e em casos raros toda a carga.



Tabela 2 - Estados de carga

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

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

Tabela 3 - Estados de tensões de um elemento

Estado de tensões	Definição	Fração mínima de tensão máxima
0 (muito leve)	Elemento submetido excepcionalmente à sua tensão máxima e comumente a tensões muito reduzidas	P = 0
1 (leve)	Elemento submetido raramente à sua tensão máxima, mas comumente a tensões da ordem de 1/3 da tensão máxima	P = 1/3
2 (médio)	Elemento freqüentemente submetido à sua tensão máxima e comumente a tensões compreendidas entre 1/3 a 2/3 da tensão máxima	P = 2/3
3 (pesado)	Elemento regularmente submetido à sua tensão máxima	P = 1

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

A Classificação da estrutura é dada pela (tabela 4), temos uma classificação “3”.

Tabela 4 - Classificação da estrutura dos equipamentos (ou elementos da estrutura) em grupos

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

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

Definições das solicitações sobre a viga (S) conforme norma NBR 8400

As solicitações estáticas na elevação da carga (SL), devem ser majoradas de acordo com as tabelas inseridas na norma NBR 8400 ou outra norma coerente com esse tipo de equipamento.

$$S = MX * (SG + \psi * SL) + SH \quad (1)$$



MX = coeficiente de majoração (Tabela 6)

SG = peso por metro da viga + acessórios (exemplo: cabos elétricos)

SL = peso do trole + carga

SH = solicitações horizontais

SW = solicitações devidas ao vento

ψ = coeficiente dinâmico (tabela 5)

Tabela 6 – Valores do coeficiente de majoração para equipamentos indústrias

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

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

Para nosso caso onde o guindaste trabalha dentro de um galpão sem influência do vento e a elevação é feita com a lança parada, a fórmula de cálculo da solicitação passa a ser:

$$S = MX * (SG + \psi * SL) \tag{2}$$

Determinando o valor do coeficiente dinâmico ψ .

Conforme tabela (5), para velocidade de elevação $7\text{m/min} = 0,12\text{m/s}$, o valor do coeficiente dinâmico será $\psi = 1,15$

Tabela 5 - Valores do coeficiente dinâmico ψ

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

Fonte: NBR 8400 - MARÇO 1984

Cálculo da solicitação da viga

$$S = M_x * (S_G + \psi * S_L) \tag{3}$$

SG = peso estimado por metro da viga = 35 kg/m. Deverá ser revisto após seleção da viga

$$S = 1 * (35\text{kgf} + 1,15 * 330\text{kgf}) = 414,5\text{kgf}$$

Cálculo do momento fletor

$$M_f = S * L = 414,5\text{kgf} * 400\text{cm} = 165800\text{kgfcm}$$



Cálculo do mínimo módulo resistente exigido para a viga

Material proposto ASTM A36 – Tensão de escoamento = 2500kgf/cm²

$$W_x = \frac{M_f * q}{\sigma_e} = \frac{165800 * 2}{2500kgf/cm^2} = 132,64cm^3$$

q = coeficiente de segurança indicado pela norma NBR8400 ou à critério do projetista.
Mínimo 1,5

Efeitos de choques para definição do coeficiente de segurança de acordo com NBR8400: os choques podem ocorrer tanto na elevação quanto na translação da carga. Em casos de oscilação de carga com velocidade de deslocamento horizontal abaixo de 0,7m/s, não se consideram esses efeitos.

Deflexão máxima

De acordo com a norma FEM ISO (e a norma NBR 8800 utilizadas na construção civil). O valor da flecha máxima pode ser definido por:

Valor da flecha máxima de acordo com a norma FEM e NBR 8800	
Vigas de rolamento	
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN	$L/600^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas	$L/800^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN	$L/1000^i$
- Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas	$L/400$
- Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$

Calculando a Deflexão máxima

$$\delta_v = \frac{L}{Tabela} = \frac{400\text{ cm}}{600} = 0,66\text{ cm}$$

Temos que nossa deflexão da viga não pode ultrapassar 0,66cm.

Cálculo do momento de inércia requerido para a viga em função da flecha máxima

$$I_x = \frac{S * L^3}{3 * E * \delta_v} = \frac{414,5Kg * 400^3}{3 * \frac{2100000Kg}{cm^2} * 0,66} = 6379cm^4$$

Seleção da viga consultando a tabela da Gerdau

TABELA DE BITOLAS PERFIS ESTRUTURAIS W E HP

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	I _x cm ⁴	EIXO X - X			EIXO Y - Y					
				t _w mm	t _f mm					W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	r _t cm	I _t cm ⁴
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,48	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20

Selecionamos a viga de acordo com a deflexão máxima e a especificação da nossa talha elétrica Menegotti 300/600 kg adaptada a um Trole Elétrico IWCTE1000 para vigas de b_f 68-110 mm.

Viga selecionada em função da flecha máxima e especificações da talha e trolley:

W 310 x 32,7kg/m (H). -- Peso total da viga = 32,7 x 4m = 130,8kg

Calculando a flecha máxima de acordo com a viga selecionada

$$\delta_v = \frac{S * L^3}{3 * E * I} = \frac{414,5 * 400^3}{3 * \frac{2100000 \text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 6570 \text{cm}^4} = 0,64 \text{cm}$$

Ok, a viga nos atende.

Dimensionamento da coluna e da base de fixação ao solo

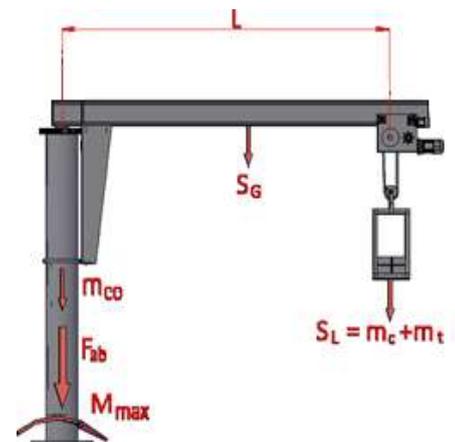
Cálculo do momento fletor - Solicitação na coluna e na base

$$S = MX * (SG + \psi * SL)$$

$$S = 1 * (130,8 \text{kgf} + 1,15 * 330 \text{kgf}) = 510,3 \text{kgf}$$

Momento fletor máximo no pé da coluna junto a base de fixação causado pelo peso da viga + carga + talha. Momento fletor isolado na direção do giro do braço

$$M_{max} = S * L = 510,3 \text{kgf} * 400 \text{cm} = 204120 \text{kgfcm}$$



Cálculo do mínimo módulo resistente requerido para o tubo da coluna e a base

Material proposto: ASTM A36 - Tensão de escoamento $\sigma_e = 250 \text{MPa}$ (2500kgfcm²)

$$w_{rc} = \frac{M_{max} * q}{\sigma_e} = \frac{204120 * 2}{2500} = 163,296 \text{ cm}^3$$

q = coeficiente de segurança indicado pela norma NBR8400.

xperimentando o tubo *com* diâmetro externo de 18 "- 457,20mm x 431,80mm com espessura de parede 12,70 mm.

NOMINAL POLEGADAS	EXTERNO MM	INTERNO MM	PAREDE MM	PESO KG/MT	DE NOMINAÇÃO	SCHEDULE
		444,50	6,35	70,52	*	10
		441,36	7,92	87,70	*	20
		438,16	9,52	105,04	STD	*
		434,94	11,13	122,24	*	30
18	457,20	431,80	12,70	139,05	X5	*
		428,66	14,27	155,75	*	40
		419,10	19,05	205,60	*	60
		409,54	23,83	254,33	*	80
		398,48	29,36	309,44	*	100
		387,36	34,92	363,28	*	120
		377,86	39,67	408,04	*	140
		366,70	45,25	459,05	*	160

Cálculo do módulo resistente do tubo selecionado para verificação

$$w_c = \frac{\pi * (45,72^4 - 43,18^4)}{32 * 45,72} = 1917,59 \text{ cm}^3$$

OK. Módulo resistente do tubo selecionado acima do requerido

Verificando se a parede do tubo suporta a compressão exercida pela estrutura, componentes e carga. Tensão de compressão máxima na base da coluna.

$$\sigma_c = \frac{F_{ab}}{A_c} + \frac{M_{max}}{w_c} \tag{4}$$

Força axial

$$F_{ab} = M_c + M_t + M_v + M_{co} \tag{5}$$

M_c = Peso da carga = 300Kg

M_t = Peso da talha/trole = 30Kg

M_v = Peso da viga = 32,7Kg x 4m = 130,8 Kg

M_{co} = Peso da coluna = 139,05Kg x 5m = 695,25 Kg

$$F_{ab} = 300 + 30 + 130,8 + 695,25 = 1156,05 \text{ Kgf}$$

Cálculo da área do tubo da coluna submetida à compressão

$$A_c = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi * (45,72^2 - 43,18^2)}{4} = 177,35 \text{ cm}^2 = 17735 \text{ mm}^2$$

Cada área específica de 1 mm² de aço A 36 suporta a força de 250N/mm².

Então, 17735 mm² x 250N/mm² = 4433750N



Sabendo que a cada 1 Kgf = 9,8N. Então $\frac{4433750N}{9,8} = 452423,47Kgf$

OK. Muito acima do peso máximo de todo o guincho com carga

Calculando a tensão máxima

$$\sigma_c = \frac{F_{ab}}{A_c} + \frac{M_{max}}{w_c} = \frac{1156,05 \text{ Kgf}}{177,35 \text{ cm}^2} + \frac{204120 \text{ kgfcm}}{1917,59 \text{ cm}^3} = 112964 \text{ Kgf/cm}^2$$

Cálculo da espessura da base

$$T_b = \frac{D_b - D_c}{2} * \sqrt{\frac{q * \sigma_e}{S_e}} \quad (6)$$

D_b = Diâmetro da base

D_c = Diâmetro externo do tubo da coluna selecionado na página anterior = 457,2mm

q = coeficiente de segurança: conforme norma NBR 8400, mínimo 1,5

S_e = Resistência ao escoamento do material = Aço A 36 = 2500kgf/cm²

σ_e = Tensão de compressão. A mesma tensão causada na base da coluna, porém para o cálculo da espessura da base, considera-se o módulo resistente da mesma.

$$\sigma_b = \frac{F_{ab}}{A_b} + \frac{M_{max}}{w_b} \quad (7)$$

Força axial. A mesma da coluna já calculada na página anterior. $F_{ab} = 1156,05 \text{ Kgf}$

A = área da base admitindo experimentalmente diâmetro 800 mm

$$A_b = \pi * \frac{D_b^2}{4} = \pi * \frac{80^2 \text{ cm}}{4} = 5026,5 \text{ cm}^2$$

Momento fletor máximo na base da coluna já calculado: 204120kgfcm

Módulo resistente da base admitindo diâmetro 800 mm

$$W_b = \frac{\pi * D_b^3}{32} = \frac{\pi * 80^3 \text{ cm}}{32} = 50265 \text{ cm}^3$$

Calculando a tensão máxima

$$\sigma_b = \frac{F_{ab}}{A_b} + \frac{M_{max}}{w_b} = \frac{1156,05 \text{ Kgf}}{5026,5 \text{ cm}^2} + \frac{204120 \text{ kgfcm}}{50265 \text{ cm}^3} = 4,29 \text{ kgf/cm}$$

Espessura mínima da base

$$T_b = \frac{D_b - D_c}{2} * \sqrt{\frac{q * \sigma_e}{S_e}} = T_b = \frac{80 \text{ cm} - 45,72}{2} * \sqrt{\frac{2 * 2,85 \text{ kgf/cm}^2}{2500 \text{ kgf/cm}^2}} = 0,81 \text{ cm}$$

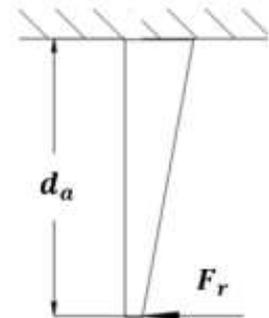
8,1mm para diâmetro 800 mm. Para diâmetros maiores aumenta a espessura.

Determinando a espessura das chapas da caixa de apoio da viga

Recalculando o valor da força F_r

$$F_r = \frac{(M_t + M_c) * L * M_v * D_{mv}}{d_a}$$

$$F_r = \frac{330kg * 4m * 130,8kg * 2,08m}{1,7m} = 936,5kgf$$



Momento fletor exercido sobre a ligação da caixa com a viga

$$M_f = F_r * d_a = 936,5 * 1,7 = 159205kgf\ cm$$

Módulo resistente necessário da caixa. Material aço ASTM A 36 – Tensão de escoamento 2500kgf/cm². Tensão de compressão 4000kgf/cm²

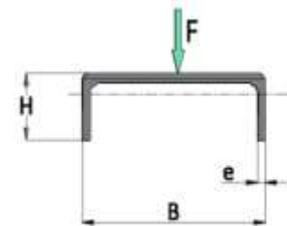
$$W = \frac{M_{max} * q}{\sigma_e} = \frac{159205 * 2}{2500kgf/cm^2} = 127cm^3$$

q = coeficiente de segurança indicado pela NBR 8400 Verificando o módulo resistente da caixa com chapa esp. 7,93mm

$$W_y = \frac{2 * e * H^2}{6} + \frac{B * e^2}{6}$$

$$W_y = \frac{2 * 0,793 * 44,5^2}{6} + \frac{10,2 * 0,793^2}{6} = 524,51cm^3$$

$$W_y = 524,51cm^3 \quad OK - W_y > W$$



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Viabilidade Econômica

Há fatores determinantes para se realizar a análise de viabilidade econômica, seja qual for o projeto e isso depende de uma série de fatores, onde englobam o valor de compra, a montagem e manutenção do equipamento, a necessidade de serviços de movimentação de carga, assim como a eficácia e eficiência que ele consegue proporcionar, além de seus benefícios a longo prazo. E com base no escopo do projeto e suas especificações técnicas, fizemos uma análise detalhada no mercado para



determinar o valor inicial do nosso projeto, que pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 8: Determinação de valor para o projeto

Descrição	Qtd.	Referência Comercial	Valor Total
Tubo de Aço 18 " de 12,70 com 5 metros	1	TUBOS ABC COMÉRCIO DE TUBOS LTDA	R\$ 11.971,20
Viga I w310x32,8 com 4 metros	1	COMERCIAL GERDAU	R\$ 633,15
Chapa de Aço Carbono Fina Quente - 19,00mm (3/4)	1	100% METAIS	R\$ 587,91
Chapa de Aço Carbono Fina Quente - 9,50 mm (3/8)	1	100% METAIS	R\$ 1.596,39
Carrinho Trolley Elétrico 3m Carga 1t 1000kg 200w 1400rpm	1	IMPORTWAY	R\$ 977,41
Guincho Talha Elétrica 300/600kg Elevação Até 12m Menegotti 220V	1	RM FERRAMENTAS	R\$ 722,49
TOTAL			R\$ 16.488,55

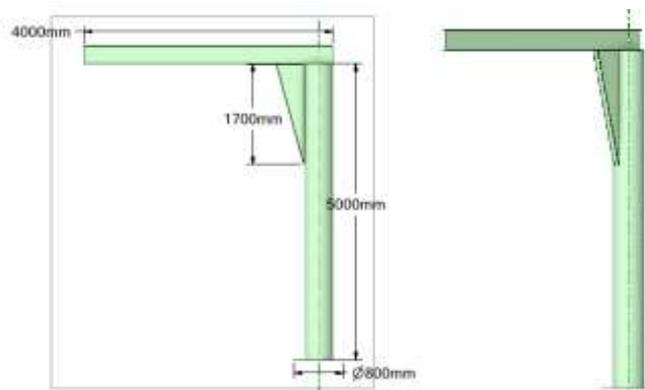
Fonte: Autoria própria (2024)

Apesar de seu custo inicial relativamente alto, o projeto detalhado, visa a longo prazo obter uma série de vantagens, tais como, otimizar o espaço dentro da empresa e a maximização da capacidade de carga.

Do ponto de vista econômico, os benefícios do guindast, podem incluir a redução dos custos operacionais, o aumento da eficiência, a redução do tempo, a poupança de mão-de-obra, o aumento da utilização do espaço otimizado e a capacidade de satisfazer maiores requisitos de elevação.

Modelagem 3D do projeto

Figuras 2 e 3: Exemplo de modelo 3D do projeto

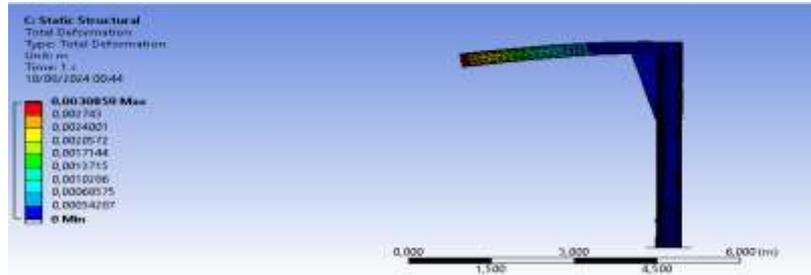


Fonte: Autoria própria (2024)



Simulação com medidas e forças aplicadas de acordo com o projeto

Figura 4: Simulação em elementos finitos, realizada no programa ANSYS



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 5: Simulação em elementos finitos, realizada no programa ANSYS



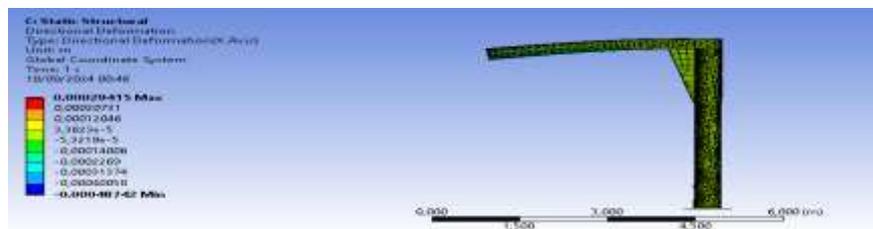
Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 6: Simulação em elementos finitos, realizada no programa ANSYS



Fonte: Autoria própria (2024)

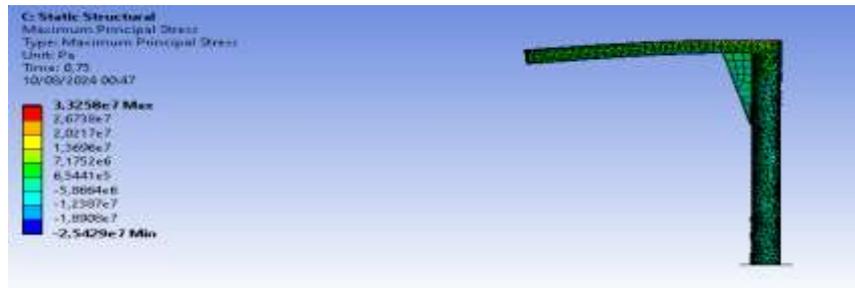
Figura 7: Simulação em elementos finitos, realizada no programa ANSYS



Fonte: Autoria própria (2024)



Figura 8: Simulação em elementos finitos, realizada no programa ANSYS



Fonte: Autoria própria (2024)

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas**. Rio de Janeiro – RJ, 1944. Disponível em: <file:///C:/Users/55249/Downloads/40750535-NBR-8400-Calculo-de-Equipamento-Para-Levantamento-e-Movimentacao-de-Carga.pdf>. Acesso em: 02 maio 2024.

FEVEREIRO, José Luiz. **Guindaste Giratório**. Rio de Janeiro – RJ: ASSESSOTEC – Assessoria Técnica de em Acionamentos. 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1xBIOAETgtuZL6z0EEk711tyn3s56lQgj/view>Acesso em: 05 jun. 2024.

GUINDASTE giratório com talha manual. **IW8**, 2020. Disponível em: <https://www.iw8.com.br/produto/guindaste-giratorio-com-talha-manual.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

A HISTÓRIA do Guindaste. **Work Cursos Treinamentos e Serviços Ltda**. São Mateus /ES, 2023. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-do-guindaste-empregos-work>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MICHELS, Ediun. **Projeto detalhado de uma máquina de elevação e transporte**. Trabalho Final de Curso (Graduação – Bacharelado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina Horizontina - RS, 2014. Disponível em: https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2012/Ediun_Michels_2014.pdf. Acesso em: 07 jul. 2024.

PAULA, Igno Gustavo de. Dimensionamento da estrutura de um guindaste para movimentação de pequenas cargas. 2021. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.. Acesso em: 12 jun. 2024.

GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA ELETRÓLISE

Lucas Alves Coelho do Nascimento¹
Luiz Antonio Alves de Paiva Lima²
Pedro de Oliveira Barbosa³
José Nilton Cantarino Gil⁴

RESUMO

A crescente demanda por fontes de energia limpa e renovável tem impulsionado a pesquisa sobre a produção de hidrogênio por meio da eletrólise da água. Este trabalho justifica a importância da eletrólise como uma solução viável para a geração de hidrogênio, um combustível que não emite carbono e pode ser utilizado em diversas aplicações energéticas. O objetivo principal é investigar o processo de eletrólise a partir da perspectiva da Engenharia Elétrica, focando na eficiência energética, nos parâmetros elétricos envolvidos e nas possíveis otimizações do sistema eletrolítico. A metodologia envolve uma revisão bibliográfica, e experiências que já foram aplicadas o processo de eletrólise, desde modo, podemos analisar a eficiência energética e os componentes do sistema elétrico. Dito isso, podemos concluir que a geração de hidrogênio por eletrólise, pode ser economicamente viável, de acordo com a demanda do mesmo e sua aplicação.

Palavras-Chave: Eletrólise, Hidrogênio, Eficiência Energética.

1 INTRODUÇÃO

A busca por alternativas sustentáveis para a geração de energia tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada pelas mudanças climáticas e pela necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. O hidrogênio, considerado um vetor energético limpo, pode ser produzido de várias formas, sendo a eletrólise da água uma das mais promissoras. A eletrólise utiliza eletricidade para separar as moléculas de água em hidrogênio e oxigênio, sem emitir gases de efeito estufa como o CO por exemplo. Este trabalho tem como objetivo explorar as potencialidades da eletrólise na produção de hidrogênio como uma fonte de energia verde, analisando os aspectos teóricos e práticos desse processo sob a ótica da Engenharia Elétrica. Serão abordados tanto os princípios elétricos envolvidos como

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: lucasalves.bm@hotmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: luizantonio9244@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: pedro.ob.123@hotmail.com

⁴ Professor do Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: jnilton@ubm.br

também aplicações deste mesmo processo que vem dando resultados significativos, também serão levados em conta os desafios tecnológicos no controle e otimização do sistema elétrico, e as formas de melhorar a eficiência energética do processo.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho combina uma abordagem teórica e experimental e prática, focada na análise elétrica do processo de eletrólise. Primeiramente, será realizada uma revisão bibliográfica abrangente sobre os princípios da eletrólise e as tecnologias elétricas aplicadas na produção de hidrogênio. Em seguida, serão avaliadas as aplicações deste processo em campo para avaliar a eficiência do processo de eletrólise em diferentes condições operacionais, incluindo a análise de parâmetros elétricos como tensão, corrente e resistência dos eletrodos. Por fim, a partir dos resultados encontrados na aplicação desse processo em campo, será avaliado junto à literatura para validar as conclusões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados preliminares indicam que a eficiência da eletrólise pode ser significativamente influenciada pelas condições operacionais, como a tensão aplicada e o tipo de eletrodo utilizado, outros fatores também podem influenciar, como a condutividade da água, o processo que será aplicado, funcionamento, demanda, etc. A análise dos parâmetros elétricos sugere que ajustes na configuração dos circuitos podem levar a uma melhoria na eficiência energética do processo. A discussão também aborda as possíveis melhorias tecnológicas que poderiam aumentar a eficiência elétrica do sistema e reduzir os custos operacionais, tornando a eletrólise uma opção mais competitiva no mercado.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a eletrólise é uma alternativa promissora para a produção de hidrogênio como fonte de energia verde. No entanto, para que essa tecnologia se torne competitiva em larga escala, são necessárias melhorias nos sistemas elétricos utilizados no processo, além de avanços na eficiência energética e na redução de custos. A integração com fontes de energia renovável e a otimização dos circuitos

elétricos são cruciais para a viabilização da eletrólise como uma solução sustentável a longo prazo.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos guiar em nossa jornada até aqui. Às nossas famílias, pelo apoio incondicional, e à Universidade de Barra Mansa (UBM), pela estrutura e suporte oferecidos, essenciais para nosso desenvolvimento acadêmico e pessoal, tornando possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CONSONI, F. L.; MARTINS, M. E. S. Eletrólise da água para produção de hidrogênio: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Energia Renovável**, v.3, n.1, p. 45-58, 2009.

FERREIRA, A. C.; NASCIMENTO, R. F. produção de Hidrogênio por Eletrólise da Água: Análise do Consumo Energético. **Energia na Agricultura**, v.27, n.1, p.34-41, 2012. DOI:10.17224/EnergAgric.2012v27n1p34-41.

GARCIA, R. E. Avaliação da viabilidade econômica da produção de hidrogênio por eletrólise em pequenas escalas. **Revista de Engenharia Térmica**, v.9, n.2, p.56-63, 2010.

SANTOS, D. M. F.; SEQUEIRA, C. A. C. Hidrogênio: Produção e Armazenamento. **Química Nova**, v. 37, n.5, p.853-860. DOI:10.5935/0100-4042.20140095, 2014.

ZANETTE, A. F.; ALVES, H. C. S. Aspectos Teóricos e práticos da eletrólise da água para produção de hidrogênio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.37, n.4, p. 4507, 2015. DOI:10.1590/S1806-11172015000400007.

Débora Cristina Anastacio Carminati¹
Lucas de Paulo do Carmo²
Maria Eduarda Delgado de Oliveira³
Nathan Bernardino Amâncio⁴
Dener Martins dos Santos⁵

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise sobre a aplicação da automação no processo de gerenciamento de produtos. A metodologia utilizada explora a importância da automação e modelagem de sistemas logísticos e seu impacto na eficiência operacional das empresas. Ao longo dos últimos anos com o avanço da tecnologia, a automação tem se tornado uma ferramenta essencial na gestão logística, proporcionando melhorias significativas em termos de precisão, velocidade e redução de custos. Os resultados indicaram que com a aplicação do sistema de logística automatizado evidenciou melhorias na precisão e na velocidade das operações de cadastro e controle de produtos, a capacidade de fornecer *feedback* instantâneo que contribuiu para uma melhor tomada de decisões.

Palavras-Chave: Eficiência operacional, Gerenciamento de produtos e redução de custos.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the application of automation in the product management process. The methodology used explores the importance of automation and modeling of logistics systems and their impact on companies' operational efficiency. Over the past few years, with the advancement of technology, automation has become an essential tool in logistics management, providing significant improvements in terms of precision, speed and cost reduction. The results indicated that the application of the automated logistics system showed improvements in the accuracy and speed of product registration and control operations, the ability to provide instant feedback that contributed to better decision making.

Keywords: Operational efficiency. Product management and cost reduction.

¹ Acadêmica – Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: debora.carminati@graduacao.ubm

² Acadêmico – Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: lucas.carmo@graduacao.ubm.br

³ Acadêmica – Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: maria.20201001420@graduacao.ubm.br

⁴ Acadêmico – Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: nathan.bernardino@graduacao.ubm.br

⁵ Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br



1 INTRODUÇÃO

É definido como automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano ou auxilia, a modelagem de sistemas tem agredado e agindo de maneira em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, desta forma melhorando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços (Mendes, 2002) e como um conceito e conjunto de técnicas, a automação envolve a criação de ativos que operam com ótima eficiência por meio do uso de informações do ambiente em que atuam, segundo (Mendes, 2002), a automação também pode ser vista como uma tecnologia na qual os processos são completados com a participação humana, ou ainda, como um conjunto de técnicas que constroem estruturas operadas por um programa de instruções e um sistema de controle que executa essas instruções, incluindo elementos como energia para realizar os processos e operar o sistema e especificamente no gerenciamento de produtos, a produção automatizadas desempenha funções cruciais como processamento, montagem, inspeção e gerenciamento de materiais, sendo classificados como automatizados devido à execução de suas operações com um nível reduzido de intervenção humana em comparação ao processo manual (Groover, 2011), a automação desempenha um papel vital na sobrevivência das indústrias ao melhorar os processos produtivos e possibilitar a competição no mercado globalizado e no contexto um sistema de gerenciamento de produtos automatizado é essencial para organizações que buscam no caso aperfeiçoar suas operações de armazenamento, de fato, a implementação deste sistema pode oferecer um diferencial competitivo significativo, trazendo benefícios como aumento da eficiência, melhoria na análise de dados para tomadas de decisão mais precisas, redução de custos e na eficiência logística.

2 DESENVOLVIMENTO

Na área engenharia de produção, o design do sistema de automação para gerenciamento de produtos foi planejado para trazer a ideia de otimização de processos operacionais e melhoria de eficiência, de acordo com os princípios de design sistemático, a interface foi desenvolvida para ser intuitiva, permitindo que operadores com variados níveis de habilidade técnica possam gerenciar informações de produtos com facilidade (Guarnieri, 2006). HTML, CSS e JavaScript foram empregados não apenas para criar uma interface responsiva e acessível fazendo uma relação com a



modelagem de sistemas, mas também para assegurar que a solução fosse adaptável a diferentes ambientes operacionais e a implementação de feedback instantâneo através do JavaScript, faz com que as interações dinâmicas sem recarregar a página traga redução de gargalo, é um exemplo notável de como as técnicas modernas de engenharia podem ser aplicadas para reduzir o tempo de ciclo das operações e aumentar a produtividade e esta abordagem demonstra a importância de adaptar as interfaces de usuário de acordo com as necessidades operacionais, garantindo assim maior eficácia e eficiência nos processos produtivos.

2.1 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do sistema foi um exercício prático em engenharia de produção, focando na otimização de processos e na minimização de desperdícios, o uso do Node.js no backend e o Visual Studio Code facilitou a abertura de um servidor e os elementos cruciais para a manutenção da integridade dos dados e a realização de operações em tempo real, durante a implementação, desafios típicos de engenharia, como a integração de diferentes tecnologias e a garantia de escalabilidade do sistema, de acordo com (FARIA, 2022), a automação na soldagem, com o avanço da Indústria 4.0, possibilita um controle mais flexível e dinâmico dos processos, integrando tecnologias que permitem a adaptação e ajustes em tempo real, e no contexto de gerenciamento de produtos incluiu neste caso a adaptação contínua às necessidades operacionais, garantindo que o sistema final não apenas atendesse às expectativas iniciais, mas também fosse capaz de evoluir com as demandas futuras.

2.1.1 Ferramentas e Tecnologias – Visual Studio Code

A escolha do Visual Studio Code (VSCode) como ambiente de desenvolvimento desempenhou um papel crucial na eficácia do projeto, o VSCode é um editor de código fonte que suporta uma variedade de linguagens de programação e frameworks, o que o torna ideal para um projeto multidisciplinar como este. Suas funcionalidades, como destacamento de sintaxe, autocompletar código, e integração com mecanismo de controle de versão, facilitam significativamente o desenvolvimento e a manutenção do código e essa ferramenta permitiu uma abordagem mais organizada e eficiente, crucial para manter a integridade do projeto.

2.1.2 Modelagem de Sistemas e Otimização – Gerenciamento de Produtos

A Aba Gerenciamento de Produtos foi desenvolvida com um propósito de um design intuitivo e funcional, visando facilitar a interação dos operadores com o sistema, independentemente do seu nível técnico, apresentação das informações é feita de maneira intuitiva e a organização lógica dos elementos visuais são fundamentais para garantir que os usuários possam navegar e executar tarefas com eficiência. A figura 1 mostra a interface desenvolvida para a realização da automação de gerenciamento de produtos.

Figura 1: Interface desenvolvida para Gerenciamento de Produtos



Fonte: Autores.

De certa forma, modelagem do sistema inclui a integração de feedback instantâneo, que é evidenciada pelo botão "Adicionar Novo Produto" e este botão aciona uma função JavaScript que permite a interação imediata com o servidor backend, eliminando a necessidade de recarregar a página e esta característica é crucial para otimizar o tempo de resposta e melhorar a experiência do usuário, a capacidade de fornecer feedback instantâneo é um exemplo de como a modelagem pode melhorar a eficiência operacional em aplicações de gerenciamento de produtos.

A descrição "Cadastre e gerencie seus produtos de forma eficiente e define atributos, valores, estoque e organize por categorias." resume a funcionalidade essencial do sistema e esta mensagem comunica de forma clara ao usuário a capacidade do sistema de gerir dados de produtos de maneira organizada e eficiente, a eficiência operacional é um objetivo primário, e a interface exemplifica como sistemas bem modelados podem facilitar a gestão de informações complexas, promovendo uma melhor tomada de decisões e reduzindo a probabilidade de erros, Além disso, o uso de tecnologias web como HTML, CSS e JavaScript foi essencial para criar uma interface responsiva e acessível, assegurando que a solução seja sustentável e adaptável a diferentes ambientes operacionais, a implementação dessas tecnologias permite que o sistema se ajuste automaticamente a diferentes tamanhos de tela e dispositivos,

garantindo uma experiência consistente e eficiente para todos os usuários e esse foco na adaptabilidade e na facilidade de uso é um aspecto central da modelagem de sistemas, especialmente na engenharia de produção, onde a integração de novas tecnologias pode trazer melhorias significativas em termos de produtividade e qualidade.

A figura 2 apresenta mostra a interface de registro de produto do sistema de automação para gerenciamento de produtos, destacando o formulário utilizado para inserir novos itens no sistema e essa interface exemplifica uma aplicação prática dos princípios de design na engenharia de produção, com um foco específico na usabilidade e eficiência operacional, o formulário de registro de produto foi desenvolvido para ser simples e direto, facilitando a entrada de dados essenciais como nome do produto, descrição e quantidade, que buscam minimizar no caso a complexidade para o usuário final e maximizar a clareza e a funcionalidade e o uso de campos de entrada claramente rotulados e um botão de ação bem destacado garante que os usuários possam realizar o cadastro de novos produtos de maneira eficiente e sem erros.

Figura 2: Interface de Registro de Produto



Fonte: Autores

A modelagem do sistema inclui a integração de feedback instantâneo, permitindo que as interações com o servidor backend ocorram sem a necessidade de recarregar a página e esta característica é fundamental para a otimização do tempo de resposta e para proporcionar uma experiência de usuário contínua e agradável, quando o usuário



preenche o formulário e clica no botão "Cadastrar Produto", uma requisição é enviada ao servidor para processar os dados, e a resposta é manipulada em tempo real, atualizando a interface conforme necessário e a implementação desta interface reflete a importância da eficiência operacional na engenharia de produção, no caso o design intuitivo permite que operadores de diferentes níveis técnicos possam gerenciar informações de produtos com facilidade, reduzindo a curva de aprendizado e aumentando a produtividade, além disso, a capacidade de registrar produtos de forma rápida irá contribuir para a melhoria geral dos processos de gestão de estoque. A figura 3 apresenta dos produtos disponíveis.

Figura 3: Interface de produtos disponíveis



Fonte: Autores

A Aba "Produtos Disponíveis", figura 3, do sistema de gerenciamento de produtos, é um exemplo de como um sistema bem modelado pode facilitar a visualização e o gerenciamento eficiente de produtos, a interface foi desenvolvida com foco na clareza e na facilidade de uso e cada produto listado exibe informações essenciais como nome, descrição, quantidade e status, organizadas de maneira clara e acessível e este design segue os princípios da engenharia de produção, que enfatizam a importância de interfaces intuitivas para reduzir a curva de aprendizado e aumentar a eficiência operacional e o uso de cartões para cada produto permite uma visualização rápida e fácil das informações, esta abordagem visual facilita a identificação, a comparação de produtos, melhorando a tomada de decisões e a gestão, além disso a disposição das informações de maneira estruturada e visualmente agradável é um exemplo de como a



modelagem de sistemas pode ser aplicada para criar ferramentas eficazes que atendem às necessidades dos usuários e a integração de feedback instantâneo é outra característica importante desta interface, quando um produto é cadastrado ou atualizado, as informações são imediatamente refletidas na lista de produtos disponíveis e este feedback em tempo real é crucial para manter a precisão dos dados e a confiabilidade do sistema, aspectos essenciais na gestão de produtos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final é evidente que um sistema automatizado para o gerenciamento de produtos representa um avanço significativo no campo da engenharia de produção e demonstrou como a automação e a modelagem de sistemas ajuda na otimização de processos, fazendo reduzir erros humanos e aumentar a eficiência geral do gerenciamento, Através do desenvolvimento de uma interface intuitiva e responsiva, utilizando tecnologias de programação como HTML, Java Script e CSS, foi possível criar uma solução prática e eficaz que atende às necessidades dos operadores de diferentes níveis técnicos.

De certa maneira os resultados com a aplicação deste sistema de logística automatizado evidencia melhorias na precisão e na velocidade das operações de cadastro e controle de produtos, a capacidade de fornecer feedback instantâneo faz com que seja ainda mais eficiente e a visualização clara das informações de produtos contribuíram para uma melhor tomada de decisões e gestão, além de uma facilitação da interpretação no geral, de acordo com (Muna, 2023) a automação de forma geral representa um aumento em média de 20% de eficiência geral do gerenciamento de produtos dentro de uma organização.

Ademais, a escolha de ferramentas e tecnologias como HTML, CSS, JavaScript e o ambiente de desenvolvimento Visual Studio Code (VSCode) foram cruciais para o sucesso do projeto e este trabalho reforça a importância da integração de tecnologias de automação na engenharia de produção em geral quando se visa a otimização de processos, porém não apenas como uma forma de melhorar processos, mas também como um meio de alcançar vantagens competitivas em um mercado cada vez mais globalizado e disputado.

REFERÊNCIAS

FARIA, I. C. S.; FILLETI, R. A. P.; HELLENO, A. L.. Evolução dos processos de



automação em células de soldagem: uma revisão da literatura. **Soldagem & Inspeção**, v. 27, p. e2704, 2022.

FERNANDES, F. C. F.; LEITE, R. B.. Automação industrial e sistemas informatizados de gestão da produção em fundições de mercado. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 3, p. 313–344, dez. 2002.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2011.

GUARNIERI, P. *et al.* WMS -Warehouse management system: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa. **Production**, v. 16, n. 1, p. 126–139, jan. 2006.

MENDES, R. S.. Engenharia de automação industrial. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 13, n. 1, p. 84–85, jan. 2002.

PENG, Yixuan; FAYAZ AHMAD, Sayed; IRSHAD, Muhammad; AL-RAZGAN, Muna; ALI, Yasser; AWWAD, Emad. (2023). Impact of digitalization on process optimization and decision-making towards sustainability: the moderating role of environmental regulation. **Sustainability**, v. 15. N.15156.

Fábio de Souza¹
Diogo Santos²
Débora Carminatti³
Maria Eduarda Delgado⁴

RESUMO

Inovar agressivamente em um produto já consolidado é um jogo de alto risco e alta recompensa. Empresas que conseguem executar essa estratégia com sucesso podem não apenas manter sua relevância no mercado, mas também expandir significativamente sua influência e base de clientes.

Palavras-Chave: Inovar. Mercado.

1 INTRODUÇÃO

A inovação agressiva e tecnológica pode redefinir o mercado, criar padrões de consumo, e fortalecer a posição da empresa como líder em seu setor. No entanto, essa abordagem requer uma compreensão profunda do mercado, uma visão clara do futuro, e a coragem de assumir riscos calculados.

O G-Shock da Casio é um dos relógios mais icônicos e duradouros do mercado, conhecido por sua extrema resistência e design robusto. O desenvolvimento desse relógio foi impulsionado pela visão inovadora de Kikuo Ibe, um engenheiro da Casio que liderou o projeto. A criação do G-Shock não foi apenas um avanço tecnológico, mas também um marco na inovação de produtos de consumo duráveis.

Nos anos 1980, a maioria dos relógios de pulso eram considerados delicados e frágeis. No entanto, Kikuo Ibe tinha a ambição de criar um relógio que fosse praticamente indestrutível. A inspiração veio de uma experiência pessoal quando ele acidentalmente deixou cair o relógio que seu pai havia lhe dado, quebrando-o no

¹ Docente –Curso de Engenharia de Produção– Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fabio.souza@ubm.br

² Discente– Curso Engenharia de Produção– Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: diogo.20121000380@graduacao.ubm.br

³ Discente - Curso Engenharia de Produção – Centro Universitário de Barra Mansa- RJ - E-mail: Debora.carminati@graduacao.ubm.

⁴ Discente– Curso Engenharia de Produção- Centro Universitário de Barra Mansa- RJ - E-mail: maria.20201001420@graduacao.ubm.br

processo. Determinado a criar um relógio que pudesse suportar quedas e impactos significativos, Kikuo Ibe iniciou o projeto que eventualmente se tornaria o G-Shock.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada por Ibe Kikuo e sua equipe foi caracterizada por uma abordagem empírica e iterativa. O processo envolveu inúmeras tentativas e erros, onde mais de 200 protótipos foram desenvolvidos e testados ao longo de dois anos. Cada protótipo era submetido a testes extremos, incluindo quedas de grandes alturas, submersão em água, e exposição a vibrações intensas. Abaixo a imagem do primeiro protótipo.

Imagem: Primeiro protótipo



Fonte: Marcela Duarte

A equipe de desenvolvimento adotou um conceito de "triple 10", estabelecendo três objetivos principais: resistência a quedas de até 10 metros, resistência à pressão da água até 10 bar, e uma bateria com duração de pelo menos 10 anos. Para alcançar esses objetivos, Ibe Kikou e sua equipe inovaram com a estrutura interna e externa do relógio. Eles utilizaram um design de múltiplas camadas, onde o módulo do relógio (o mecanismo interno) flutuava dentro de uma estrutura de uretano, que absorvia choques e protegia os componentes sensíveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lançamento Inicial (1983): O G-Shock foi lançado como um produto de nicho voltado para profissionais que precisavam de um relógio resistente. As vendas iniciais foram modestas, com o produto sendo mais popular entre operários, bombeiros e policiais. Abaixo a foto o modelo original.

Modelo original



Fonte: Casio G-Shock

O crescimento Inicial (1984-1986): À medida que mais pessoas descobriram a durabilidade e as funcionalidades únicas do G-Shock, as vendas começaram a crescer gradualmente. A Casio promoveu o relógio com campanhas publicitárias que demonstravam sua resistência, aumentando a conscientização e atraindo novos consumidores.

Explosão de Popularidade (1987-1989): Durante o final dos anos 1980, o G-Shock ganhou popularidade entre jovens e atletas, impulsionado por uma estratégia de marketing que destacava seu design robusto e estilo urbano. Isso resultou em um aumento significativo nas vendas, particularmente no Japão e nos Estados Unidos.

Em 1989, a Casio alcançou a marca de um milhão de unidades vendidas, o que solidificou o G-Shock como um sucesso global.

Diversificação de Modelos (1990-1995): A Casio começou a lançar várias versões do G-Shock, incluindo modelos com novas funcionalidades, como sensores de temperatura e bússola, além de designs mais voltados para moda. Isso atraiu um público ainda mais amplo e impulsionou ainda mais as vendas.

Crescimento Global (1995-2000): A popularidade do G-Shock se expandiu globalmente, com a marca se tornando um ícone de cultura popular em vários países. As vendas anuais continuaram a crescer, e o G-Shock se tornou um dos relógios mais vendidos no mundo.

Lançamento de Novas Tecnologias (2000-2005): Durante esse período, a Casio introduziu novos modelos G-Shock com funcionalidades como energia solar, sincronização por rádio e conectividade Bluetooth, mantendo a relevância do produto no mercado. Essas inovações tecnológicas continuaram a impulsionar as vendas.

Crescimento Sustentado (2005-2010): As vendas do G-Shock se mantiveram fortes, com o produto alcançando novos marcos de popularidade em mercados emergentes, como China e Índia.

Adaptação ao Mercado Digital (2010-2015): O G-Shock continuou a evoluir com a introdução de modelos com conectividade a smartphones e outras tecnologias digitais. A linha G-Shock começou a atrair um público mais jovem, interessado em dispositivos wearables, além de manter sua base de fãs tradicional.

Sucesso Contínuo e Edições Especiais (2015-presente): A Casio lançou várias edições limitadas e colaborações especiais, o que manteve o G-Shock relevante e desejado por colecionadores e entusiastas. Em 2017, a Casio celebrou a venda de 100 milhões de unidades do G-Shock, destacando o sucesso contínuo da marca. Vejamos na figura 1 abaixo:

Figura 1: Linha do tempo da inovação



Fonte: Autores.

Fonte: Autores

4 CONCLUSÃO

O lançamento do G-Shock em 1983 revolucionou a indústria relojoeira. Inicialmente projetado para trabalhadores e profissionais que precisavam de um relógio robusto, o G-Shock rapidamente ganhou popularidade em diversos grupos, desde atletas a militares, e até se tornou um ícone da moda. O sucesso do G-Shock não só solidificou a Casio como uma marca inovadora, mas também estabeleceu novos padrões para a durabilidade e funcionalidade em relógios de pulso.

Em termos de inovação, o G-Shock é um exemplo clássico de como uma ideia radical pode transformar uma indústria. A abordagem de Kikuo Ibe, que combinou persistência, experimentação e uma visão clara do que queria alcançar, resultou em um produto que continua a ser um best-seller global décadas após seu lançamento.

5 AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu sincero agradecimento por sua dedicação e empenho ao longo da disciplina de Inovação e Sustentabilidade. As aulas foram extremamente enriquecedoras e proporcionaram uma nova perspectiva sobre como as práticas inovadoras podem ser aliadas poderosas na promoção da inovação em diversos setores.

REFERÊNCIAS

HARNEK, Matt. **A man & his watch**: iconic watches and stories from the men who wore them. Nova York: Workman Publishing, 2017.

ADAMS, Ariel. **G- shock**. Nova York: Rizzoli International Publications, 2023

DUARTE, Marcella. G-Shock: relógio 'inquebrável' faz 40 anos; o que há por trás do sucesso? **UOL**, 30 nov. 2023. Disponível em: <https://www.uol.com.br/guia-de-compras/ultimas-noticias/2023/11/30/g-shock-relogio-inquebravel-faz-40-anos-com-modelos-para-todos-os-gostos.htm>. Acesso em: 31 ago. 2024.



LIXEIRA COMPACTADORA

COMPACTOR TRASH CAN

Fernando da Silva Santos¹
Gabriel Braz²
Jonathas de Souza³
Laura Braga⁴
Mariana de Paula⁵
Thays Cardoso⁶
Vitor Roger⁷

RESUMO

Este projeto tem como objetivo apresentar uma lixeira compactadora de lixo, visando otimizar o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Com o aumento da população e do consumo, a produção de lixo tem crescido exponencialmente, sobrecarregando os sistemas tradicionais de coleta e tratamento e agravando os problemas ambientais. A compactação de resíduos é uma alternativa eficiente para reduzir o volume do lixo, diminuindo a necessidade de frequentes coletas e otimizando o uso de aterros sanitários.

Palavras-chave: Lixeira compactadora. Ambiente. Reduzir o volume de lixo.

ABSTRACT

This project aims to present a trash compactor bin, seeking to optimize the management of urban solid waste. With the increase in population and consumption, waste production has grown exponentially, overloading traditional collection and treatment systems and aggravating environmental problems. Waste compaction is an efficient alternative to reduce the volume of waste, decreasing the need for frequent collections and optimizing the use of landfills.

Keywords: trash compactor bin, environment, waste volume reduction.

1 INTRODUÇÃO

O crescente volume de resíduos sólidos urbanos tem se tornado um desafio

¹ Docente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

³ Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

⁴ Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

⁵ Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

⁶ Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

⁷ Discente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br



significativo para as cidades modernas, exigindo soluções inovadoras para gerenciamento e descarte sustentável. Com o aumento da população e o consequente consumo de bens, a produção de lixo atinge níveis alarmantes, sobrecarregando os sistemas de coleta e tratamento e agravando os problemas ambientais.

Dentro desse contexto, a compactação de resíduos surge como uma alternativa eficaz para reduzir o volume do lixo, otimizando o espaço nos aterros sanitários e diminuindo a frequência de coleta. A lixeira compactadora de lixo se apresenta como uma solução prática e eficiente, capaz de contribuir para a gestão adequada dos resíduos e minimizar os impactos ambientais.

Este projeto tem como objetivo apresentar uma lixeira compactadora de lixo, explorando seu funcionamento, eficiência e benefícios em comparação com as lixeiras convencionais. A proposta é apresentar um equipamento que, além de reduzir o volume dos resíduos, seja fácil de operar, promovendo a conscientização e a participação ativa da população na gestão sustentável do lixo.

A introdução de tecnologias como a lixeira compactadora de lixo pode revolucionar a forma como lidamos com os resíduos sólidos urbanos, oferecendo uma abordagem mais sustentável e econômica. Este estudo buscará analisar as vantagens dessa inovação, abordando aspectos ambientais em diferentes cenários urbanos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Mostrar a eficiência de uma lixeira compactadora de lixo como uma solução inovadora para otimizar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, reduzindo o volume dos resíduos, diminuindo a frequência de coletas e promovendo o uso sustentável de aterros sanitários.

1.1.2 Objetivo específico

Investigar os benefícios ambientais proporcionados pela compactação de resíduos, incluindo a otimização do uso de aterros sanitários.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) é um desafio crescente



nas sociedades modernas. Segundo o relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a produção de resíduos sólidos no Brasil tem aumentado anualmente, pressionando os sistemas tradicionais de coleta e tratamento e exacerbando problemas ambientais como a contaminação do solo e da água, além da emissão de gases de efeito estufa (Abrelpe, 2020).

2.1.1 Problemas Associados ao Acúmulo de Resíduos

O acúmulo inadequado de resíduos sólidos resulta em problemas significativos. A poluição ambiental, a proliferação de vetores de doenças e o uso extensivo de aterros sanitários são algumas das consequências negativas.

De acordo com o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), os aterros sanitários são responsáveis por uma grande parte das emissões de metano, um potente gás de efeito estufa (Pnuma, 2019).

2.1.2 Tecnologias de Compactação de Resíduos

A compactação de resíduos é uma técnica eficaz para reduzir o volume do lixo, facilitando o transporte e otimizando o uso de aterros sanitários. Estudos mostram que a compactação pode reduzir o volume dos resíduos em até 75%, dependendo do tipo de material (Zhu *et al.*, 2019). Isso é feito aplicando força para diminuir os espaços entre os materiais, resultando em uma massa mais densa.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE LIXEIRA COMPACTADORA

O desenvolvimento de um protótipo de lixeira compactadora envolve várias etapas, desde o planejamento e design até a construção e testes. Esta seção detalha o processo de criação do protótipo, abordando os materiais utilizados, o design mecânico, o sistema de controle e os testes de desempenho.

O primeiro passo no desenvolvimento do protótipo é definir os requisitos do projeto. Esses requisitos incluem:

Capacidade de compactação: Reduzir o volume de resíduos em pelo menos 50%.

Facilidade de uso: Operação simples e segura para os usuários.

Durabilidade: Materiais resistentes para suportar o uso diário.

Eficiência energética: Consumo mínimo de energia durante a operação.



Mas como fizemos esse trabalho sem apoio ou recurso financeiro, fizemos o protótipo dessa lixeira de madeira para sua estrutura, uma seringa e tampa de um balde como o pistão de pensamento do produto, e a forma que encontramos de fazer o funcionamento da esteira foram por meio hidráulico, utilizando a própria seringa interna do pistão ligado com uma seringa externa servindo como botão de acionamento da prensa.

3.1.1. Protótipo criado

Figura 1 - Lixeira compactadora



Fonte: Autores (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA LIXEIRA COMPACTADORA

Redução Significativa do Volume de Resíduos

Um dos principais resultados da utilização de uma lixeira compactadora é a redução significativa no volume dos resíduos sólidos. Estudos mostram que a compactação pode reduzir o volume do lixo em até 70%, dependendo do tipo de material compactado (Smith *et al.*, 2017). Isso significa que a mesma quantidade de lixo ocupará menos espaço, facilitando o armazenamento e o transporte.

4.2 OTIMIZAÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS

Com a redução do volume dos resíduos, a frequência das coletas pode ser diminuída, resultando em economia de combustível e menor desgaste dos veículos



de coleta. Por exemplo, uma redução de 50% no volume dos resíduos pode potencialmente diminuir pela metade a frequência das coletas necessárias (Brown; Taylor, 2019). Isso não só reduz os custos operacionais, mas também contribui para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa.

4.3 ECONOMIA DE ESPAÇO EM ATERROS SANITÁRIOS

A compactação dos resíduos contribui para uma utilização mais eficiente dos aterros sanitários. Resíduos compactados ocupam menos espaço, prolongando a vida útil dos aterros e retardando a necessidade de encontrar novos locais para disposição de resíduos. Estudos indicam que a compactação pode aumentar a capacidade efetiva de um aterro em até 30% (Garcia; Lopez, 2015).

4.4 REDUÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE E OPERAÇÃO

A diminuição da frequência de coletas e a compactação do lixo resultam em uma redução nos custos de transporte e operação. Menos viagens dos caminhões de lixo significam menor consumo de combustível, menores despesas de manutenção dos veículos e menor necessidade de mão de obra. Segundo Johnson *et al.* (2016), a implementação de lixeiras compactadoras pode reduzir os custos operacionais em até 25%.

4.5 IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO

Ao diminuir a quantidade de viagens necessárias para a coleta de lixo e otimizar o uso dos aterros, as lixeiras compactadoras ajudam a reduzir a pegada de carbono associada ao gerenciamento de resíduos. Menos veículos em operação significam menos emissões de gases de efeito estufa e uma contribuição positiva para a mitigação das mudanças climáticas.

4.6 MELHORIA NA HIGIENE E ESTÉTICA URBANA

A compactação dos resíduos dentro das lixeiras ajuda a manter as áreas urbanas mais limpas e organizadas. A redução do volume de lixo e a menor frequência de coletas podem resultar em menos acúmulo de resíduos nas vias públicas, melhorando a higiene e a estética das áreas urbanas.



4.7 CONSCIENTIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO

A introdução de tecnologias inovadoras como as lixeiras compactadoras pode aumentar a conscientização da população sobre a importância do gerenciamento eficiente de resíduos. Além disso, pode incentivar a participação ativa dos cidadãos na separação e descarte correto dos resíduos, promovendo práticas mais sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lixeira compactadora traz diversos benefícios ao meio ambiente e financeira em curto e longo prazo, é inegável que o transporte do lixo e seu descarte pode vir a tornar um problema futuro com o crescimento da população, e a lixeira foi pensada para sanar esse problema.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020.

BROWN, L.; TAYLOR, J. The impact of compacting trash bins on urban waste management. **Journal of Urban Waste Management**, v.22, n.4, p.456-470, 2019.

GARCIA, H.; LOPEZ, M. Waste compaction and landfill optimization. **Environmental Science Journal**, v. 14, n.3, p. 289-305, 2015.

PNUMA. **Waste management and climate change**. United Nations Environment Programme, 2019.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
COM AVALIAÇÃO DE ESTUDO DE CASO

143

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES WITH CASE STUDY EVALUATION

Alberto Ferreira de Moraes¹
Helen Cristina Sá de Souza²
Vinícius Zancanelli Bôsko de Souza³

RESUMO

A área de Patologias na Construção civil é nomeada uma das áreas mais importantes a ser estudada, pois tem como uma particularidade garantir atuação e desempenho estrutural de cada estrutura, além disso também envolve a estética visual das construções, sabendo que a grande maioria das estruturas de concreto armado apresentam em algum momento de sua vida útil problemas relacionados a manutenção, execução e erros de projetos. Este trabalho tem como principal objetivo analisar e avaliar de forma correta as principais manifestações patológicas no concreto armado, realizando um estudo de caso para identificação de manifestações patológicas e suas correções.

Palavras-Chave: Patologias. Concreto armado. Recuperação de estrutura,. Manifestações patológicas

ABSTRACT

The area of Pathologies in Civil Construction is named one of the most important areas to be studied, as its particularity is to guarantee the performance and structural performance of each structure, in addition it also involves the visual aesthetics of constructions, knowing that the vast majority of construction structures Reinforced concrete presents, at some point in its useful life, problems related to maintenance, execution and project errors. This work's main objective is to correctly analyze and evaluate the main pathological manifestations in reinforced concrete, carrying out a case study to identify pathological manifestations and their corrections.

Keywords: Pathologies. Reinforced concrete. Structuralr. Pathological manifestations.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil é uma área que no decorrer dos anos, vem potencializando

¹ Acadêmico - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmico - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Docente Mestre - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.



diversos tipos de construções, técnicas e uso de determinados materiais a partir do aprendizado absorvido da história da engenharia.

Mesmo com de todo o conhecimento que a natureza humana acumulou no decorrer dos anos e do notável desenvolvimento tecnológico da Engenharia, muitas estruturas ainda apresentam um baixo desempenho, por conta de fatores como erros de projeto, utilização de materiais inadequados, mão de obra pouco qualificada e o próprio envelhecimento natural, contribuindo em conjunto para a degradação dessas estruturas (Souza; Murta, 2012).

Nesse contexto, a Patologia do Concreto Armado é a ciência que estuda as causas, os mecanismos de ocorrência, as manifestações e as consequências de falhas nas construções civis, bem como os métodos e as técnicas de reparo. Desde a preparação do concreto armado, é preciso ter alguns cuidados para garantir sua vida útil e um desempenho satisfatório.

A maior parte dos fenômenos patológicos, como fissuras, corrosão da armadura, desagregação do concreto e eflorescência, resulta de falhas de execução e da falta de controle de qualidade, prejudicando a segurança e a durabilidade do empreendimento. Isso torna evidente a necessidade de evitar erros e assegurar uma obra livre de patologias (Santos, 2014).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

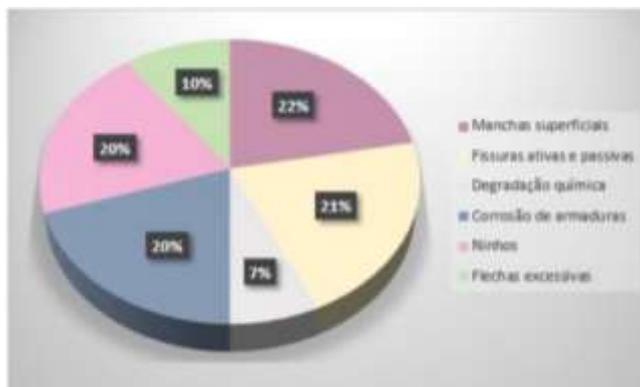
A presente pesquisa pode ser caracterizada como estudo de caso, dessa forma, o seu propósito é analisar propriedades e parâmetros característicos de um conjunto específico que possui atuação prática.

Com relação a abordagem, a pesquisa se determina como quantitativa e qualitativa, pois detalha os dados quantificados com relação a dados e informações que foram levantadas e qualitativo, através da realização da sua análise com o propósito de qualificar o conteúdo que foi levantado e obtido.

Assim a natureza da pesquisa, pode se afirmar que é aplicada, tendo em vista que a mesma gera conhecimentos para a realização prática a solução de problemas específicos.

2.1 PRINCIPAIS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Figura 01 – Principais manifestações patológicas



Fonte: Helene (1992)

Segundo ao IBGE em 2024, a população Brasileira chegou a 212,6 milhões de pessoas, diretamente isso indica que as construções e habitações cresceram consideravelmente para desta forma atender as demandas da população.

A análise especializada na área da construção civil indicam uma sequência de manifestações patológicas resultantes de fatores internos, externos, falhas de projeto e falta de preparo por parte dos profissionais que executam, como também os materiais usados, tudo isso possibilita o surgimento das irregularidades dentro do contexto das edificações (Santos, 2011).

Itens que devem ser considerados com manifestações patológicas e devem ser consideradas nos estudos de caso e avaliações em vistorias, sendo estes como: Infiltração que ocorre quando a estrutura não é bem impermeabilizada, devido a problemas com a hidráulica, caixas d'água e falhas de coberturas.

Os quais podem ocorrer por vários motivos, ocasionando danos estruturais e até mesmo podendo trazer diversos riscos à estrutura.

A carbonatação do concreto armado é um fenômeno químico e eletroquímico que pode comprometer a durabilidade e a integridade das estruturas de concreto.

É um dos principais mecanismos que levam à corrosão das armaduras de aço, resultando em problemas estruturais. a corrosão enfraquece as armaduras e pode levar a falhas estruturais significativas.

As eflorescências são evidências formadas por resíduos sais na estrutura, com a formação de manchas esbranquiçadas, em razão da água proveniente de infiltrações ou intempéries, muito comum em paredes.

Esses sais são seriamente danosos e agressivos, conseguem causar um grande estrago na estrutura e mudança no aspecto visual.

Os fatores diretamente ligados ao aparecimento das eflorescências são o teor de sais solúveis existentes nos materiais constituintes, a presença de água ou infiltrações e a pressão hidrostática, a qual possibilita a transferência dessa solução para a superfície (Souza, 2008).

As fissuras podem ter origem de causa interna ou externa, uma delas por ser a contração plástica, em que o volume é reduzido devido à alta taxa de perda de água em relação à taxa de água exsudada, causada pela rápida evaporação da água que está na superfície da mistura antes mesmo do endurecimento da massa de concreto, que é muito normal em áreas superficiais (Trindade, 2015).

Podemos verificar na tabela a seguir as informações utilizadas por Figura 1, acima.

2.2 ORIGENS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A origem das patologias está associada as fases da vida da estrutura em que ela se originou, e sua ocorrência é referente ao controle de qualidade que foi empregado nas determinadas etapas, capaz de ter origem em qualquer etapa do processo, de acordo com a Figura 2.

Figura 02 – Principais manifestações patológicas



Fonte: Helene (1992)



Como visto na Figura 2, as maiores causas de patologias originam-se nas fases de projeto e execução, desta forma são considerados mais graves, pois caso o erro ocorra no início como na fase de projeto, e seja dado continuidade das demais etapas maiores será os gastos, com perdas de materiais e gasto de mão de obra, e por tanto é de grande importância evitar erros, inclusive na fase de projeto, além dessas falhas de acordo com Souza e Ripper as causas e origens são divididas em três categorias.

Causas Intrínsecas é considerada a degradação inerente à estrutura, sendo assim relacionadas a fatores físicos, como componentes estruturais, falhas humanas e quantidade de concreto insuficiente durante a execução.

As causas extrínsecas não dependem do corpo estrutural, da composição, nem de falhas na execução.

Essas causas “podem ser denominadas como fatores que atacam as estruturas de fora para dentro, e durante o processo da concepção, execução ou da vida útil” (Sartori, 2008). E o processo de deterioração do Concreto armado em sua grande maioria é uma das consequências das causas intrínsecas e extrínsecas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser definida como estudo de caso, sua intenção é analisar características de um conjunto específico que possui atuação prática.

Relativamente, a pesquisa se determina como quantitativa e qualitativa, pois especifica os dados quantificados com relação a dados e informações que foram levantadas e qualitativo, através da realização da sua análise .

3.2 LOCAL E IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Será apresentando as principais manifestações patológicas encontradas na Ponte Elevado Castelo Branco, localizada sobre o Rio Paraíba do Sul, na sua margem esquerda no Belmonte – Volta Redonda, atravessando o leito ferroviário e a via Sergio Braga no bairro Ponte Alta, permitindo a ligação entre os dois lados da cidade.

Foi inaugurada no ano de 1976, sua extensão com acessos é de 600 metros,

com 14 metros de largura; compostos por 12 vãos (6 de 40 metros e 6 de 27 metros) e 96 vigas (60 de 40 metros e 36 de 27 metros).

O método construtivo utilizado na época foi pilares de concreto armado, vigas de concreto e bando de concreto armado, Figura 3.

Figura 03 – Foto da época da inauguração da ponte em 1976



Fonte : Jornal da época (1976)

Figura 04 – Foto da ponte nos dias atuais



Fonte: Autores, (2024)

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

Figuras 04 e 05 – Tampas de concretos danificadas



Fonte: Autores (2024)

Foi observado nas Figura 04 e 05 deterioração de tampas de concreto que estão instaladas no decorrer da passagem de pedestres da ponte.

As mesmas se encontram com as devidas armaduras amostra.

O ideal é que seja feita a substituição dessas peças e também a a limpeza ao redor.

Figuras 06 e 07 – Juntas de dilatação danificadas



Fonte: Autores (2024)

As Figuras 6 e 7 mostram a falta de manutenção em algumas juntas de dilatação, o que pode ocasionar diversos problemas. Essa manifestação pode ter sido causada por temperatura, deslocamentos devido a cargas externas, expansão,

encolhimento do concreto e elementos da estrutura.

A manutenção dessas juntas é de extrema importância, tal como a verificação da estanqueidade das juntas de dilatação para que a estrutura não seja submetida a infiltração de água em seus elementos, para que não esteja exposta uma provável corrosão nas armaduras e apoios.

Também foi identificados problemas no sistema de drenagem, como demonstrado nas Figuras 8 e 9, provavelmente ocasionado pela falta de limpeza dos ralos de escoamento, onde muitos se encontram entupidos e sem as devidas tampas, podendo ocasionar perigo a quem trafega no local, além de poças de água, o que causa um grande transtorno e pode gerar maiores problemas futuros em toda a estrutura da ponte.

É importante que faça uma inspeção em toda sistema de drenagem e limpeza de toda ponte, caso isso ainda não de resultados pode ser feito futuramente uma melhoria no sistema.

Figuras 08 e 09 – Ralos de escoamento entupidos



Fonte: Autores (2024)

E por fim foi identificados nas Figuras 10 e 11 rachaduras em uma das peças de apoio da ponte, não foi possível a análise para verificar se a danos estruturais ou se é apenas visual, pois para isso é necessário realizar outros testes, mas de qualquer forma é algo alarmante e precisa de verificação e manutenção de caráter urgente, esse tipo de manifestação pode ter ocorrido por desgastes do material, perda de resistência, uso inadequado, falta de manutenção ou manutenção inadequada.

Foi notado também a presença massiva e preocupante de mofo identificada em vários locais da estrutura, sugerem a presença elevadíssima e preocupante de umidade nos elementos internos, a qual propicia o crescimento e a proliferação dos fungos.

Por falha no sistema de drenagem da ponte, a infiltração de água provoca na armação processo de carbonatação e provocando degradação de forma acelerada da estrutura diminuindo sua vida útil e carga dinâmica da estrutura.

Figura 10 e 11 – Rachaduras em peça de apoio



Fonte: Autores (2024)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho realizou-se um estudo sobre as patologias que atingem as estruturas de concreto armado, analisando suas diversas causas e formas de manifestação de forma visual. A análise das figuras deixam evidente a necessidade de manutenção corretivas e ações preventivas para dar longevidade a e melhor vida útil para a construção, por se tratar de obras de arte espera-se que uma ponte tem durabilidade mínima de 50 anos.

Desta forma foi observado que a falta de manutenção ou a manutenção inadequada é um dos grandes problemas desta ponte, e é imprescindível a manutenção das estruturas o que possibilita manter o desempenho da mesma, a falta ou a demora das ações para a prevenção e a reparação de estruturas danificadas resultam em graves riscos, já que a desgaste estrutural é capaz de causar grandes



prejuízos tanto à estética, redução da vida útil além do risco à segurança devido à possibilidade de colapsos e acidentes com consequências sérias para os ocupantes e para quem utiliza a estrutura e também para sua vizinhança.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado.**, 3. ed. Rio Grande: Dunas, 2010.

ARIVABENE, Antonio Cesar. **Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso.** Monografia (MBA gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção) - Instituto de pós-graduação IPOG, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Estrutura de concreto armado.** São Paulo, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2014.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo.** 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher LTDA, 2004.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1988.

GUIMARÃES, A. T. C.; CASTAGNO JR., R.; HELENE, P. R. L. Intensidade de ataque de cloretos: considerações sobre a distância do concreto em relação à água do mar. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, São Paulo, n 3, p. 73-79, jun, 2003.

HELENE, Paulo R. do Lago. **Manual para reparo e proteção de estruturas de concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa da população em 2024.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 28 ago 2024.

SITTER, W. R. Cost for service optimization the Law of Fives. **Comite Euro International du Beton – CEB**, Copenhagen, Denmark, n. 152, p.131 - 134, 1983.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado.** 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia, UFSM, Santa Maria, 2015.



MELHORIA DE SAÍDA E ACESSO EMPRESA À VIA PÚBLICA

IMPROVING COMPANY EXIT Q ACCESS TO PUBLIC ROADS

Fernando da Silva Santos¹
Caiene do Nascimento²
Victor Pablo³

RESUMO

O Anderson Ferreira, vendedor de areia e pedra tem a garagem de seu caminhão localizada na Av. Beira Rio, bairro Vila Maria na cidade de Barra Mansa, além da garagem funciona ali a oficina dele, gerando movimento de entrada e saída de caminhões e carros. No local já ocorreram quase acidentes devido à falta de sinalização e visão da via/calçada para os motoristas ao sair da garagem.

Palavras-chave: Sinalização. Visão. Caminhões.

ABSTRACT

Anderson Ferreira, a sand and stone seller, has his truck garage located on Av. Beira Rio, Vila Maria neighborhood in the city of Barra Mansa, in addition to the garage, his workshop works there, generating movement of trucks and cars entering and leaving the garage. There have been near-accidents at the location due to the lack of signage and lack of visibility of the road/sidewalk for drivers when leaving the garage.

Keywords: Signaling. Vision. Trucks.

1 INTRODUÇÃO

Imagine uma rua movimentada, repleta de carros, pedestres e crianças indo para a escola. De repente, um caminhão surge, bloqueando a passagem e colocando em risco a vida de todos. Essa é a realidade cotidiana em diversas cidades, onde a entrada e saída de caminhões em depósitos e garagens localizados em áreas populosas se transforma em uma perigosa combinação.

Uma avaliação do CNT, em 2017, mostrava que 59,2% das vias brasileiras se

¹ Docente – Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Discente - Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: caienebm12@gmail.com

³ Discente - Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: victor.ferreira@graduacao.ubm.br



encontravam com falta ou deficiência de sinalização, combinada com o fluxo intenso de pessoas e veículos, é responsável por cerca de 10% dos acidentes de trânsito no Brasil.

Crianças desatentas, pedestres apressados e motoristas distraídos são alguns dos fatores desse problema. Algumas medidas devem ser tomadas para garantir a segurança de todos. A implementação de sinalização adequada, incluindo faixas de pedestres, placas de alerta e sinais audiovisuais, são fundamentais para orientar o trânsito e prevenir acidentes.

Além disso, a conscientização dos motoristas sobre a necessidade de dirigir com cautela e atenção redobrada em áreas urbanas é crucial. Campanhas educativas e treinamentos específicos podem contribuir para a mudança de comportamento e a construção de um ambiente mais seguro para todos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Evitar acidentes com pessoas e veículos.

1.1.2 Objetivo específico

Criar sinalização e alertas audiovisuais para entrada e saída de veículos da garagem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LEIS DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO NO BRASIL

No Brasil, as leis de sinalização de trânsito são regidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei nº 9.503, de 19 de setembro de 1997. O CTB estabelece as normas e procedimentos para a instalação, utilização e manutenção da sinalização de trânsito em todo o território nacional.

2.1.1 Objetivo da Sinalização de Trânsito

A sinalização de trânsito tem como objetivo principal ordenar o trânsito, prevenir acidentes e garantir a segurança de todos os usuários das vias públicas, sejam eles pedestres, ciclistas, motociclistas, motoristas ou passageiros.

2.1.2 TIPOS DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO

O CTB classifica a sinalização de trânsito em três tipos principais:

Sinalização Vertical: São placas fixadas em postes ou outros suportes ao lado ou acima das vias, com símbolos, legendas e cores específicas para indicar as normas de trânsito.

Figura 1 – Sinalização vertical



Fonte: Placas [...] (2024)

Sinalização Horizontal: São marcas pintadas no pavimento das vias, com símbolos, legendas e cores específicas para indicar as normas de trânsito.

Figura 2 – Sinalização horizontal



Fonte: Placas [...] (2024)

Sinalização Luminosa: São os semáforos, que utilizam luzes de cores diferentes (vermelho, amarelo e verde) para controlar o fluxo de veículos e pedestres.

Figura 3 – sinalização luminosa



Fonte: Placas [...] (2024)

2.1.3 Hierarquia da Sinalização de Trânsito

O CTB estabelece uma hierarquia para a sinalização de trânsito, que deve ser seguida por todos os usuários das vias públicas. A ordem de precedência é a seguinte:

1. Ordens do agente de trânsito: O agente de trânsito tem autoridade para regular o trânsito e suas ordens devem ser obedecidas por todos.



2. Sinalização luminosa: Os semáforos têm a segunda maior precedência na hierarquia da sinalização de trânsito.
3. Sinalização vertical: As placas de sinalização vertical têm a terceira maior precedência na hierarquia da sinalização de trânsito.
4. Sinalização horizontal: As marcas de sinalização horizontal têm a menor precedência na hierarquia da sinalização de trânsito.

2.1.4 Infrações à Sinalização de Trânsito

O descumprimento das normas de sinalização de trânsito é considerado infração e pode ser punido com multa, apreensão do veículo e até mesmo suspensão ou cassação da carteira de habilitação.

3 DESENVOLVIMENTO

O Anderson Ferreira, vendedor de areia e pedra tem a garagem de seu caminhão localizada na Av. Beira Rio, bairro Vila Maria na cidade de Barra Mansa, além da garagem funciona ali a oficina dele, gerando movimento de caminhões e carros entrando e saindo da garagem.

A rua onde está localizado a garagem tem um grande movimento de pessoas, sendo sua grande maioria de crianças devido à proximidade com uma escola.

Já foram registrados diversos quase acidentes envolvendo veículos e pessoas, pois não há sinalização de entrada/saída da garagem.

Após verificar as possibilidades, foi elaborado um projeto de instalação de um sistema automático de alarme audiovisual no qual alerte os pedestres da movimentação de veículos no local, assim como a instalação de dois espelhos convexos com 80 cm de diâmetro em ambos os lados da calçada a fim de facilitar a visualização dos motoristas ao saírem do depósito.

Tabela 1 – Lista de materiais

DESCRIÇÃO	QTDE	VALOR	TOTAL
Espelho 80cm Borr. Convexo	2	R\$ 452,98	R\$ 905,96
Sinalizador Garagem Entrada	2	R\$ 109,90	R\$ 219,80
Interruptor Sensor Presença	1	R\$ 38,90	R\$ 38,90
			R\$ 1.164,66

Fonte: Mercado Livre (2024)

Com essa ação mitigamos o perigo no local e garantimos uma maior segurança aos moradores, trazendo tranquilidade e uma melhor convivência entre a comunidade e o empreendedor.

Figura 4 – Entrada e saída da garagem



Fonte: Google Mapas (2024)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com um baixo investimento é possível reduzir os acidentes, aumentar a segurança dos moradores e do motorista assim retirando os pontos cegos, sinalizando saídas e entradas dos veículos pois não haverá perda de tempo em esperas para saída dos veículos ou parados devidos acidentes e mais atenção ao passar no local com sinalização sonora.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com isso concluímos que fica evidente a importância dos investimentos na



instalação da sinalização e espelhos na garagem, os pedestres e o motorista terão mais segurança na saída e entrada da garagem com sinalização sonora com isso haverá maior fluidez no trânsito aumentando a harmonia entre o empreendedor e a comunidade, tornando o trânsito mais seguro, é importante também orientar e conscientizar os motoristas e pedestres do seu papel na segurança do trânsito e com esses estímulos visuais promovem a segurança em geral.

REFERÊNCIAS

FALTA de sinalização é responsável por 10% dos acidentes de trânsito. **G1 Piauí**, 21 maio 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2013/05/falta-de-sinalizacao-e-responsavel-por-10-dos-acidentes-de-transito.html#>. Acesso em: 20 abr. 2024.

59,2% das rodovias brasileiras apresentam problemas de sinalização. **CNT**, 15 fev. 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/sem-saber-o-que-vem-pela-frente>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GOOGLE mapas. Disponível em: [_Maps.google.com.br_](https://maps.google.com.br/). Acesso em: 20 abr. 2024.

MERCADO LIVRE. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PACKS, Gregory. Sinais de trânsito: tudo que você precisa saber sobre o assunto. **DOK**, 25 jan. 2021. Disponível em: <https://www.despachantedok.com.br/blog/multas-de-transito/sinais-de-transito-que-todo-motorista-precisa-conhecer/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PLACAS de trânsito: tipos, cores, significados das placas e mais. **Zapay Blog**. Disponível em: <https://blog.usezapay.com.br/veiculo/placas-de-transito>, Acesso em: 20 abr. 2024.



MELHORIA NO BOMBEAMENTO DE LICOR AMONIAICAL PARA
RESFRIAMENTO DE GÁS DE COQUEIRA

Douglas Abreu¹
Jackes Braz²
Mateus Suldino³
José Nilton Cantarin GII⁴

RESUMO

Este trabalho propõe uma melhoria para resolver o problema de baixa pressão em um sistema de bombeamento de licor amoniacal, que opera com motores-bomba alimentados por fontes de energia de diferentes frequências. Atualmente, a planta utiliza duas alimentações de 60 Hz para os motores principais e uma alimentação de 50 Hz para um motor de emergência. A diferença de frequência resulta em menor pressão durante a operação de emergência. A proposta é instalar um inversor de frequência no motor de 250 cv que opera a 50 Hz, permitindo que funcione a 60 Hz, alinhando o desempenho aos dos motores principais. A implementação desta solução visa garantir a continuidade operacional e a eficiência do sistema de resfriamento de gás de coqueria, mantendo a pressão necessária mesmo em condições de emergência. A proposta é embasada em análises preliminares que indicam a viabilidade técnica e a compatibilidade do motor com a operação a 60 Hz.

Palavras-Chave: Motores-bomba. Inversor de frequência. Pressão. Resfriamento de gás de coqueria. Motores de indução trifásico

1 INTRODUÇÃO

Em sistemas industriais, a manutenção de pressões adequadas é essencial para a operação eficiente e segura de processos críticos, como o resfriamento de gás de coqueria por licor amoniacal. A planta em questão utiliza motores-bomba que operam com alimentações de energia de 60 Hz durante a operação normal e uma alimentação de 50 Hz para emergências. Esta diferença de frequência afeta o desempenho do sistema durante a operação de emergência, resultando em pressão insuficiente. A proposta deste trabalho é analisar a viabilidade de instalar um inversor de frequência no motor de emergência, que atualmente opera a 50 Hz, para aumentar a frequência para 60 Hz. A expectativa é que essa modificação alinhe o desempenho

¹ Discente –Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: d.abreuvr@gmail.com

² Discente –Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: jackez_jr2@hotmail.com

³ Discente –Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: mateussulddel@gmail.com

⁴ Professor - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: jnilton@ubm.br



do motor de emergência aos dos motores principais, assegurando a continuidade operacional e a eficiência do sistema de resfriamento. Este estudo justifica-se pela necessidade de garantir que, mesmo em condições de emergência, o sistema funcione de maneira confiável e eficiente, minimizando riscos operacionais.

2 METODOLOGIA

O presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da instalação de um inversor de frequência no motor de emergência de 250 cv, que atualmente opera a 50 Hz, para modificar sua operação para 60 Hz e, conseqüentemente, melhorar sua eficiência. O sistema atual de bombeamento é composto por três bombas, todas de 250 cv, sendo duas principais e uma de emergência. As bombas principais são alimentadas por uma rede de 60 Hz, enquanto a bomba de emergência, devido ao projeto original da planta, opera a 50 Hz. Essa diferença de frequência resulta em uma redução de pressão durante a operação de emergência.

Serão utilizados manuais de fabricantes de motores, artigos científicos, e livros técnicos como base teórica para o estudo. A revisão se concentrará em temas como a influência da frequência de alimentação na velocidade de motores elétricos e, conseqüentemente, na pressão gerada por bombas centrífugas. A relação teórica entre essas variáveis será exposta com o suporte de publicações acadêmicas reconhecidas.

Para prever o impacto da mudança de frequência no desempenho do sistema, serão realizados cálculos utilizando as leis de afinidade aplicáveis a bombas centrífugas. A pressão gerada pela bomba será calculada a partir da relação entre a velocidade e a pressão, a velocidade que por sua vez tem sua dependência com a frequência de alimentação dada pela seguinte equação retirada do manual da WEG para motores trifásicos: $N = \frac{60 \times f}{P}$, onde N é a velocidade do motor em RPM, f é a frequência em Hz, e P o número de polos do motor.

Além dos cálculos, serão realizadas simulações técnicas para verificar a compatibilidade dos componentes mecânicos e elétricos do motor e da bomba com a operação em 60 Hz. Também será conduzida uma análise econômica, considerando os custos associados à aquisição e instalação do inversor de frequência, bem como a



expectativa de retorno sobre o investimento, com base na melhoria da eficiência operacional e na redução de custos durante emergências.

Por fim, será elaborado um plano de implementação detalhado, que contemplará todas as etapas necessárias, desde a instalação do inversor de frequência até os testes de comissionamento e o monitoramento contínuo do sistema. Essa metodologia visa garantir que a proposta seja tecnicamente viável e economicamente justificável, permitindo que o sistema de bombeamento opere de forma eficiente e confiável, mesmo durante situações de emergência. O estudo será embasado em referências técnicas e experimentais, garantindo a precisão dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados esperados incluem um aumento na pressão do sistema de bombeamento ao operar o motor de emergência a 60 Hz, similar ao desempenho dos motores principais. A discussão abordará os benefícios operacionais da proposta, como a melhoria na continuidade e na confiabilidade do sistema durante situações de emergência. Serão também analisados os possíveis desafios, como o impacto na vida útil dos componentes e a necessidade de ajustes adicionais no sistema. Espera-se que a análise demonstre a viabilidade técnica e econômica da implementação do inversor de frequência, justificando a proposta como uma solução prática e eficaz para o problema de baixa pressão.

4 CONCLUSÃO

Dessa forma, o projeto de instalação do inversor de frequência na bomba de emergência se mostra tecnicamente viável, e mostra grande potencial para melhorar a eficiência operacional do motor. A análise realizada demonstrou que o aumento da frequência para 60 Hz alinha o desempenho da bomba de emergência ao das bombas principais, que operam a essa mesma frequência, resultando em um aumento significativo da pressão gerada.

Para o cálculo da diferença da velocidade do motor baseado na equação de velocidade síncrona do motor retirada do manual da WEG, temos:



$N_1 = \frac{60 \times 50}{P} = \frac{3000}{P} \text{ rpm}$ e $N_2 = \frac{60 \times 60}{P} = \frac{3600}{P} \text{ rpm}$, onde N_1 é a velocidade baseada na alimentação de 50hz e N_2 a velocidade de 60hz. A diferença mostra um aumento de 20% na velocidade do motor. Através das leis de semelhança para bombas centrífugas (Ceccato, 2023), obtemos:

$H_2 = H_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = H_1 \times \left(\frac{N_1 \times 1,20}{N_1}\right)^2 = 1,44 \times H_1$, onde H_1 é o valor de pressão inicial e H_2 o valor de pressão final. Dessa forma a instalação prevê um aumento de 44% na pressão gerada pela bomba de emergência.

Com base nas análises preliminares, a proposta é viável tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, oferecendo uma solução prática para melhorar a confiabilidade operacional da planta.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe técnica da planta pelo suporte na coleta de dados e na análise preliminar desta proposta de melhoria. Também reconhecemos a contribuição dos engenheiros responsáveis pela revisão das especificações técnicas e pela simulação do comportamento do sistema.

REFERÊNCIAS

CECCATO, Sérgio Roberto. **Verificação das leis de semelhança para bombas centrífugas radiais**. Escola Politécnica de São Paulo, 2023.

LIMA, Douglas da Silveira de *et al.* Rendimento de uma bomba centrífuga acionada em diferentes rotações. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Porto Alegre, 2013. **Anais [...]**. Porroto Alegre: ABRH, 2013.

WEG. **Guia de especificação de motores elétricos**. Jaraguá do Sul, 2023.



MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS DE ALTO RENDIMENTO

HIGH EFFICIENCY THREE-PHASE INDUCTION MOTORS

Carlos Henrique de Melo Alves¹
Sidney Souza do Carmo²
Jose Nilton Cantarino Gil³

RESUMO

Os motores de indução trifásicos de alto rendimento representam um avanço significativo na tecnologia de motores elétricos, trazendo consigo uma série de benefícios tanto para os consumidores quanto para o meio ambiente. O funcionamento dos motores de indução trifásicos baseia-se no princípio da indução eletromagnética, onde a rotação do rotor é induzida pela corrente alternada fornecida às bobinas do estator. O que diferencia os motores de alto rendimento dos modelos convencionais é a utilização de materiais mais avançados, melhores técnicas de design e aprimoramentos no controle eletrônico, tudo voltado para reduzir as perdas e aumentar a eficiência. A presente pesquisa tem como objetivo demonstrar as principais diferenças entre os motores de indução trifásicos convencionais e os de alto rendimento. Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica.

Palavras-Chave: Motores de Alto Rendimento. Motores Trifásicos. Motores Elétricos.

ABSTRACT

High-efficiency three-phase induction motors represent a significant advancement in electric motor technology, bringing with them a series of benefits for both consumers and the environment. The operation of three-phase induction motors is based on the principle of electromagnetic induction, where the rotation of the rotor is induced by the alternating current supplied to the stator coils. What differentiates high-performance engines from conventional models is the use of more advanced materials, better design techniques and improvements in electronic control, all aimed at reducing losses and increasing efficiency. The present research aims to demonstrate the main differences between conventional three-phase induction motors and high-efficiency ones. This study is a literature review.

Keywords: High Performance Engines. Three-Phase Motors. Electric motors.

1 INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda no campo industrial para aprimorar a eficiência

¹ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: carlos_henriquedemelo@hotmail.com

² Acadêmico - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: sidneysdocarmo@yahoo.com.br

³ Professor - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: jnilton@ubm.br



em relação a custos, funcionamento, automação, controle de velocidade, tamanho e aplicabilidade variados, os motores trifásicos de corrente alternada foram incorporados a esse cenário, desempenhando um papel fundamental em diversos setores da indústria. Para atender a essa ampla gama de necessidades, é imperativo que esses motores estejam continuamente sujeitos a processos de modernização, a fim de garantir sua eficiência plena. Eles se destacam em relação as demais alternativas devido à sua simplicidade, excelente relação custo-benefício e especificidade.

No contexto atual de busca por eficiência energética e redução de custos operacionais, a substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento emerge como uma estratégia promissora para diversos setores industriais e comerciais. A eficiência energética tornou-se uma preocupação central, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, impulsionando a adoção de tecnologias mais eficientes em termos energéticos.

Os motores de indução trifásicos têm desempenhado um papel crucial na indústria moderna, impulsionando uma variedade de processos industriais e comerciais. Com a crescente demanda por eficiência energética e sustentabilidade, a otimização do rendimento desses motores tornou-se uma prioridade para engenheiros e pesquisadores. Neste contexto, o desenvolvimento de motores de indução trifásicos de alto rendimento emerge como uma área de investigação vital.

Este trabalho propõe explorar os fundamentos, as tecnologias e as estratégias de otimização aplicadas aos motores de indução trifásicos de alto rendimento. Serão abordados os conceitos teóricos fundamentais relacionados ao funcionamento desses motores, bem como as técnicas de projeto e controle empregadas para maximizar sua eficiência. Além disso, serão discutidos os desafios atuais e as tendências futuras no desenvolvimento desses dispositivos, destacando sua importância no contexto da eficiência energética e da sustentabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Chapman (2013), as ideias fundamentais que envolvem um MIT, foi desenvolvida por Nicolas Tesla no final da década de 1880, e este recebeu uma patente por suas ideias em 1888. Na ocasião Tesla apresenta um artigo no qual se descreve os princípios básicos de um motor de indução de rotor bobinado.

Embora as ideias básicas de um motor de indução tivessem sido descritas em

1888, os motores elétricos de indução em si não surgiram como um produto completamente acabado, havendo um período inicial de desenvolvimento rápido seguido de melhoramentos que evoluem até os dias atuais. A forma construtiva obteve uma forma reconhecidamente moderna entre 1888 e 1895. Neste período houve o desenvolvimento de fontes de potências bifásicas e trifásicas para a produção de campos magnéticos girantes no interior dos motores elétricos. Neste período também foram desenvolvidos os enrolamentos do estator de forma distribuída e foi introduzido o rotor do modelo gaiola de esquilo.

Por volta de 1896, um MIT totalmente funcional e reconhecível como tal já estava disponível comercialmente. No período entre 1896 e 1970, ocorreram contínuas melhorias na qualidade do aço, técnicas de fundição, isolamento e características construtivas utilizadas, resultando em motores menores para uma dada potência de saída acarretando em economia considerável para os custos de fabricação. A figura 1 mostra a evolução de um motor elétrico de indução entre os anos de 1903 e 1974.

Figura 1: Evolução de motores de indução entre os anos de 1903 e 1974



Fonte: Chapman (2013)

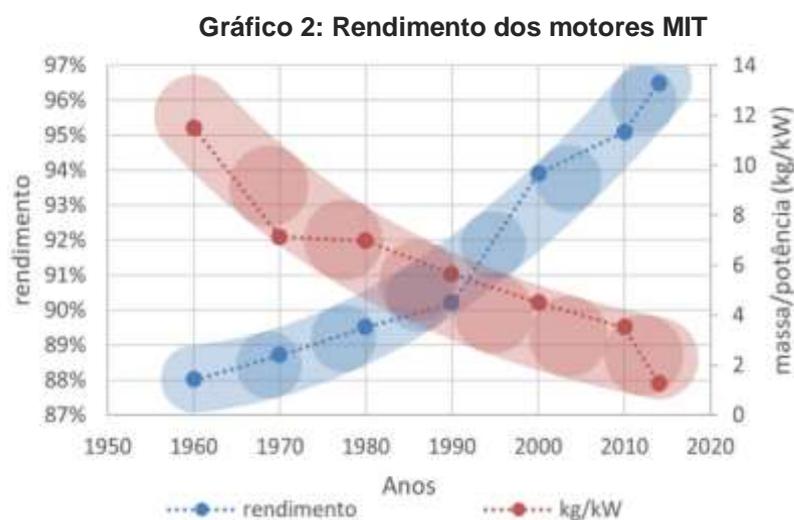
Contudo Chapman (2013) ainda menciona que tais melhorias no projeto dos motores de indução não levavam a melhoramentos na eficiência de funcionamento destas máquinas. Inicialmente o esforço de principal relevância era a diminuição dos custos material do projeto, e não o aumento de eficiência. O motivo se dá pelo fato de que a eletricidade era de custo tão baixo que o critério de seleção de compradores tornou-se o custo do equipamento.

Com o custo do petróleo em espetacular ascensão, custos operacionais de máquinas durante a vida útil tornaram-se mais importantes, tendo em vista que os

custos das instalações se tornaram mais baixos. Com resultado destas tendências, colocou-se uma nova ênfase na eficiência de motores elétricos, tanto para projetistas como para usuários finais destas máquinas.

Atualmente, linhas de motores de alta eficiência e rendimento são produzidos por diversos grandes fabricantes, adotando-se técnicas que aumentam a eficiência destes motores em relação a motores convencionais.

No gráfico 1 e na tabela 1, é possível observar o aumento do rendimento desses motores ao longo do tempo, bem como a diminuição da massa destes equipamentos.



Fonte: Tractian (2015)

Tabela 1: Descrição temporal dos motores MIT

Fabricação	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2014
Rendimento	88 %	88,7 %	90 %	90,2 %	93,9 %	95,1 %	96,5 %
Peso/potência	11,5 kg/kW	7,15 kg/kW	6,97 kg/kW	5,65 kg/kW	4,5 kg/kW	3,5 kg/kW	1,3 kg/kW

Fonte: Chapman (2013)

Segundo Cleto (2012), motores de indução elétricos de alto rendimento, são motores que possuem rendimento maior do que motores convencionais e conseqüentemente perdas reduzidas. As menores perdas nestes MIT's significam que este equipamento produz a mesma potência mecânica de saída com menos potência de entrada que um MIT convencional.



De acordo com a classificação determinada pelas leis vigentes no território nacional, os motores de indução trifásicos classificados como IR3 (Premium) cuja comercialização é permitida nos dias atuais, são equipamentos que possuem perdas reduzidas em relação a motores convencionais classificados em IR1 (Standard) e IR2 (Alto rendimento) sendo as últimas classificações não mais comercializados em território nacional. A correção destas perdas se faz possível devido a mudanças construtivas de projeto, melhores materiais utilizados no processo de fabricação e aperfeiçoamento de técnicas.

Como uma das formas de correção de perdas e melhoria no rendimento de um MIT, os aços utilizados para a confecção de conjuntos magnéticos são aços elétricos especiais de alta qualidade com baixas perdas por histerese.

Segundo Fernandes (2017), A classe de aços para fins elétricos é dividida em dois grupos, sendo eles o grupo de aços com grãos orientados e grãos não orientados. No primeiro grupo o material apresenta anisotropia de propriedades magnéticas de forma mais acentuada, ou seja, sua propriedade magnética tem tendência direcional. Este tipo de material é melhor empregado em transformadores. Em motores elétricos que contém a presença de um campo magnético girante, materiais com a característica de grãos não orientados apresentam melhor eficiência, pois estes materiais apresentam propriedades magnéticas mais homogêneas em todas as direções.

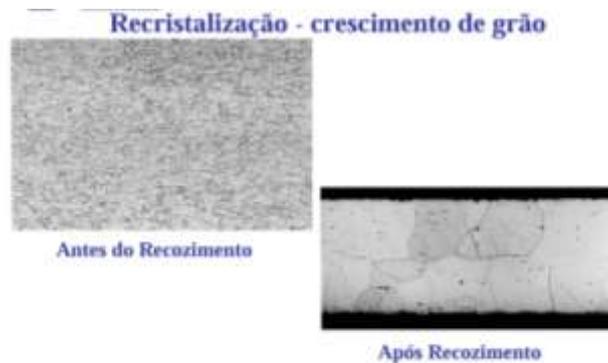
Segundo Teixeira (2017), processos na construção de um MIT, influencia em perdas. O processo de estampagem de lâminas, pressão exercida em lâminas, rebarbas devidas a estampagem de chapas e até mesmo parafusos de fixação são alguns exemplos. O recozimento de aços semi-processados é realizado por fabricantes, e esta ação torna-se fundamental para a melhoria de propriedades magnéticas. Tal prática é capaz de reduzir pela metade as perdas magnéticas e aumentar a permeabilidade magnética do material de 100 a 300%, pois durante o processo de recozimento ocorre:

- Redução do teor de carbono;
- Alívio de tensões sendo estas introduzidas no momento de corte do material;
- Recristalização;
- Formação de camada superficial dielétrica.

A figura 2, mostra as características de um aço elétrico após o tratamento de

recozimento onde é possível a visualização da transformação de sua forma estrutural que proporciona melhores capacidades magnéticas.

Figura 2: Estrutura de aço utilizado para fins elétricos com tratamento de recozimento



Fonte: Portfólio CSN (2012)

Teixeira (2017) cita também que as propriedades magnéticas do aço são afetadas por tensões mecânicas introduzidas durante operações de corte e funcionamento e o tratamento térmico é recomendado para o alívio de tensões. O tratamento térmico apenas modifica a estrutura dos grãos magnéticos e somente as perdas por histerese é modificada de forma significativa.

Fernandes (2017), afirma que na microestrutura dos aços existe o tamanho ideal de grãos para a otimização de propriedades magnéticas. Quanto maior o grão, menor a densidade de contornos, que são defeitos que acarretam na movimentação de domínios do material e consequente a sua magnetização. Contudo em um determinado ponto, o aumento do tamanho do grão também aumenta as perdas magnéticas. Desta forma os grãos de 100 a 150 μ m são recomendados.

Segundo Dias (2004), em motores elétricos, quanto maior a permeabilidade magnética nos núcleos, menor será o campo magnético nos núcleos e maior será a intensidade de campo no entreferro, observando se que o conjugado ou o torque eletromagnético que se desenvolve nestas máquinas e proporcional à densidade de fluxo magnético no entreferro. Portanto núcleos de estator e também de rotores construídos com materiais com grande permeabilidade magnética resultam em motores elétricos de indução com maior eficiência e desempenho.

Chapman (2013), cita que para a correção das perdas por correntes parasitas nos núcleos de um MIT, a confecção de laminas delgadas e com alta resistividade



tende a diminuir tais perdas.

Fernandes (2017) cita que a composição química e também dimensões destes materiais são trabalhadas para otimizar suas propriedades magnéticas. Na composição química elementos como o silício pode ser encontrado, tendo em vista que com a aplicação deste material há o aumento da resistividade do aço acarretando na diminuição de correntes parasitas e diminuindo perdas magnéticas. Contudo por não ser um material ferromagnético, este material diminui a capacidade de amplificação de campos magnéticos externos, isto é, a permeabilidade do material. Desta forma a presença e os teores desse elemento dependem de qual a propriedade mais relevante para a aplicação do produto.

Segundo Teixeira (2017), dentre os materiais magnéticos macios o aço apresenta boas características mecânicas e magnéticas. Todavia o aço é um bom condutor elétrico, mas na busca de redução de perdas por correntes parasitas ou correntes Foucault o aço com silício em sua composição é utilizado. O aço silício é uma liga de ferro, carbono e silício, que pode conter até 6,5% de silício em sua composição e entre 0,2% a 2,1% de carbono. Ainda segundo Teixeira (2017), pesquisas recentes mostram que lâminas de aço-silício não orientado a 6,5% aplicados em máquinas de baixa tensão a 60Hz são capazes de obter redução de até 40% em perdas no núcleo.

Segundo Fernandes (2017), em relação às dimensões, quanto maior o volume de aço, maior a circulação de correntes parasitas no material, acarretando a dissipação de energia e aumento de perdas magnéticas. Desta forma aços elétricos são normalmente aplicados em espessuras bastante delgadas que variam entre 0,23 a 1,0 mm.

Segundo Dias (2004), aplicações recentes com raros protótipos citados em literatura utilizam uma nova tecnologia de materiais magnéticos macios sintetizados em núcleos de estator e rotor de motores elétricos de indução. Estes materiais são obtidos através da metalurgia do pó, onde o pó de partículas magnéticas é coberto com camadas de isolamento e um aglutinante, sendo comprimidos para prover a maior resistividade elétrica possível sem afetar as propriedades magnéticas do material. Estes compostos possuem características de alta resistividade elétrica e alta indução de saturação.

A fabricante de motores de categoria Premium Weg (2023), cita que em rotores do modelo gaiola de esquilo, o núcleo de chapas que constituem o rotor de motores

de alta performance possui as mesmas características das chapas do estator. Com isso a seleção de chapas com boa qualidade é fundamental para que sejam minimizadas as perdas e se obtenha ganho de eficiência.

Alves (2017), cita que os rotores de máquinas de indução podem ser fundidos ou fabricados com Cobre macio ou ligas de Cobre, Alumínio ou ligas de Alumínio.

Para Teixeira (2017), a gaiola do rotor geralmente é feita de alumínio e esta escolha tem as seguintes razões em busca de melhoria de performance:

- **Condutividade elétrica:** Este material possui boa condutividade elétrica, não tão boa como a prata ou o cobre, por exemplo, de comparação. Contudo o material apresenta condutividade alta o suficiente para que se tenham os fatores a seguir levados em consideração;
- **Peso:** O alumínio é um material leve, um fator considerável e crucial para um componente de rotor, tendo em vista que parte da potência gasta para o funcionamento do motor é utilizada para movimentar o rotor. Com isso esta peça precisa ser o mais leve possível e entre os tipos de bons condutores elétricos, pela sua leveza o alumínio é escolhido;
- **Preço:** O alumínio possui preço menor que o Cobre;
- **Fabricação:** No processo de fabricação de rotores do modelo gaiola de esquilo, primeiramente há a formação do núcleo de chapas do rotor. As chapas são confeccionadas de forma a ser deixado os espaços ocupados pela gaiola de esquilo.

O alumínio derretido, é injetado sobre pressão no interior do núcleo do rotor e após o resfriamento, assume o formato desejado de gaiola. O baixo ponto de fusão do alumínio, sendo este muito inferior ao do aço silício do núcleo do rotor é mais um fator que leva em consideração a escolha do alumínio como condutor elétrico.

A forma construtiva dos rotores agrega muito em relação ao aumento de eficiência dos motores elétricos de indução. Sua construção pode variar de acordo com a aplicação do MIT. A aplicação correta de um MIT de acordo com a carga e sistema a ser acionado, influencia na eficiência do equipamento.

Chapman (2013) cita que a construção cuidadosa do rotor influencia no ganho de eficiência do MIT, uma vez que um rotor cuidadosamente construído produz um entreferro uniforme e reduz perdas suplementares. O comprimento dos núcleos do rotor e do estator sendo construída de forma aumentada, reduz a densidade de fluxo magnético no entreferro da máquina. Com isso ocorre a redução da saturação

magnética, acarretando a diminuição de perdas no núcleo.

A figura 3, mostra a comparação entre dois MIT's. Visualiza-se que um motor com maior rendimento tem dimensões maiores do rotor e bobinas e entrega a mesma potência com mais aproveitamento de energia.

Figura 3: Comparativo de dimensões entre um motor convencional e um motor de alto rendimento



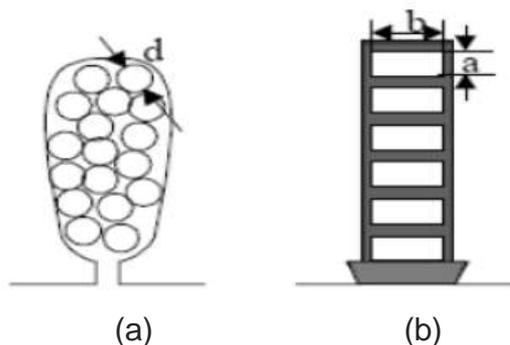
Fonte: Silva (2013)

Alvez (2017), cita que em motores de indução com rotores do tipo gaiola de esquilo, as barras condutoras apresentam certa inclinação em relação à direção axial do equipamento. Esta característica visa reduzir efeitos de harmônicos, correntes parasitas com consequente perda de eficiência.

Para a construção dos enrolamentos de fios condutores instalados no estator de um MIT, segundo Teixeira (2017), utiliza-se fios de cobre elétrico fabricados por processo de eletrólise para que se tenha alta pureza, acima de 99%, com isto evita-se perdas através do efeito Joule, uma vez que condutores com baixa qualidade e muitas impurezas prejudicam a circulação de corrente elétrica. As seções retas destes condutores têm formato retangular ou circular.

A figura 4, mostra a disposição de condutores dos dois tipos mencionados em ranhuras de estator. (a) condutores circulares (b) condutores retangulares

Figura 4: Disposição de fios condutores em ranhuras de estator



Fonte: Gilio (2003)

Chapman (2013) cita que um MIT de alto rendimento em comparação a um motor convencional, possui mais cobre nos enrolamentos do estator, isto para que as perdas no Cobre sejam reduzidas.

A Weg (2023) fabricante de motores categoria Premium, cita que para atender excelente desempenho técnico e eficiência em seus motores elétricos, utiliza fios circulares esmaltados e os tem como um dos componentes mais importantes de um MTI.

Segundo Germano (2014), em 1850 o esmalte passou a ser utilizado para isolamento de fios de enrolamentos de motores, e em 1910 passou a ser produzido em longa escala. Este tipo de isolamento é utilizado até os dias atuais e sua composição química mudou ao longo da evolução tecnológica.

Weg (2023) cita que durante a fabricação do MIT, os condutores são submetidos a esforços mecânicos, flexão e abrasão, pois em funcionamento os efeitos elétricos e térmicos agem sobre os condutores.

Com os efeitos térmicos e magnéticos que se desenvolvem durante o funcionamento do MIT, para o aumento do rendimento são aplicados filmes e laminados especiais para isolamento térmico e elétrico de partes das bobinas do estator. Estes materiais são aplicados nos seguintes pontos:

- Entre a bobina e a ranhura, afim de isolar o pacote de aço-silício das bobinas de fio esmaltado;
- Entre as fases, afim de isolar eletricamente as fases dos circuitos elétricos;
- Fechamento da ranhura do estator, afim de isolar as bobinas nas partes superiores das ranhuras do estator e acomodar os fios condutores dentro das ranhuras.



Segundo Germano (2014), o uso de papeis e laminados foi difundido em 1890, e o material recebia a impregnação com betume para reduzir-se as perdas das características isolantes devido a umidade. A isolação de papel facilitou o aumento de tensões utilizadas em cabeamentos, entretanto descargas elétricas começaram a provocar perfurações na isolação e o papel perdeu espaço no início do século XX.

Nos dias atuais estudos são voltados para o desenvolvimento destes tipos de materiais, tendo em vista sua importância e demanda de aplicação.

Segundo a Dupont (2024) fabricante de papeis e laminados isolantes, afirma que desenvolve produtos e tecnologias modernas voltadas para fins de aplicação em motores elétricos. Os produtos sofreram modernizações a fim de atender exigências de confiabilidade e rendimento dos equipamentos que utilizam o material.

Os papeis e laminados utilizados atualmente são capazes de não encolher, amolecer ou se fragilizar durante a exposição de curto prazo a temperaturas de até 300oC e mantem boas propriedades de isolamento a 220oC por até 10 anos. Tais características desenvolvidas contribuem para durabilidade e rendimento de motores elétricos, menor tamanho de carcaça e melhor densidade de campo magnético.

A figura 5, mostra os bobinados de fios condutores alojados em um estator utilizando papeis e filmes com melhor desempenho de isolação e proteção mecânica.

Após a inserção das bobinas de fios condutores contendo esmalte nas ranhuras do estator, mesmo com a utilização dos materiais citados, papeis e laminados, que promovem melhor alojamento dos condutores nas ranhuras do estator, faz-se necessário à aplicação de nova camada de verniz ou resina sobre o conjunto.

Figura 5: Fios condutores e laminados em um estator



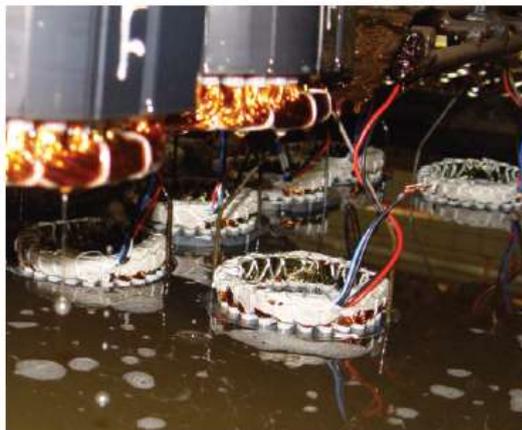
Fonte: Weg (2023)

Segundo a Weg (2023), vernizes e resinas de impregnação têm como principais funções, a união entre si de todos os fios esmaltados das bobinas com todos os componentes do estator. Esta união impede que os fios vibrem e atritem-se entre si. A aplicação de vernizes e resinas também tem a função de eliminação de espaços vazios, tal ação contribui na dissipação térmica do calor gerado no funcionamento do MIT. Em especial em aplicações em motores que utilizam inversores de frequência, evita e diminui a formação de descargas parciais no interior do MIT.

Atualmente a fabricante cita que utiliza em seus equipamentos categoria Premium, dois tipos de resinas e vernizes, todos a base de poliéster e em aplicações especiais resinas a base de silicone.

Os vernizes são aplicados pelo processo de imersão e posterior cura em estufas. As resinas são aplicadas pelo processo de fluxo contínuo.

Figura 6: Processo de imersão para aplicação de verniz



Fonte: Weg (2023)

Na figura 6 é mostrado o processo de imersão de um conjunto de estator para a realização de impregnação de verniz.

Os vernizes e resinas cumprem um papel importante no controle de temperatura e característica mecânica de um MIT e as melhorias tecnológicas recentes contribuem para a evolução de rendimento de motores elétricos.

Segundo Chapman (2013), o isolamento dos enrolamentos de um MIT é de suma importância. Havendo a ruptura de seu isolamento, a máquina entrará em curto circuito. Tem-se como antiga regra pratica que diz que a expectativa de vida útil de um MIT para um determinado tipo de isolação, se torna reduzida pela metade a cada vez que a temperatura é incrementada 10% a cima da temperatura ao qual o

enrolamento é projetado. Em parte, essa regra tem validade até os dias atuais.

Como forma de padronização dos limites de temperatura de isolamento das máquinas a National Electrical Manufacturers Association (NEMA), nos Estados Unidos, definiu uma serie de classes de sistema de isolamento. As classes foram nomeadas em B, F e H. No Brasil a NBR 17094-1 estipula os limites de elevação de temperatura para os motores elétricos de indução em suas devidas classes em 1300 C para classe B, 1550 C para classe F e 1800 C para classe H.

Chapman (2013) cita também que a temperatura máxima nos enrolamentos limita a potência máxima que pode ser fornecida pelo MIT. Com isso mais aço é utilizado no estator do MIT, promovendo maior transferência de calor para fora do equipamento e reduzindo-se sua temperatura de funcionamento. O sistema de ventilador é modificado afim de promover diminuição de perdas por ventilação.

Tendo em vista a melhora no desempenho, as formas construtivas das carcaças de um MIT sofrem constantes modificações com a finalidade melhora no sistema de troca de calor. Segundo a Weg (2023) soluções como a implementação de aletas na tampa dianteira, reestruturação de tampa traseira, reposicionamento de parafusos de fixação para que não haja obstrução de fluxo de ar de refrigeração e mudança no desenho da tampa defletora do MIT permitem temperaturas mais baixas de operação e ganhos na eficiência do equipamento.

As figuras 7(a) e 7(b), são uma comparação de tampas frontais de um MIT de categoria IR3 Premium e um MIT categoria IR1 Standart.

Figura 7: Tampas de motores



(a) categoria IR3 Premium

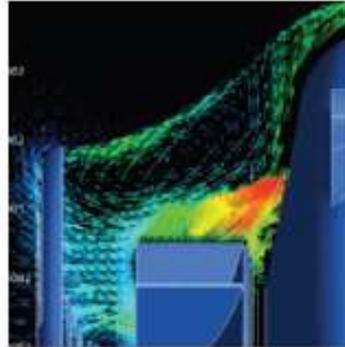


(b) categoria IR1 Standard

Fonte: Weg (2023)

Na figura 8 é mostrado as alterações na aerodinâmica do sistema de ventilação para melhor distribuição de ar refrigerante do MIT e aumento de troca de calor.

Figura 8: Demonstração da aerodinâmica do sistema de ventilação de um motor categoria IR3 Premium



Fonte: Weg (2023)

A modernização de motores e a correção de perdas são áreas cruciais no contexto industrial, automotivo e em diversas outras aplicações onde a eficiência energética e o desempenho são fundamentais. Os motores desempenham um papel central em uma variedade de processos e operações, desde a propulsão de veículos até o acionamento de máquinas em fábricas e plantas industriais.

No entanto, ao longo do tempo, os motores podem sofrer degradação e perda de eficiência devido ao desgaste natural, uso inadequado, falta de manutenção ou avanços tecnológicos que tornam as versões mais recentes mais eficientes. Essa perda de eficiência não apenas resulta em um consumo excessivo de energia e combustível, mas também pode impactar negativamente o desempenho, a confiabilidade e a vida útil dos motores.

Portanto, é imperativo adotar práticas que visem modernizar os motores existentes e corrigir as perdas de eficiência, transformando-os em motores de alto rendimento. Essas práticas não apenas ajudam a maximizar a eficiência energética e reduzir os custos operacionais, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental, minimizando o desperdício de recursos e as emissões de poluentes.

Neste contexto, exploraremos algumas das melhores práticas em modernização de motores e correção de perdas, destacando técnicas e estratégias que podem ser implementadas para melhorar a eficiência e o rendimento dos motores em diferentes cenários e aplicações. A seguir, vamos detalhar essas práticas e discutir como cada uma pode contribuir para alcançar os objetivos de otimização e eficiência energética dos motores.



- **Manutenção Preventiva e Preditiva:** Estabelecer um programa robusto de manutenção preventiva e preditiva é fundamental para identificar e corrigir problemas potenciais antes que eles causem perdas de eficiência nos motores. Isso inclui inspeções regulares, análise de vibração, termografia, análise de óleo, entre outras técnicas.
- **Uso de Tecnologias de Ponta:** Incorporar tecnologias modernas, como sensores IoT (Internet das Coisas), sistemas de monitoramento remoto e análise de dados em tempo real, pode ajudar a identificar oportunidades de otimização de desempenho e eficiência dos motores.
- **Utilização de Materiais Avançados e Leves:** A incorporação de materiais avançados e leves na construção dos motores pode reduzir o peso total e aumentar a eficiência. Isso pode incluir o uso de ligas de alumínio, titânio e materiais compostos de fibra de carbono.
- **Treinamento e Capacitação:** Investir em treinamento e capacitação dos operadores e técnicos é essencial para garantir que os motores sejam operados e mantidos de maneira eficiente e segura. Isso pode incluir programas de treinamento em operação de equipamentos, manutenção preventiva, diagnóstico de problemas e reparo de motores.
- **Monitoramento do Consumo de Energia:** Implementar sistemas de monitoramento do consumo de energia pode ajudar a identificar padrões de uso e identificar oportunidades de redução de consumo. Isso pode envolver a instalação de medidores de energia em motores e sistemas auxiliares, bem como o uso de software de monitoramento e análise de dados.
- **Cumprimento de Normas e Regulamentações:** Garantir o cumprimento das normas e regulamentações ambientais e de eficiência energética é fundamental para operar dentro dos limites legais e reduzir o impacto ambiental dos motores. Isso pode incluir o cumprimento de padrões de emissões, regulamentos de eficiência de combustível e normas de segurança ocupacional.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste estudo destaca a importância de compreender os motores de indução trifásicos e suas implicações no contexto da eficiência energética e desempenho operacional. Ao analisar os princípios de funcionamento desses



motores, foi possível adquirir uma compreensão sólida de seu funcionamento interno e dos fatores que influenciam sua eficiência.

É interessante notar que, embora os princípios básicos dos motores de indução tenham sido estabelecidos há mais de um século, a busca por eficiência continuou a impulsionar inovações na concepção e na fabricação desses motores. Desde a introdução de materiais especiais até os avanços nos processos de construção, os esforços para reduzir perdas e aumentar o rendimento têm sido constantes.

Particularmente relevante é a ênfase atual em motores de indução elétricos de alto rendimento, que não apenas proporcionam economia de energia, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental ao reduzir as emissões de carbono associadas à geração de eletricidade. A adoção de tecnologias mais eficientes, como o uso de aços elétricos especiais e a otimização dos processos de fabricação, desempenha um papel crucial nesse contexto.

Portanto, à medida que continuamos avançando rumo a uma sociedade mais sustentável e eficiente em termos energéticos, é fundamental reconhecer o papel fundamental dos motores de indução elétricos de alto rendimento e o constante esforço para aprimorar sua eficiência e desempenho. Esses motores não apenas impulsionam a indústria e a tecnologia, mas também contribuem significativamente para a conservação de recursos e a redução do impacto ambiental.

A comparação entre motores convencionais e motores de alto rendimento ressaltou a significativa diferença em eficiência energética e desempenho, destacando a importância de optar por motores de alto rendimento para maximizar a eficiência operacional e reduzir os custos de energia.

Além disso, a demonstração da norma vigente no país que estabelece os requisitos para a construção de motores de alto rendimento enfatiza a necessidade de conformidade com padrões de qualidade e eficiência na fabricação desses motores.

REFERÊNCIAS

ALVES, Daiane Aparecida. **Técnicas de detecção de falhas em barras do rotor nos motores de indução trifásicos**. Universidade Federal de São João del-Rei, 2017.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. AMGH, 2013.

FERNANDES, Carlos Francisco Oliveira. Determinação das perdas suplementares e do rendimento do motor de indução trifásico com base na norma Iec 60034-2-1.



2016. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico do Porto (Portugal). Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/9877/1/DM_CarlosFernandes_2016_MEESE.pdf. Acesso em: 05 nov. 2023.

FERNANDES, Viviane Kettermann. **Aços elétricos**. 2017. Disponível em: <https://engenheirodemateriais.com.br/2017/09/27/acos-eletricos/>. Acesso em: 05 nov. 2023.

GERMANO, Airton Júnior. **Motores de alto rendimento**. 2014. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/AIRTONJUNIORGERMANO/atps-eletronico-o#2>. Acesso: 13 abr. 2024.

GILIO, A. S. Máquinas de indução trifásicas. 9. ed. São paulo: Érica, 2003.

SILVA, Aparecida Bezerra. **Motor de alto rendimento (AR)**. Universidade Federal Rural Semi-árido. 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/motor-de-alto-rendimento-ar/29304095>. Acessado: 25 abr. 2024.

WEG. **Guia de especificação— motores elétricos**. 2023.

O USO DA REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL NA
MANUTENÇÃO DE FERROVIAS

181

THE USE OF AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY IN
RAILWAY MAINTENANCE

Fernando da Silva Santos¹
Luiz Fernando Da Silva Dia²

RESUMO

A tecnologia proporciona aos seus usuários experiências inovadoras, e é através do uso da realidade aumentada e realidade virtual na manutenção de ferrovias do país. As empresas ferroviárias brasileiras podem adequar ao uso dessa tecnologia para treinamentos de funcionários em ambientes virtuais, diminuindo risco de acidente, repasse de informações e instruções de engenheiros ou técnicos para outro funcionário de forma remota, reduzindo os custos da empresa. O uso de RA e RV na manutenção de ferrovias representa um avanço significativo, trazendo uma série de benefícios que vão desde a melhoria da precisão e segurança até a eficiência operacional. À medida que essas tecnologias continuam a evoluir, espera-se que sua aplicação na indústria ferroviária se expanda ainda mais, tornando as operações de manutenção mais inteligentes e conectadas.

Palavras-chave: Tecnologia. Realidade. Virtual. Aumentada. Ferrovias.

ABSTRACT

The technology provides its users with innovative experiences, and it is through the use of augmented reality and virtual reality in the maintenance of the country's railways. Brazilian railway companies can adapt the use of this technology to train employees in virtual environments, reducing the risk of accidents, passing on information and instructions from engineers or technicians to another employee remotely, reducing the company's costs. The use of AR and VR in railway maintenance represents a significant advance, bringing a series of benefits ranging from improving accuracy and safety to operational efficiency. As these technologies continue to evolve, their application in the rail industry is expected to expand even further, making maintenance operations smarter and more connected.

Keywords: Technology. Reality. Virtual. Increased. Railways.

1 INTRODUÇÃO

A indústria ferroviária já foi no Brasil o principal meio de transporte de

¹ Docente – Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Discente – Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: engenharia.mecanica@ubm.br

comerciantes. Com a falta de manutenção, as linhas ferroviárias estão se degradando e ficaram estagnadas em relação a crescimento econômico. Mas algumas empresas se empenham para que suas linhas férreas sejam as melhores possíveis proporcionando aos seus funcionários e clientes maior segurança, qualidade de vida, eficácia e rapidez no transporte.

O uso das tecnologias de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) proporcionam ambientes virtuais que sobrepõem objetos em um ambiente real, simulando elementos que não são palpáveis no mundo real, proporcionando para quem as usa diversas situações (Mesquita; moreira, 2018).

E conforme Gaspari *et al.*, (2013) “Atualmente, com o auxílio da Realidade Aumentada é possível que um profissional consiga realizar uma montagem e/ou manutenção em um equipamento complexo apenas seguindo as instruções apresentadas pelo ambiente aumentado”. Isso demonstra que o uso de tecnologias nos ambientes de trabalho fornece ao funcionário um treinamento de qualidade, maior conhecimento sobre outras áreas que ele ainda não possui habilidade, proporcionando uma especialização.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar o uso da realidade aumentada e realidade virtual na manutenção de ferrovias, através de pesquisas bibliográficas exploratórias, onde se verifica as vantagens de sua utilização. Tal estudo também discorrerá sobre a malha ferroviária brasileira e seu histórico, sobre as realidades virtual e aumentada e suas aplicações no setor de transporte ferroviário.

O presente artigo está dividido em 10 partes.

A primeira parte corresponde à Introdução, onde apresentamos os principais conceitos sobre o assunto.

Logo após o capítulo dois, no qual serão abordados os principais conceitos aqui tratados, temos ainda dois subcapítulos.

Os demais exploram a importância da aplicação da tecnologia através da realidade virtual e aumentada nas malhas ferroviárias.

1.1 OBJETIVO GERAL

Mostrar a importância da Realidade Aumentada (RA e Realidade virtual (RV) na manutenção ferroviária.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Auxiliar os profissionais em atividades complexas.
- Trazer uma eficiência operacional.
- Trazer benefícios e melhorias da precisão e segurança.
- Tornar os serviços na ferrovia mais inteligentes e conectados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O USO DA REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL NA MALHA FERROVIÁRIA

O uso de realidade aumentada e realidade virtual em manutenções de ferrovias já é uma realidade mundial, trazendo benefícios significativos através de suas tecnologias, assim como em outros ramos como arquitetura, entretenimento, manutenção, educação, design, construção, entre outras (GASPARI et al., 2013).

No dia-a-dia das empresas, as demandas em excesso podem resultar em acúmulo de funções e falta de profissionais devidamente capacitados.

Com o uso da tecnologia, o profissional especializado para certa demanda pode ajudar outro profissional a solucionar o problema de forma remota.

2.2 REALIDADE AUMENTADA

Para Silva (2021), a realidade aumentada “é uma experiência interativa que realiza a sobreposição de elementos virtuais sobre o mundo físico, através de meios digitais”.

A REALIDADE AUMENTADA (RA) cria simulações realistas de equipamentos ferroviários, o que permite ao trabalhador praticar procedimentos de instalação e manutenção sem danificar os equipamentos reais.

Além dessa capacidade, a RA pode criar através de óculos interativos informações e instruções que o ajude a realizar as tarefas necessárias. Abaixo o Quadro 1 explica sobre os locais de utilização da RA:

Quadro 1 - Principais locais de utilização da Realidade Aumentada

Treinamento e apoio a tarefas complexas, como manutenção de máquinas, assistência em treinamento de manutenção e visualização de elementos escondidos.
Visualização de elementos construtivos , objetos ocultos, sinalização de ambientes e outras tarefas relativas à inserção de informações complementares em ambientes reais que possam auxiliar, por exemplo, a engenharia e a arquitetura.
Prospecção e mapeamento de dados por estimativa em ambientes reais.
Visualização de dados , de forma a permitir aprimoramento da interação e da análise dos mesmos.
Simulação.
Conferência com participantes remotos.

Fonte: Adaptação de Cardoso *et al.*, (2007)

Através da realidade aumentada, simulações podem ser criadas para que funcionários sejam treinados de forma segura, recriando cenários perigosos. A visualização em tempo real sobre as operações ferroviárias, como status do trilho, dados críticos ou até mesmo a condição climática são outros benefícios que a RA proporciona.

Ainda sobre a RA, os técnicos têm acesso a dados em tempo real sobre a situação do equipamento danificado, rachado ou desgastado e identificam quais reparos ou inspeção ele necessita, seguindo um padrão de segurança.

2.3 REALIDADE VIRTUAL

Na década de 1980 Jaron Lanier utilizou pela primeira vez a expressão Realidade Virtual, o qual tinha o estudo direcionado para indústria de simuladores em ambientes compartilhados (García; Ortega; zednik. 2017).

Algumas outras definições surgiram, como demonstra o Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 – Definições de realidade virtual

Autor	Conceito
Jaron Lanier [1980]	Diferenciar simulações tradicionais feitas por computador de simulações, envolvendo múltiplos usuários em um ambiente compartilhado.
Manetta; Blade [1995]	Um sistema de computador usado para criar um mundo artificial no qual o usuário tem a impressão de estar e a capacidade de navegar e manipular objetos nele.
Roehl [1996]	É uma simulação de um ambiente tridimensional gerado por computador, em que o usuário é capaz tanto de ver quanto de manipular os conteúdos desse ambiente.
Botella Arbona; Garcia Palacios; Baños Rivera; Quero Castelhanao [2007]	É uma tecnologia que permite a criação de um espaço tridimensional por meio de um computador; isto é, permite a simulação da realidade, com a grande vantagem de que podemos introduzir, no ambiente virtual, elementos e eventos que consideramos úteis, segundo o objetivo a que nos propomos.

Fonte: Adaptação de Cardoso *et al.*, (2007)

O uso da REALIDADE VIRTUAL (RV) proporciona um melhor treinamento para os técnicos, criando ambientes virtuais que permitem treinar manobras complexas e identificar trechos ferroviários que possuem algum risco, afim de proporcionar um ambiente de trabalho real, controlado e seguro, o que proporciona sensação de pertencer e estar em um ambiente que é possível interagir (Franco; González, 2011, García; Ortega; zednik. 2017).

A RV permite que uma empresa ferroviária veja em um ambiente tridimensional uma nova infraestrutura ferroviária, podendo planejar e identificar problemas que possam surgir durante sua implementação.

Também é possível que engenheiros e técnicos simulem operações de manutenção em RV, antes de aplicá- los em campo.

O uso dessas tecnologias traz diversos tipos de benefícios como:

- Eficiência e precisão: acelera processos de manutenção com o uso de guias interativos e suporte remoto de um engenheiro

especialista, e reduz erros humanos através de instruções visuais e bem detalhadas;

- **Segurança:** permite o treinamento em ambiente virtual seguro e monitora em tempo real e de forma precoce algum tipo de problema nos equipamentos;
- **Custo-efetividade:** reduz custos com treinamentos práticos e diminui o tempo que os trens ficam parados, já que os profissionais podem detectar possíveis problemas futuros e resolvê-los com mais rapidez.
- **Documentação e análise:** garantia de uma análise e melhoria contínua nos processos através de registros digitais detalhados das manutenções feitas.

2.4 ÓCULOS ESPECIAIS PARA MANUTENÇÃO DE FERROVIAS

Os óculos especiais são equipamentos que permitem a conexão e imersão do usuário com a realidade virtual em um determinado ambiente. Nascimento Júnior (2017) apresenta a realidade virtual imersiva:

Imersiva: caracteriza-se por transmitir ao usuário a sensação de estar “presente” no mundo virtual. Isso se dá através da utilização de equipamentos de hardware dotados de sensores capazes de propiciar sensações reais de imersão no contexto virtual apresentado.

De acordo com Marques et al. (2018) a RA pode “executar tarefas de manutenção utilizando: manuais, esquemas, especificações, realce de componentes, instruções passo a passo, ferramentas e medidas de segurança necessárias”.

A RA proporciona manutenção e instalação de máquinas e equipamentos de forma rápida, segura e eficaz. Conforme mostrados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Óculos especiais



Fonte: Gorgone (2019).

Figura 2 – Óculos cardboard sendo utilizado com o celular



Fonte: Google (2020)

Para Gomes *et al.* (2021)

Apenas o manual de instruções pode não ser suficiente para a sua montagem e configuração, pois é preciso um especialista para montá-lo, colocá-lo em funcionamento e efetuar as futuras manutenções, inclusive as que possuem baixa complexidade.

Através dos óculos de realidade aumentada, técnicos recebem instruções sobre o passo a passo que precisam seguir para manutenção de algum equipamento, de forma digital o que ajuda a reduzir erros, inatividade dos trens e melhorando a eficiência do trabalho executado.

Para Baumgarten (20219) “Quando uma máquina começa a falhar, por exemplo, ou mesmo na manutenção preventiva, o técnico pode consultar manuais, tutoriais e instruções em tempo real, sem utilizar as mãos, durante a manutenção”.

Essas informações podem ser repassadas por engenheiros ou outro especialista de esteja a uma distância do local que não o permite se fazer presente, o que também garante economia e agilidade para a empresa, tais instruções são de fácil entendimento, pois utiliza da RA para demonstrar aplicações simples, claras e acessíveis a qualquer usuário (Orives, 2019).

Algumas empresas internacionais e que são referências no ramo de ferrovias têm apostado na realidade aumentada nas suas operações, como:

- **MTR Corporation (Hong Kong):** A MTR tem utilizado RA para treinar seus funcionários, o que permite que pratiquem procedimentos de manutenção e emergência e em um ambiente controlado e seguro.



- **Deutsche Bahn (Alemanha):** A empresa ferroviária alemã utiliza a RA para a manutenção de seus trens e infraestrutura. Técnicos utilizam óculos de realidade virtual para acessar instruções e manuais, evitando parar seu trabalho para consultar documentos físicos.
- **Amtrak (EUA):** Essa empresa americana está desenvolvendo aplicativos de RA para beneficiar o passageiro, fornecendo informações em tempo real sobre mudanças de plataforma, atrasos e outras atualizações importantes.

Através da tecnologia de RA e RV, as empresas ferroviárias podem visualizar de maneira virtual projetos, trilhos, túneis, estações ou infraestruturas, permitindo identificação precoce de algum problema ou apenas estudo para futuras instalações.

A aplicação dessa tecnologia através de óculos de realidade virtual no setor ferroviário traz inovação que aumenta a eficiência, segurança e satisfação de funcionários e usuários, fazendo com que a empresa enfrente desafios operacionais de forma ágil e eficientes, garantindo um serviço de qualidade.

Com o avanço da tecnologia, espera-se que as empresas ferroviárias apostem cada vez mais nesses equipamentos nas suas operações diárias.

2.5 A HISTÓRIA DAS FERROVIAS BRASILEIRAS

O Brasil teve sua primeira ferrovia construída em 1854 pela Imperial Companhia de estradas de ferro, que foi fundada pelo Visconde de Mauá, e sua extensão era de 14,5 km ligando o Porto de Mauá, na Baía de Guanabara, a Serra da Estrela, no caminho de Petrópolis. Abaixo a Figura 3 demonstra a linha ferroviária:

Figura 3 – A Guanabara tendo ao fundo o traçado da primeira E. de F. do país



Fonte: Mobilidade [...], 2018.

Entre os anos de 1872 e 1920, o crescimento de construção de ferrovias acelerou e chegou a crescer 6.000 km por década, sendo elas financiadas por capitais ingleses que queriam satisfazer seus interesses comerciais, e não faziam nenhum planejamento das construções.

Após os anos de 1920, a era do automóvel chegou forte no país, fazendo com que as ferrovias sendo esquecidas e entrassem em uma estagnação que se perdura até os dias de hoje com o Brasil sendo precário em linhas ferroviárias.

A maior parte se encontra na região Sudeste do país, que concentra 47% das ferrovias, e as regiões norte e centro-oeste juntas possuem apenas 8% de malhas ferroviárias.

Essa estagnação também ocorreu, pois para se manter as ferrovias atualizadas demandava muito dinheiro, e como as empresas não iam bem, seus donos não investiram o necessário, fazendo com que as linhas ferroviárias fossem se degradando e sucateando. José Alex Santana, que é professor do mestrado de Engenharia de Transportes da Universidade de Brasília, descreve bem a situação ferroviária daquela época no país:

O Brasil parte então para construir rodovias e as ferrovias não são restauradas, embora existisse uma grande malha ferroviária, ela não é restaurada e não é desenvolvida, ela permanece no estágio em que estava nos anos 50. Isso faz com que o desenvolvimento rodoviário vá se tornando cada vez mais importante, porque a interiorização exige a cada dia a construção de novos trechos, novas estradas e mais acesso (Santana, 2005).



Em 1957, o governo resolveu assumir as linhas ferroviárias brasileiras, criando a Rede Ferroviária Nacional, cuja finalidade era comandar o transporte ferroviário nacional. Santana explica esse momento:

As ferrovias estavam falidas. Todas elas tinham problemas operacionais, todas elas necessitavam de investimentos e não tinham capacidade para isso, todas elas tinham grandes dívidas trabalhistas com seus institutos de previdência. Então vem um esforço do governo de assumir todo esse abacaxi. Na realidade se fez uma grande cesta e nela se colocou todos os problemas e também as coisas boas (Santana, 2005).

A nova rede ferroviária foi formada por 18 empresas férreas, entre elas a Estrada de Ferro de Bragança, Estrada de Ferro Central do Brasil, Rede Mineira de Viação e a Estrada de Ferro Dona Teresa Cristina. Dois anos depois mais duas empresas se incorporaram a RFFSA, a malha gaúcha da Viação Ferroviária do Rio Grande do Sul e a malha paulista da Ferrovias Paulista S. S.

Mesmo com a criação da Rede Ferroviária Nacional, os problemas existentes não foram resolvidos, pois não se foi investido o suficiente para se recuperar as linhas ferroviárias. João Garcia, um ferroviário aposentado, expõe sua crítica acerca de como a Rede tratou as ferrovias do país:

Eu comecei a trabalhar na antiga Viação Férrea do Rio grande do Sul, entrei nela do dia 19 de novembro de 1954. Dá uma tristeza ver isso aí. Até a época que a Viação Férrea era dominada pela Estado dava rendimento pra pagar os funcionários, o combustível, pagar tudo. Depois que a Rede passou para o Governo Federal, aí começou a dismantelar com os cabides de empregos e má administração (Garcia, 2005).

Apesar de nos dias atuais ainda existirem 30.000 km de ferrovias no país, elas se encontram mal distribuídas e mal conservadas, o que faz que a situação dessas linhas seja de forma geral precária.

Abaixo a Figura 4 nos mostra a dimensão das linhas ferroviárias no país e suas características:



Figura 4 – Linhas férreas do Brasil



Fonte: Associação Nacional de Transportes Ferroviários (ANTF),2024.

A conservação das ferrovias se faz importante, pois oferecem uma alternativa sustentável e econômica aos transportes rodoviários, o que garante qualidade de vida para todos.

3 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho tem como finalidade a realização de um estudo de compreensão e aplicação da realidade virtual e realidade aumentada na manutenção de ferrovias, e como essa tecnologia auxilia no treinamento dos funcionários e garante comodidade, rapidez e eficiência no trabalho executado.

A partir de coleta de dados de bases confiáveis, a pesquisa é descritiva por ter como objetivo descrever as principais características de um fenômeno, através de técnicas padronizadas de pesquisa.

E também se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, pois busca por meio de informações já coletadas chegarem a uma conclusão a respeito do uso da tecnologia de realidade aumentada e realidade virtual no mercado de transportes ferroviários.

3.1 A MRS LOGÍSTICA COMO REFERÊNCIA DE EMPRESA FERROVIÁRIA BRASILEIRA

A MRS Logística é uma empresa brasileira de logística e transporte ferroviário. Criada em 1996 através da transferência da gestão do sistema ferroviário do governo

para as iniciativas privadas.

Atualmente ela opera com uma malha ferroviária de 1.643 km entre os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, como demonstra a Figura 6 abaixo:

Figura 6 - Malha ferroviária sob gestão da MRS



Fonte: Malha [...], 2024.

A empresa é considerada uma das maiores ferrovias de carga do mundo, superando em quatro vezes sua produção de 1990. Cerca de um terço das cargas que são transportadas pelo Brasil passam pelos trilhos da MRS, e também transporta 20% dos produtos que são exportados.

As principais cargas carregadas são cimento, carvão, contêineres, agrícolas, bauxita, siderúrgicos e minério de ferro que saem de grandes parques industriais do país com destino aos maiores portos da região Sudeste.

Além desse tipo de carga a MRS também oferece soluções logísticas que incluem planejamento e desenvolvimento de soluções multimodais.

A empresa se faz comparável com grandes empresas ferroviárias europeias e norte-americanas, pois possui o mesmo nível de segurança e produtividade, transit-time, disponibilidade e confiabilidade de ativos e eficiência energética, se destacando pelo grande uso da tecnologia a seu favor e apostando na cultura de inovação.

A empresa também se preocupa com a segurança de seus funcionários e familiares através de programas de diálogos e promoção de bem-estar, e principalmente com a segurança da comunidade que vive próxima as linhas férreas.

Ela aposta em investimentos para soluções nas cidades e faz um constante trabalho de conscientização dessa comunidade acerca da imprudência.

Além da preocupação com as pessoas, a empresa também possui programas

que focam na gestão ambiental, buscando o menor impacto possível sobre as cidades, programas de gestão de riscos, governança corporativa e controle econômico-financeiro.

A tecnologia muda o cenário social e estão avançando cada vez mais rápido, proporcionando inovações. Entre as mais recentes podemos citar a tecnologia da realidade aumentada e da realidade virtual.

A realidade aumentada (RA) se trata de uma tecnologia que sobrepõe informações virtuais ao mundo real, o que oferece ao usuário uma experiência única, envolvente e interativa. Com a tecnologia em mãos, pode-se sobrepor vários tipos de objetos virtuais a ambientes reais, e também incluir vídeos, músicas ou alguma outra informação sensorial.

A RA funciona através de câmeras e sensores que capturam o ambiente que o usuário está e processa os dados identificando objetos. Sua exibição é feita através de óculos especiais, dispositivos móveis ou telas, podendo ser auditivas, táteis e visuais.

Seu uso pode ser feito em jogos, como o popular Pokémon Go, na área da educação para criar ambientes educativos interativos, no comércio para que lojistas possam visualizar através da realidade aumentada como ficará sua loja com determinado objeto, móvel ou estoque e para auxiliar profissionais técnicos em manutenção e reparos de equipamentos.

Figura 7 – Realidade aumentada



Fonte: CNN Brasil, 2024.

A realidade virtual (RV) cria ambientes simulados tridimensionais através do uso da tecnologia, fazendo com o que o usuário seja imerso em uma experiência

única, sentindo-se em um mundo virtual, mas tão real que é capaz de enganar seus sentidos.

A RV utiliza dispositivos como o óculos que possui uma tela de alta resolução para transmitir o ambiente virtual, juntamente com sensores que rastreiam os movimentos de cabeça e corpo, se adequando ao ambiente. O usuário controla essa experiência através de luvas, joysticks ou algum outro tipo de controlador que permite sua interação com o ambiente virtual.

A RV pode ser usada como entretenimento em jogos, em turismo virtual, para visualizar projetos arquitetônicos e até mesmo na área da saúde, como forma de terapia tratando de fobias ou até mesmo em diversos ramos acadêmicos como forma de se aprofundar no estudo.

Figura 8 – Realidade virtual



Fonte: Portal Hospitais Brasil, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema debatido foi sobre o uso da tecnologia de realidade virtual e realidade aumentada nas linhas ferroviárias, demonstrando quais seus impactos positivos sobre a necessidade da empresa, quais suas formas de utilização e suas características.

O uso de RA e RV nas manutenções de malhas ferroviárias, possibilita o conserto e manutenção precoce de equipamentos que possam apresentar problemas em um futuro próximo, proporcionando soluções rápidas e eficazes, garantindo economia e eficiência.

Fica evidente que o uso dessas tecnologias deve ser explorado com mais frequência através de projetos como forma de solução do problema. Além disso, a união entre tecnologia e empresa auxilia na digitalização e automação do setor de

transporte, atendendo a expectativas tecnológicas de funcionários e clientes.

REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, G. **Realidade manutenção na indústria: o que está sendo feito?**. Joinville: Pollux Part of Accenture, 2019 Disponível em: <https://pollux.com.br/blog/realidade-aumentada-na-industriao-que-esta-sendo-feito/>. Acesso em: 17 maio 2024.

CNN. **O que é realidade aumentada, como funciona e exemplos de aplicativos**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/realidade-aumentada/>. Acesso em 17 maio 2024.

CARDOSO, A. *et al.* **Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada**. Recife: Editora UniversitáriaUFPE, 2007. Disponível em: https://www.gprt.ufpe.br/grvm/wp-content/uploads/Publication/Books&Chapters/2007/TecnologiasEFerramentasParaODesenvolvimentoDeSistemasDeRealidadeVirtualeAumentada_TecnologiasParaODEsenvolvimento.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

GARCÍA, Camino López; ORTEGA, Carlos Alberto Catalina; ZEDNIK, Herik. Realidade virtual e aumentada: estratégias de metodologias ativas nas aulas sobre meio ambiente. **Informática na educação: Teoria & Prática**, v. 20, n. 1, 2017

GASPARI, T.; SEMENTILLE, A. C.; MARAR, J. F. Sistema de Realidade Aumentada Para o Treinamento em Montagem e Manutenção de Equipamentos. *In.*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2. **Anais [...]**. CBIE, 2013. Disponível em: <http://brie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/2714>. Acesso em: 23 set. 2021.

GOMES, C.; JUSTIMIANO, A. C.; MOTTA, E. S.; SEMENTILLE, A. C. Sistema de realidade aumentada para o ensino e treinamento de pessoas quanto a execução e serviços de montagem e manutenção de equipamentos. **Revista Iberoamericana de Tecnología em Educación y Educación em Tecnología**, n.28, mar.2021 Disponível em: <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1551/1255>. Acesso em: 26 out.2021.

MALHA ferroviária e frota. **MRS**. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/empresa/ferrovia-frota/>. Acesso em: 26 out.2021.

MARQUES, B. *et.al.* **Realidade aumentada em manutenção: proposta de uma abordagem multi- dispositivo**. Aveiro, PT: Universidade de Aveiro, Bosch Termo tecnologia, 2018. Disponível em: http://sweet.ua.pt/paulo.dias/Papers/2018/INForum_AR_Manutencao.pdf. Acesso em: 14 maio 2024.

MOBILIDADE fluminense. Município de Estrela. Disponível em: <https://www.mobflu.com/2018/05/Municipio-de-Estrela.html>. Acesso em: 14 maio 2024.

MESQUITA, V. B.; MOREIRA, F. C. Indústria 4.0: aplicação de realidade aumentada. *In.*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA , 15. SEGeT, 2018. **Anais [...].SEGeT**, 2018. Disponível em:

<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/15526168.pdf>. Acesso em: 24 set. 2021

ORIVES, T. L. **Realidade aumentada na manutenção**: um processo de colaboração. 2019. Artigo (Especialista em Manufatura Avançada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2019. Encontrado em:

http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/9649/Tiago%20da%20Luz%20Orives_.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 set. 2021.

OTERO, F. A., & Flores González, J. Realidad virtual: un medio de comunicación de contenidos. Aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos. **Revista de comunicación y tecnologías emergentes**, v. 9, p.185-211, 2011. Disponível em:

<http://icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/viewArticle/28>. Acesso em: 14 maio 2024

PENA, R.F.A. **Transportes no Brasil**. Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/transportes-no-brasil.htm>. Acesso em: 19 maio 2024.

ROBÓTICA e realidade virtual são ferramentas atuais que projetam futuro da medicina de alta performance. **Portal Hospitais Brasil**. Disponível em: <https://portalhospitaisbrasil.com.br/robotica-e-realidade-virtual-sao-ferramentas-da-medicina-atual-que-projetam-futuro-da-medicina-de-alta-performance/>. Acesso em: 19 maio 2024

ROEHL, B. **Special Edition Using VRML, USA: Mc Millan Computer Publishers**.

1996. Disponível em: [http://deby.net/FILES/e-books/\(Ebook%20-%20Pdf\)%20Special%20Edition%20Using%20Vrml.pdf](http://deby.net/FILES/e-books/(Ebook%20-%20Pdf)%20Special%20Edition%20Using%20Vrml.pdf). Acesso em: 14 maio 2024.

SANTOMAURO, Beatriz. TREVISAN, Rita. **Qual a importância das ferrovias para o Brasil?** Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/2066/qual-a-importancia- das-ferrovias-para-o-brasil>. Acesso em: 14 maio 2024.

SILVA, M. A. A. **Segurança no Trabalho na Indústria da Construção**: design de um dispositivo de realidade aumentada e realidade mista complementar a um equipamento de proteção individual – uma perspectiva para 2030. 2021. Dissertação (Mestrado - Design de Produto) - Escola Superior de Artes e Design. Matosinhos, 2021. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/37354>. Acesso em: 06 out. 2021.

TRANSPORTE ferroviário no Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/transporte-ferroviario-brasileiro.htm>. Acesso em: 19 maio 2024.



José Maurício dos Santos Pinheiro¹

RESUMO

A indústria siderúrgica desempenha papel importante na economia global, fornecendo uma ampla gama de produtos de aço que são essenciais para diferentes setores da sociedade. Nesse cenário, a qualidade das bobinas de aço é um aspecto fundamental que afeta diretamente a confiabilidade e a segurança dos produtos comercializados. Tradicionalmente, o controle de qualidade é realizado por métodos manuais ou por sistemas automatizados limitados. Os avanços da Inteligência Artificial (IA) e da tecnologia de visão computacional, oferecem uma opção inovadora para elevar os padrões de qualidade do processo produtivo. Este artigo busca apresentar o potencial dos sistemas de visão computacional no controle de qualidade de bobinas de aço na indústria siderúrgica, destacando os benefícios e as dificuldades envolvidas na sua aplicação no ambiente industrial.

Palavras-Chave: Visão computacional; Automação; Inovação; Qualidade.

1 INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica contribui significativamente para a economia global, produzindo diversos tipos de aço que são utilizados em inúmeras aplicações e a qualidade do aço produzido desempenha papel crítico na determinação da durabilidade, segurança e desempenho dos diferentes produtos beneficiados. Conforme Mourão (2007) “Os últimos anos têm sido especialmente interessantes para a siderurgia mundial, que atravessa um ciclo de grande expansão e consolidação, previsto para durar ainda bom tempo”. E Silva (2011) acrescenta “O mundo atual vive uma fase de grande desenvolvimento, tanto econômico, quanto tecnológico”. No entanto, garantir a qualidade consistente de bobinas de aço em um ambiente de produção complexo, que está e em constante evolução, é uma tarefa bastante desafiadora.

As técnicas tradicionais de controle de qualidade, muitas vezes baseadas em inspeção manual ou algum tipo de sistema automatizado, ainda apresentam limitações em termos de velocidade, precisão e confiabilidade. A inspeção visual humana, por

¹ Professor – Curso Engenharia de Software – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: jose.pinheiro@ubm.br



exemplo, está sujeita a fadiga, subjetividade e inconsistência, o que pode resultar na identificação imprecisa ou na omissão de defeitos críticos nos produtos inspecionados. Já os sistemas de automação, por vezes, não acompanham a velocidade das mudanças de tecnologia que afetam o processo de fabricação e monitoração da qualidade dos produtos. Além disso, com o aumento da demanda por eficiência e competitividade global, há uma necessidade crescente de adotar abordagens mais avançadas e cada vez mais automatizadas para o controle de qualidade. Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA), especialmente a tecnologia de visão computacional, surge como uma alternativa promissora na indústria siderúrgica. Conforme Marques Filho e Vieira Neto (1999) “O uso de robôs dotados de visão artificial em tarefas tais como controle de qualidade em linhas de produção aumenta a cada ano, num cenário de crescente automação industrial”.

2 METODOLOGIA

Revisão da Literatura acadêmica e técnica com o objetivo de contextualizar o estudo dentro do conhecimento existente, identificando lacunas e as contribuições esperadas da pesquisa. Serão usados como fontes artigos acadêmicos, teses, livros e relatórios técnicos sobre controle de qualidade, visão computacional e aplicações na indústria siderúrgica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa sobre a aplicação da visão computacional no controle de qualidade das bobinas de aço, os resultados esperados podem variar dependendo do conteúdo sobre as características dos sistemas de visão computacional utilizados e das condições específicas de implementação.

Espera-se que os sistemas de visão computacional apresentem uma precisão superior na detecção de defeitos em comparação com métodos manuais. Isso significa que a tecnologia deve identificar a maioria dos defeitos reais e minimizar a taxa de falsos positivos e negativos.

A melhoria na precisão e eficácia pode levar a uma redução significativa na quantidade de bobinas com defeitos sendo liberadas para uso ou comercialização, resultando em maior qualidade e segurança dos produtos finais.



4 CONCLUSÃO

No contexto da produção de bobinas de aço, a visão computacional pode melhorar a eficiência operacional ao automatizar processos de inspeção e garantir a qualidade dos produtos. Além disso, permite uma detecção mais rápida de defeitos e irregularidades, contribuindo para a redução de desperdícios e custos de produção. Outra vantagem é a capacidade de realizar análises detalhadas em tempo real, possibilitando uma resposta imediata a quaisquer problemas identificados durante o processo de fabricação.

Superar os desafios ainda existentes para sua utilização no ambiente industrial requer um esforço contínuo de pesquisa e desenvolvimento, bem como uma colaboração estreita entre fabricantes de equipamentos, desenvolvedores de software e empresas. Em suma, a integração bem-sucedida da visão computacional na produção de bobinas de aço tem o potencial de impulsionar significativamente a eficiência, qualidade e competitividade da indústria siderúrgica.

REFERÊNCIAS

BACKES, André Ricardo; SÁ JUNIOR, Jarbas Joaci de Mesquita. **Introdução a visão computacional usando MATLAB**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

BARELLI, Felipe. **Introdução à visão computacional**: uma abordagem prática com Python e OpenCV. São Paulo: Casa do Código, 2018.

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. **Processamento digital de imagens**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MOURÃO, Marcelo Breda (coord.). **Introdução a siderurgia**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

NEVES, Luiz Antônio P; NETO, Hugo Vieira; GONZAGA, Adilson. **Avanços em visão computacional**. Curitiba: Omnipax, 2012.

PINTO JUNIOR, Dário Moreira *et al.* **Tecnologia siderúrgica**. Belo Horizonte: Poisson, 2018.

SILVA, José Nazareno Santos. **Siderurgia**. Santa Maria: UFSM, 2011.

PRODUÇÃO DE CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO RECICLADO
CONCRETE PRODUCTION USING RECYCLED AGGREGATE

Mirian Cristina de Lima Souza¹
Thalita Ramos²
Vinícius Zancanelli Bôsko³

RESUMO

A construção civil é uma área importante para o desenvolvimento e crescimento do país, porém, é o setor causador de grande impacto ambiental, com elevado consumo dos recursos naturais e geração de resíduos. Nesse sentido, surge a necessidade de adotar práticas sustentáveis, dentre as alternativas tem se estudado a utilização de resíduos sólidos de construção ou demolição como agregados reciclados para a produção de concretos, com ou sem função estrutural, uma alternativa promissora, proporcionando benefícios como a redução do volume de resíduos e uso de novas matérias-primas. Contudo, a utilização desse material ainda carrega dúvidas na interferência que a substituição dos agregados pode gerar na produção dos concretos. O presente estudo tem como objetivo principal avaliar o comportamento do concreto fabricado com substituição de 50% do agregado graúdo natural pelo reciclado, analisando suas propriedades no estado fresco e endurecido. Utilizando o ensaio de abatimento (slump), para verificar seu desenvolvimento no estado fresco, já as propriedades no estado endurecido foram avaliadas através do ensaio de absorção e resistência à compressão realizados com 7, 14 e 28 dias.

Palavras-Chave: Construção civil. Sustentabilidade. Resíduos de construção e demolição. Agregado reciclado. Concreto.

ABSTRACT

The construction industry is an important area for the development and growth of the country, but it is the sector that causes the greatest environmental impact, with high consumption of natural resources and generation of waste. In this sense, there is a need to adopt sustainable practices. Among the alternatives, the use of solid waste from construction or demolition as recycled aggregates for the production of concrete, with or without structural function, has been trained, a promising alternative, providing benefits such as the reduction of the volume of waste and the use of new raw materials. However, the use of this material still raises doubts about the interference that the replacement of aggregates can generate in the production of concrete. The main objective of this study is to evaluate the behavior of concrete manufactured with the replacement of 50% of the natural coarse aggregate by recycled aggregate, analyzing its properties in the fresh and durable state. Using the slump test, to verify its development in the fresh state, the properties in the resisted state were evaluated

¹ Acadêmica - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmica - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Docente Mestre - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa

through the analysis and resistance tests performed at 7, 14 and 28 days.

Keywords: Civil Construction; Sustainability; Construction and Demolition Waste; Recycled Aggregate; Concrete.

1 INTRODUÇÃO

Segundo abordagem feita pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), baseado em dados divulgados pelo IBGE em março de 2023, o PIB da construção civil cresceu 6,9% em 2022, demonstrando que a construção civil é uma das áreas com enorme representatividade, que incentiva vários ramos da economia de forma direta e indireta, produzindo empregos e renda.

Nesse contexto, é relevante destacar que apesar da construção civil demonstrar efeitos positivos, é o segmento da indústria que mais utiliza recursos naturais e grande quantidade de energia, ocasionando impactos significativos ao meio ambiente, além de ser considerada a grande geradora de resíduos sólidos (CIB, 2002).

Por consequência disso, os impactos ambientais originados pela construção civil tem se tornado foco de atenção, a imensa quantidade de resíduos produzidos nesta atividade é um dos maiores dilemas vivenciados em territórios urbanos, onde a quantidade de entulhos derivados da construção deve alcançar o dobro do lixo sólido urbano fabricado pela sociedade (John, 2004).

Tendo em vista este cenário apresentado anteriormente, torna-se indispensável o gerenciamento dos resíduos, que é estabelecido como um sistema que procura reduzir, reutilizar ou reciclar, por meio do planejamento, técnicas, mecanismos e recursos destinados a elaboração de medidas primordiais voltadas para o alcance dos objetivos previstos em programas e planos (Brasil, 2002).

O reaproveitamento de materiais é um tema considerável nos mais variados setores, em especial no da construção civil. Conforme a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), a reciclagem do RCD minimiza a retirada de pedras de pedreiras e amplos territórios verdes, economiza recursos hídricos e áreas florestais, impedindo que o RCD seja jogado em rios, riachos, represas e mares e impulsiona a geração de novos postos de serviços e renda.

Com base nisso, torna-se relevante ressaltar a contribuição do uso do RCD para a sustentabilidade ambiental, sendo que o resíduo pode ser utilizado como agregado

reciclado em substituição ao agregado natural, comumente usados no processo de confecção de concreto.

Embora, os resíduos originados da reciclagem apresentem benefícios ecológicos, é preciso que seja realizado a análise de sua viabilidade, a fim de identificar as vantagens de sua aplicabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil se destaca pela sua essencialidade, a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON (2020) aponta como o setor que influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento dos países, no Brasil representa por volta de 10% do Produto Interno Bruto (PIB), segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). Em 2019, foi responsável pela geração de 15% do total de empregos formais criados no país (Abrecon, 2020).

Também é considerada um setor que gera grandes impactos ambientais, além do alto consumo recursos naturais, é geradora de resíduos de construção e demolição, a reutilização desses materiais sendo cada vez mais comum, mas ainda está longe de chegar a nível desejado (Franceschi, 2016).

Considerando a grandiosidade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, fica claro que o desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado sem que a indústria da construção se torne sustentável (Brasileiro; Matos, 2015).

Ao falar sobre as práticas sustentáveis na construção civil Beltrand (2019) indica as principais ações sendo o uso de materiais sustentáveis, como material ecológico, reciclado, material com baixa emissão de CO₂, baixo consumo de água e energia (Beltrand, 2019).

Com o mercado cada vez mais exigente e o aumento da concorrência, a produção sustentável tornou-se um elemento de diferenciação competitiva. A sustentabilidade na construção não se trata apenas de reduzir o desperdício de materiais.

Mas trata-se também de tomar medidas para reduzir custos e despesas, reutilizar e promover o uso racional dos recursos naturais (Roque; Pierri, 2019).

2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos sólidos são os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004).

Os resíduos originados nas atividades da indústria da construção civil são definidos pela Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como aqueles que são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, bem como os resultantes da preparação de escavação do solo, citando como exemplos os tijolos, as rochas, os metais, as tintas, colas, as madeiras, o gesso, as telhas, os vidros e os plásticos (Conama, 2002).

Segundo Laruccia (2014) os resíduos de construção e demolição são geralmente inertes. Portanto, permanecem por muito tempo na natureza fato que é agravado pela grande quantidade de entulho que o país gera por ano.

Sua disposição errônea leva ao entupimento de córregos e sistemas de drenagem, enchentes, disseminação de agentes transmissores de doenças, obstrução de vias, degradação das áreas de manancial e de proteção permanente, assoreamento de rios, além da degradação visual causada quanto à paisagem urbana (Laruccia, 2014).

2.2.1 Classificação dos resíduos sólidos

Os Resíduos de construção ou demolição são compostos por diversos tipos de matérias, podem apresentar variações em suas características química e físicas, por esse motivo é indispensável a prévia caracterização para identifica e qualificar os resíduos e dessa forma decidido destinação adequada, a segregação, acondicionamento, transporte, e por fim o tratamento dos resíduos e a disposição final.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de número 307 de 05 de julho de 2002, classifica grupos os resíduos de construção da seguinte forma:

Tabela 1: Classificação dos resíduos da construção civil

	CARACTERÍSTICA DO MATERIAL	EMPREENHIMENTO DE QUALIFICAÇÃO (A) À RECEBER
CLASSE A	São os resíduos recicláveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparo de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparo de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processos de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.	Usina de Reciclagem de RCD ABNT 15114/2004 Aterro de Inertes ABNT 15113/2004 Área de Transbordo e Triagem - ATT ABNT 15112/2004
CLASSE B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, EMBALAGENS VAZIAS DE TINTAS IMOBILIÁRIAS e grãos. (Redação dada pela Resolução nº 488/15)	Usina de Reciclagem de RCD ABNT 15114/2004 Área de Transbordo e Triagem - ATT ABNT 15112/2004 Aterro Sanitário ABNT 15849/2010
CLASSE C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. (Redação dada pela Resolução nº 431/11)	Aterro Sanitário ABNT 15849/2010 Aterro de Resíduos Não Perigosos ABNT 13696/1997
CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparo de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como tintas e demais objetos e materiais que contêm amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 431/11)	Aterro de Resíduos Perigosos ABNT 10157/1987
<p>Observação: § 1º No âmbito dessa resolução consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida.</p>		

Fonte: ABRECON, 2017.

Já a ABNT 10004/2004, classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

Tabela 2: Classificação dos resíduos sólidos

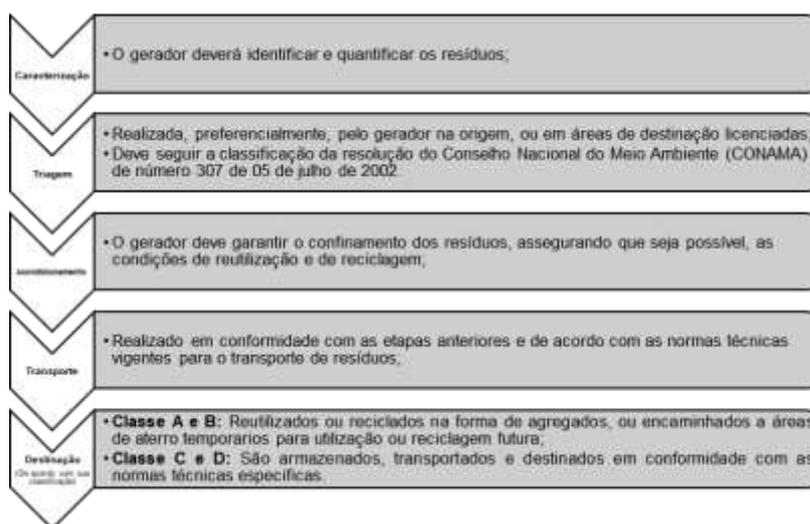
CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	EMPREENHIMENTO DE QUALIFICAÇÃO (A) À RECEBER
CLASSE I PERIGOSOS	Resíduos que apresentem características de periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.	Aterro de Resíduos Perigosos ABNT 10157/1987
CLASSE II NÃO PERIGOSOS	Resíduos alimentares, sacatas de metais ferrosos, sacatas de não ferrosos, papel e papéis, plásticos, borrachas, madeiras, minerais não metálicos, areia de fundição, bagaço de cana e coco.	Aterro de Resíduos Não Perigosos ABNT 13696/1997
CLASSE IIA NÃO INERTES	Resíduos com propriedades de inflamabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.	Aterro Sanitário ABNT 15849/2010
CLASSE IIB INERTES	Qualquer resíduo que, quando amostrado de uma forma representativa não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.	Área de Transbordo e Triagem - ATT ABNT 15112/2004 Aterro de Inertes ABNT 15113/2004 Usina de Reciclagem de RCD ABNT 15114/2004

Fonte: ABRECON, 2017.

2.2.2 Gestão de resíduos da construção civil

O Art. 9º da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de número 307 de 05 de julho de 2002, define os projetos de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

Figura 1: Etapas do gerenciamento de Resíduos da Construção Civil



Fonte: Adaptado do art. 9º da Resolução CONAMA nº 307 de 2002.

2.2.3 Reutilização de resíduos da construção civil

No Brasil grande parte dos resíduos de construção são reutilizados como agregados para pavimentação e enchimento de aterros, mesmo que a maior parte dos agregados tradicionais seja voltada para o emprego em concretos e argamassas, apenas 20% da reciclagem de toda fração mineral do RDC como agregado ocupa o mercado de produtos à base de cimento, isso acontece pois nas atividades de pavimentação as exigências de qualidade como produto são menores e é uma reciclagem de baixo valor (Ângulo, 2005).

Matuti e Santana (2019) fala do grande potencial de reutilização apresentado pelos resíduos de construção, a reutilização feita conforme as normas, gera grande benefício ao meio ambiente, diminuindo a quantidade de resíduos que seriam descartados e reduz gastos na compra de novos insumos.

A sustentabilidade, tão almejada pela sociedade atual, certamente só será atingida se a construção civil, umas das principais, consumidora de matéria-prima e geradora de resíduos, tornar-se sustentável (Matuti; Santana, 2019).

Os agregados reciclados, pode ser apenas concreto ou cerâmico, ou ainda misto com argamassa, cerâmica, cerâmica polida, materiais betuminosos, concreto, rochas, amianto, solo e cal, desde que a predominância seja materiais inorgânicos e não-metálicos (Ângulo, 2005).

Ângulo (2005) assemelha o processo de reciclagem dos resíduos sólidos com a

de mineração e de produção de agregados naturais.

As usinas brasileiras são compostas basicamente por operações de cominuição e de separação manual por tamanho.

A fração mineral do RDC e o modo que é classificado visual resulta na variação da composição e propriedades físicas do agregado (Ângulo, 2005).

Existe dois tipos de usinas, a fixa que é situada em área definida, sendo necessário o transporte dos resíduos até o local para processamento, possui várias etapas de britadores e de limpeza do resíduo, podendo processar resíduos mistos e gerar uma diversidade de tipos de agregados reciclados, inclusive de melhor qualidade, dependendo das operações de processo utilizadas. Já as usinas móveis são compactas, mas com maior mobilidade, os resíduos podem ser manuseados no próprio canteiro de obra, o que reduz custos logísticos de destinação de resíduos e com aquisição de agregados, e impactos ambientais relativos ao transporte dos agregados (Abrecon, 2020).

2.2.4 Agregados reciclados

O entulho a ser reciclado, se apresenta na forma sólida, com características físicas variáveis, que dependem do seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção (como a da areia e a da brita), como em formatos e dimensões irregulares, e segundo a ABRECON (2019), pode ser usado não só como agregado para novos concretos como também pode ser usado na forma de brita corrida, cascalhamento de estradas, preenchimento de vazios em construções, preenchimento de valas de instalações, reforço de aterros, para superfícies rígidas, utilização em paisagismos, preenchimento de gabiões, etc. (Abrecon, 2019).

A porosidade do agregado de RCD é mais fortemente influenciada pelo tipo e quantidade de material presente, os compostos de cerâmica vermelha, que é poroso e a absorção de água varia bastante, podendo chegar a 24%, já as partículas cimentícias, puro concreto ou pura argamassa, pode alcançar 15% quanto menor essa porcentagem mais resistente a esforços mecânicos ou de abrasão será o agregado reciclado (Ângulo, 2005).

A ABRECON define o controle de qualidade como um obstáculo ao setor de reciclagem de RCD, pois as usinas são operadas de forma simples e sem efetivo

planejamento e a necessidade em ensaiar os agregados reciclados é, em alguns casos, alheio aos operadores e aos próprios empresários. (ABRECON, 2020).

Os agregados reciclados devem seguir as mesmas definições normativas dos agregados naturais, quanto determinação da massa unitária, massa específica e composição granulométrica.

2.3 CONCRETO

O concreto é um dos materiais mais amplamente utilizados na construção civil devido à sua versatilidade, durabilidade e resistência, pode ser classificado pela norma ABNT NBR 8953:2015, de acordo a densidade, a resistência a compressão a consistência.

Os materiais utilizados na produção do concreto, independentemente do tipo, basicamente são: Aglomerante, comumente utilizado o cimento, agente ligante pasta responsável por unir os demais ingredientes, água, que ativa o cimento e inicia o processo de hidratação, crucial para o endurecimento do concreto, agregados, podendo ser naturais ou artificiais, e são classificadas de acordo a sua granulometria, eles proporcionam volume e resistência ao concreto, a areia e a brita são os agregados mais comuns, aditivos, que são opcionais, são adicionados quando se deseja atingir uma propriedades específicas ao concreto, como retardar o tempo de cura ou aumentar a resistência.

Para garantir as propriedades do concreto, ele é submetido a uma série de ensaios, que se inicia ainda fresco, com o teste de abatimento do tronco de cone ou slump test onde é verificado sua trabalhabilidade e consistência, e na fase endurecida, onde os mais importantes são para garantir o índice de absorção do material e a sua resistência mecânica a compressão.

2.3.1 Concreto com agregado reciclado

O concreto composto por agregados recicláveis é aquele fabricado com resíduos oriundos da britagem, substituindo de maneira parcial ou integral os agregados tradicionais.

Os agregados tradicionais possuem menor porosidade quando comparados ao reciclável, sendo a resistência ou durabilidade do concreto convencional facilmente administrada pelos vazios da pasta de cimento.

Enquanto, os agregados reciclados além de levar em consideração a porosidade da pasta também se considera a porosidade do agregado (Ângulo; Figueiredo, 2011).

Além disso, outro aspecto relevante dos agregados de RCD é a massa específica inferior à dos agregados naturais, nos ensaios executados por Leite (2001), a massa específica do concreto produzido com agregado de reciclagem reduziu em 16 (Leite, 2001).

A respeito do comportamento da resistência à compressão do concreto produzido com agregado reciclado é visível que eles tendem a Lei de Abrams, isto é, à medida que a relação/água cimento é aumentada, a resistência diminui.

A influência na resistência à compressão é maior do agregado graúdo reciclado comparado ao agregado miúdo reciclado, assim como todos os concretos que possuem agregado reciclado terá resistência menores do que o concreto de referência (Kruger; Pereira; Chinelatto, 2017).

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentados os materiais e métodos utilizados na etapa experimental dessa pesquisa, definido nas seguintes fases, seleção e caracterização dos materiais, produção dos corpos de prova de concreto e realização dos ensaios.

3.1 MATERIAL

Como agregado graúdo natural foi utilizado pedra britada de origem granítica, classificada como brita 1, o material foi lavado para retirada de impurezas e seco em temperatura ambiente por 24 horas, já o agregado miúdo optou-se por uma areia natural média.

O agregado reciclado utilizado nesse estudo são oriundos da obra de expansão do Sider shopping, localizado na Rua 12, nº300 Bairro Vila Santa Cecília, na cidade de Volta Redonda, Rio de Janeiro, o material doado é composto por concreto demolido dos pilares da fachada e Bloco de Concreto Celular Autoclavado.

Por não ter usinas de reciclagem de resíduos de construção ou demolição na região, o material foi coletado no canteiro de obra, levado ao laboratório, quebrados manualmente, separado visualmente, lavado para retirada de qualquer impureza e, seco em temperatura ambiente por 24 horas e só então classificado através do ensaio de peneiramento.

O agregado graúdo natural e reciclado seguiram o mesmo parâmetro de classificação, foi considerado a fração passante pela peneira malha $\frac{3}{4}$ de 19mm e retido na peneira $\frac{1}{2}$ de 12,5 mm e o material passante foi descartado.

O cimento Portland utilizado foi o CP III-32 RS normatizado pela NBR 16697, produzido pela CSN a partir da moagem do clínquer, sulfato de cálcio, material carbonático e escória granulada de alto-forno e a água utilizada para amassamento do concreto foi a fornecida pela SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto na cidade de Barra Mansa. Para a fabricação dos corpos de prova a serem ensaiados não foi utilizado aditivos.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Definição dos traços

Optou-se por adotar como traço referência de concreto convencional a dosagem definida por Silva (2023), que utilizou o método da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, e considerou a resistência à compressão do concreto de 20 Mpa. Com proporção em relação a massa do cimento de 1: 1,68: 1,80: 0,5 (Cimento: Agregado Graúdo, Agregado Miúdo: Água).

Tabela 3: Composição do traço referência (kg/m³)

Traço	Cimento	Agregado Graúdo Natural	Agregado Miúdo Natural	Agregado Reciclado	Água
Referência	444	745,6	798,62	-	222

Fonte: Silva, 2023

Para a moldagem dos corpos de prova que foram submetidos ao ensaio de compressão, foi produzido aproximadamente 0,007m³, e a partir do traço referência feito a substituição 50% do agregado natural pelo agregado reciclado, chegando ao seguinte traço:

Tabela 4: Composição do traço adaptado (kg/m³)

Traço	Cimento	Agregado Graúdo Natural	Agregado Miúdo Natural	Agregado Reciclado	Água
Referência	3	5,04	5,4	-	1,5
50%	4	2,52	5,4	2,52	1,5

Fonte: Autor (2024)

Com todo o material classificado e dosado, iniciou se a produção do concreto no laboratório de Engenharia Civil do Campus da UBM, os passos seguidos foram adaptados de Silva (2023).

Após a mistura, com o concreto ainda no estado fresco, para cada um dos traços foi realizado o teste de abatimento de tronco de cone, conforme definido pela NBR 16889 (ABNT, 2020), para verificar a influência na trabalhabilidade pela utilização dos agregados reciclados na produção dos concretos.

Ao todo foram produzidos 9 corpos de prova, cilíndricos de 100mm de diâmetro e 190mm de altura, sendo 3 corpos com o traço de concreto tradicional, 3 corpos de prova utilizando o agregado reciclado de concreto e 3 corpos de bloco sical.

Os processos de moldagem e adensamento foram realizados de acordo com as prescrições da NBR 5738 (ABNT, 2015). Para moldagem dos corpos de prova, antes da colocação da mistura, os moldes foram untados com uma fina camada de óleo vegetal, o adensamento adotado foi o manual, o concreto foi colocado em camadas de volume aproximadamente igual, a primeira camada adensada com a golpes da haste distribuídos uniformemente em toda sua seção transversal e as seguintes em toda sua espessura, batendo lentamente na fase externa do molde para fechar eventuais espaços.

Durante as primeiras 24h, os moldes foram cobertos para de evitar perda de água do concreto. Após esse período os CPs foram desmoldados, identificados e mantidos por imersão em um taque contendo água até o dia dos testes.

Posteriormente foram produzidos mais 6 corpos de prova, sendo dois de cada traço, seguindo o mesmo processo de moldagem, para a realização do ensaio de absorção.

3.2.2 Ensaio de resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão axial dos concretos foram empregados 9 corpos de prova, sendo realizado um ensaio a idade de 7, 14, 28 dias para cada mistura analisada, a norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2018), estabelece a necessidade da realização de três repetições a cada idade, mas levando em conta o tempo para a realização dos ensaios e a quantidade de molde disponível no laboratório, optou-se por fazer apenas um ensaio a cada idade.

3.2.3 Ensaio de absorção

No estado endurecido, foi realizado o ensaio de absorção de água, seguindo a norma NBR 9778 (ABNT, 2005), dois corpos de prova, de cada traço, foram colocados na estufa à temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$, por 24h e resfriado naturalmente, após isso foram colocados em um tanque e durante as primeiras 4h mantidos com 1/3 de seu volume imerso em água à temperatura ambiente, nas 4h subsequentes com 2/3 imerso e mais 64h completamente imersos, totalizando 72h. Para determinar a massa, os corpos de prova saturados foram retirados do tanque e sua superfície enxuta com uma toalha e realizado a pesagem anotando seu peso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

As propriedades no estado fresco, referentes a trabalhabilidade dos concretos produzidos, aguardando os resultados, fase experimental.

Tabela 5: Propriedades concreto fresco

Traço	Slump test (cm)
Traço Referência	
Traço ARCO	
Traço AR Sical	

Fonte: Autor (2024)

4.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

4.2.1 Resistência à compressão axial

A avaliação do desempenho dos concretos no estado endurecido incluiu os resultados de resistência à compressão axial aos 7, 14 e 28 dias.

Figura 2: CP - Traço SICAL.



Fonte: Autor (2024).

Figura 3: CP - Traço ARCO.



Fonte: Autor (2024)

Figura 4: CP - Traço Referencia.



Fonte: Autor (2024)

Tabela 6: Resistencia a compressão com 7 dias

Traço	Resistência à compressão (Mpa)
Traço Referência	9,90
Traço ARCO	8,47
Traço AR SICAL	3,32

Fonte: Autor (2024)

Aguardando os resultados, fase experimental.

Tabela 7: Resistencia a compressão com 14 dias

Traço	Resistência à compressão (Mpa)
Traço referencia	
Traço ARCO	
Traço AR SICAL	

Fonte: Autor (2024)

Aguardando os resultados, fase experimental.

Tabela 8: Resistência a compressão com 28 dias

Traço	Resistência à compressão (Mpa)
Traço Referência	
Traço ARCO	
Traço AR SICAL	

Fonte: Autor, 2024.

4.2.2 Absorção de água

Aguardando os resultados, fase experimental.

Tabela 9: Peso dos corpos de prova

Traço	Peso inicial	Peso final
Traço Referência		
Traço ARCO		
Traço AR SICAL		

Fonte: Autor (2024)

4.2.3 Massa específica do concreto

Aguardando os resultados, fase experimental.

Tabela 30: Massa específica dos corpos de prova

Traço	Massa específica real (g/cm ³)
Traço Referência	
Traço ARCO	
Traço AR SICAL	

Fonte: Autor (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os valores obtidos nos ensaios, que foram realizados em corpos de provas com idade de 7 dias de cura, conforme esperado o traço de referência apresentou maior resistência à compressão, enquanto que o traço onde houve

substituição de 50% do agregado graúdo por ARCO, obteve resistência menor, porém considerável quando aplicado ao concreto sem função estrutural, já o concreto que utilizou o bloco sical como agregado demonstrou baixa resistência e maior leveza quando comparado aos demais traços, sendo esse comportamento explicado pelo fato de que a estrutura do sical é mais porosa, possuindo bastante quantidade de vazios, além de apresentar formato irregular das suas partículas.

O ARCO possui em sua composição a mistura de diferentes materiais e tempo de fabricação do concreto que está sendo reutilizado como fatores que altera a relação água/cimento, tendo como característica do agregado reciclado a sua alta absorção, responsável por prejudicar a hidratação apropriada do cimento, resultando em um concreto menos resistente, e podendo interferir na vida útil do concreto reciclado.

REFERÊNCIAS

ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Entulho**. 2019. Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho>. Acesso em: 30 dez. 2023.

ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Pesquisa setorial**. 2020. Disponível em: <https://abrecon.org.br/documentos-e-informa/pesquisa-setorial-abrecon-2020>. Acesso em: 22 out. 2023.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduo de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concreto**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ÂNGULO, S; FIGUEIREDO, A. **Concreto: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8953: Concretos para fins estruturais, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9778:** Argamassa e concretos endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:** resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16889:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco cone. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n.º 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS J. M. E. Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, Teresina, v. 61, p. 178-189, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?lang=pt>. Acesso em 23 out. 2023.

BELTRAND, G. E. S. **Perspectivas sobre práticas sustentáveis na construção civil em Maceió** – AL: atuação profissional. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura: Dinâmica do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/6496>. Acesso em: 24 out. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Informativo Econômico**. 02 mar. 2023. Disponível em CBIC: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2023/03/informativo-economico-pib-4o-trimestre-2022-1.pdf>. Acesso em 19 fev. 2023.

CIB. Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries:** a discussion document. Pretória, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 307 de 05 de julho de 2022**. Disponível em: Resolução CONAMA n° 307 de 05/07/2002 (normasbrasil.com.br). Acesso em 23 out. 2023.

FRANCESCHI, F.; SANTIAGO, C.; LIMA, T.; PUGLIESI, E. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: uma discussão sobre a evolução dos dados no período 2003 – 2014. **Revista DAE**, maio 2017. DOI: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2016.028>

JOHN, M.V. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. *In*: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E

RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anais** [...]. São Paulo: IBRACON, 2004.

216

KRUGER, P.; PEREIRA, E.; CHINELATTO, A. S. A. Influência do agregado reciclado na durabilidade do concreto: uma revisão da bibliografia. *In: SIMPÓSIO PARANAENSE DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES*, 2. **Anais** [...]. SPPC, artigo 2SPPC1021, p. 253-265, 2017. DOI: 10.4322/2SPPC.2017.021

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014. DOI: <https://doi.org/10.22567/rep.v3i1.124>

LEITE, B. M. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 290p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MATUTI, B. B.; SANTANA, G. P. Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico – uma revisão. **Scientia Amazonia**, v. 8, n.1, E1-E13, 2019. Disponível em <https://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.-8-n.1-E1-E13-2019.pdf>. Acesso em 20 out. 2023.

ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.8, n.2, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/703>. Acesso em: 30 out. 2023.

SILVA, J. L. O. **Análise de propriedades mecânicas de concretos produzidos com diferentes dosagens de agregados reciclados de concreto**. 2023. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.



PROJETO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR

HOME SEWAGE TREATMENT PLANT PROJECT

Ailton da Silva Ferreira¹
Edmir Batista Junior²
Igor Novaes Pereira³
Jackson Dener de Almeida⁴
Larissa Paixão Soares⁵
Pedro Fieto Coutinho⁶
Raniere Silvino Isabel⁷
Robson Bessa Cirne⁸
Dener Martins dos Santos⁹

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar os principais aspectos na elaboração de projeto de engenharia para construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto Domiciliar. A metodologia utilizada aborda os aspectos como a seleção do local adequado, análise das características do esgoto a ser tratados, escolhas das tecnologias de tratamento mais apropriadas, dimensionamento dos componentes do sistema, considerações ambientais e regulatórias, custos envolvidos e avaliação da viabilidade técnica, econômica e ambiental do projeto. Os resultados indicaram que para atender a população estimada, a estação de tratamento proposta ocuparia uma área de 1421,17m², para o seu pleno funcionamento de modo satisfatório.

Palavras-chaves: Estação de tratamento de Esgoto. Projeto de Engenharia. Qualidade ambiental. Saúde Pública.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate the main aspects in the development of an engineering project for the construction of a Home Sewage Treatment Station. The methodology used addresses aspects such as selection of the appropriate location, analysis of the sewage to be treated, choice of the most appropriate treatment technologies, sizing of system components, environmental and regulatory considerations, costs involved and assessment of technical and economic feasibility, and environmental aspects of the project. The results indicated that to serve the estimated population, the proposed treatment plant would occupy an area of 1474 m², for its full satisfactory operation.

Keywords: Sewage treatment plant. Engineering Project. Environmental quality.

¹ Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: ailtonferreirabm@hotmail.com

² Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: edmirbjunior2016@gmail.com

³ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica– Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: igornovaesvr@gmail.com

⁴ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica– Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: jacksondener14@gmail.com

⁵ Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica– Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: larissa.soares05@gmail.com

⁶ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: pedrofieto2@gmail.com

⁷ Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: ranisilvino@icloud.com

⁸ Acadêmico – Curso de Engenharia Civil – Centro Uiversitário de Barra Mansa. E-mail: robson.cirne@gmail.com

⁹ Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br



Public Health.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto domiciliar desempenha um papel vital na preservação da saúde pública e na proteção do meio ambiente, garantindo a remoção eficaz de poluentes antes do descarte ou reuso das águas residuais. Neste trabalho, exploraremos detalhadamente o processo que envolve a concepção, construção e funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto domiciliar, desde a fase inicial de planejamento até sua operação efetiva.

A jornada de uma estação de tratamento de esgoto domiciliar começa com o projeto de construção, onde são definidos os requisitos específicos de tratamento, considerando as características do esgoto gerado pela população a ser atendida, as condições do terreno e as normas ambientais e sanitárias vigentes. Durante esta fase, são elaborados os desenhos técnicos, definidas as tecnologias a serem empregadas e realizados os estudos de viabilidade e impacto ambiental necessário para garantir a eficiência e sustentabilidade do empreendimento.

Após a aprovação do projeto, inicia-se a fase de construção, que envolve a execução das estruturas civis, instalação dos equipamentos e sistemas de tratamento, e implementação das redes de coleta e distribuição de esgoto. Durante este processo, são empregadas técnicas e materiais específicos que garantam a qualidade e durabilidade das instalações, bem como o cumprimento dos prazos e orçamento estabelecidos.

Uma vez concluída a construção, a estação de tratamento de esgoto domiciliar entra em operação, onde são realizados os testes e ajustes necessários para garantir o pleno funcionamento dos sistemas. Nesta fase, é fundamental o treinamento adequado dos operadores e a implementação de planos de manutenção preventiva para assegurar a eficiência e confiabilidade do processo de tratamento em longo prazo.

Ao compreendermos o ciclo completo de vida de uma estação de tratamento de esgoto domiciliar, desde sua fase inicial de projeto até seu funcionamento operacional, podemos apreciar a complexidade e importância deste sistema essencial para a saúde e bem-estar das comunidades, bem como para a preservação dos recursos naturais e ecossistemas.



1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo detalhado sobre o processo de planejamento, projeto e construção de uma estação de tratamento de esgoto doméstico; Bio Reator Combinado (BRC). Também visa englobar conhecimentos pertinentes as áreas das seguintes engenharias: civil, mecânica e elétrica, com foco na aplicação de tecnologias sustentáveis e eficientes.

2 IMPORTÂNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) são unidades onde o esgoto, após sair das residências e passar pela rede coletora por meio de um longo sistema de tubulações subterrâneas, é levado para ser tratado, podendo assim, ser devolvido ao meio-ambiente e lançado em rios, lagos ou no mar; sem prejuízo ambiental destes. A água encontrada no meio ambiente é um bem extremamente precioso e presente no cotidiano de cada cidadão. Afinal, lavar as mãos, tomar banho, lavar a louça e as roupas e usar a descarga do vaso sanitário são ações que fazem parte do dia a dia das pessoas de qualquer cidade. Toda a água que é eliminada nesse uso é chamada de esgoto. Nesse contexto, o saneamento básico, especialmente com as estações de tratamento de esgoto, é fundamental para garantir que essas águas servidas retornem para a natureza despoluída, contribuindo com a prevenção de doenças, a promoção da saúde e a melhora da qualidade de vida da comunidade. A figura 1 mostra uma vista aérea de uma estação de tratamento de esgoto.

Figura 1: Estação de tratamento: (BRC) Bio reator combinado



Fonte: Bioprojet, 2024



O BRC, ou Bio Reator Combinado, é um tipo avançado de reator biológico utilizado no tratamento de águas residuais. Este sistema integra diferentes processos biológicos e físicos para maximizar a eficiência na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes nas águas residuais. O Bio Reator Combinado (BRC) opera através da combinação de processos aeróbios e anaeróbios em um único sistema. A tabela 1 apresenta a descrição das três zonas que compõem o BRC:

Tabela 1: Tipos de zonas que compõem o BRC e suas respectivas características

ZONA	CARACTERÍSTICA
Zona Anaeróbia	A matéria orgânica é degradada em condições de ausência de oxigênio. Micro-organismos anaeróbios convertem matéria orgânica complexa em ácidos graxos voláteis, metano e dióxido de carbono.
Zona Aeróbia	Após o tratamento anaeróbio, o efluente é exposto a condições aeróbias onde micro-organismos aeróbios decompõem os compostos orgânicos restantes, resultando na produção de dióxido de carbono e água. Nesta fase, também ocorre a nitrificação, processo no qual amônia é convertida em nitratos.
Zona de Clarificação	Decantador Secundário: O efluente tratado é então levado para uma zona de clarificação onde os sólidos suspensos são separados da água tratada. Esta etapa pode incluir processos de sedimentação e filtração para garantir a qualidade do efluente final. Zona de Flotação (opcional): Alguns sistemas utiliza a flotação para separar sólidos em suspensão do efluente tratado.

Fonte: Araújo Júnior (2006)

2 ESCOPO DO PROJETO

Nessa parte do trabalho se realiza todo o dimensionamento do projeto, suas etapas de execução e se identifica os prazos nos quais as metas serão alcançadas. A tabela 2 apresenta o delineamento das ações a serem tomadas nesta fase do projeto. Cabe registrar que neste trabalho, se é realizado o escopo relativo às obras civis necessárias à construção da Estação de Tratamento de Esgoto, mas também, se é adicionado o escopo elétrico e o escopo mecânico. Isso é feito uma vez que se trata de uma obra que necessita de profissionais de múltiplas áreas desde a obra até a sua operacionalização.

Tabela 2: Descrição das atividades na elaboração do Escopo do Projeto

ATIVIDADE	AÇÃO
Levantamento de Requisitos e Estudo de Viabilidade	Identificação da demanda: Avaliação da necessidade de tratamento de esgoto em determinada área residencial. Estudo de viabilidade técnica e ambiental: Análise das condições do terreno, características do esgoto a ser tratado e regulamentações locais.
Projeto Preliminar	Dimensionamento da capacidade: Determinação da quantidade de esgoto a ser tratada, considerando a população atendida e as características do esgoto gerado. Seleção do tipo de estação de tratamento: Escolha entre diferentes tecnologias disponíveis, como sistemas de lagoas de estabilização, reatores anaeróbios, filtro biológico, entre outros, dependendo das condições locais e requisitos de tratamento. Análise de custos: Estimativa dos custos de construção e operação da estação de tratamento.
Projeto Executivo	Projeto Civil: Elaboração de desenhos detalhados da infraestrutura civil da estação, incluindo tanques, canais, tubulações e estruturas de suporte. Após a seleção do local, é elaborado o projeto detalhado da estação de tratamento de esgoto em concreto armado. Este projeto inclui o dimensionamento de todas as estruturas, como tanques de tratamento, decantadores, reatores, canais, lajes, vigas, fundações, entre outros elementos. Projeto Hidráulico: Desenvolvimento dos sistemas de entrada, tratamento e saída de esgoto, incluindo redes de coleta, bombas, efluentes e sistemas de drenagem. Projeto Elétrico: Projeto das instalações elétricas, incluindo iluminação, motores, painéis de controle e sistemas de segurança
Licenciamento e Aprovações	Obtenção das licenças e autorizações necessárias junto aos órgãos ambientais e de saneamento
Contratação e Aquisição	Seleção de empreiteiras e fornecedores de equipamentos e materiais, mediante processo de licitação ou negociação direta. Aquisição de materiais e equipamentos conforme especificações do projeto
Construção	Preparação do terreno: Sondagens do solo, limpeza e nivelamento do terreno (terraplanagem). Construção das estruturas civis: Execução dos tanques, canais, leitos de secagem, entre outros, conforme projeto. Instalação dos sistemas mecânicos e elétricos: Montagem das bombas, aeradores, painéis de controle, entre outros
Testes e Comissionamento	Testes de funcionamento: Verificação da operação dos sistemas e ajustes necessários. Testes de desempenho: Avaliação do funcionamento da estação de tratamento em condições reais de operação. Comissionamento: Certificação de que a estação está pronta para operação regular.
Operação e Manutenção	Treinamento de pessoal: Capacitação dos operadores sobre o funcionamento da estação e procedimentos de operação e manutenção. Operação diária: Monitoramento do processo de tratamento, coleta de dados e análise de amostras. Manutenção preventiva: Rotina de inspeção e manutenção para garantir o funcionamento eficiente da estação
Monitoramento e Avaliação	Acompanhamento do desempenho da estação de tratamento ao longo do tempo, incluindo análise da qualidade do efluente tratado. Avaliação periódica dos impactos ambientais e sociais do sistema de tratamento de esgoto domiciliar

Fonte: Autores (2024)

A compatibilização de projetos em uma obra civil é um processo fundamental que visa garantir que todos os projetos relacionados à construção, como arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidráulicos, entre outros, estejam alinhados e integrados de forma harmoniosa. Isso é essencial para evitar conflitos, retrabalhos e custos adicionais durante a execução da obra.



Esse processo geralmente é realizado por uma equipe multidisciplinar, que inclui arquitetos, engenheiros civis, engenheiros elétricos, engenheiros hidráulicos, engenheiros mecânicos entre outros profissionais envolvidos nos diferentes aspectos da construção. O objetivo é assegurar que todos os aspectos do projeto estejam alinhados para garantir a eficiência, a segurança e a qualidade da obra.

3.1 ESCOPO DO PROJETO CIVIL

O escopo de projeto civil é dividido em duas fases distintas:

- Obras de infraestrutura básica;
- Obras de edificação da estação.

3.1.1 Obras de infraestrutura básica

A observação criteriosa das etapas necessárias para realizar a fundação de uma edificação é crucial para garantir a segurança e a estabilidade da estrutura. A figura 2 apresenta o início das obras civis para construção de uma estação de tratamento de esgoto. A tabela 3 apresenta as principais etapas, do escopo civil.

Figura 2: Demonstração do início da construção de uma estação de tratamento de esgoto



Fonte: Iguá (2024)

Tabela 3: Etapas necessárias na fase de obra civil da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

ATIVIDADE	AÇÃO
Estudo do Solo	Antes de qualquer coisa, é necessário analisar o local da construção e realizar estudos e ensaios para entender as características do solo.
Relatório de Sondagem SPT	Um relatório de sondagem é feito para determinar o perfil do solo, nível do lençol freático, compactação, entre outros fatores.
Escolha do Tipo de Fundação	O tipo de fundação é escolhido com base no sistema construtivo, número de pavimentos, perfil do solo e qual será a mais segura e econômica.
Lançamento	Esta etapa envolve a marcação, esquadrejamento e preparação do terreno para iniciar a construção da fundação.
Dimensionamento	O dimensionamento dos elementos da fundação é feito para garantir que o solo suportará as cargas da edificação: As cargas em uma edificação se referem às forças que atuam sobre a estrutura da mesma. Essas cargas podem ser classificadas em diferentes tipos, incluindo
Carga permanente	São as cargas que permanecem constantes ao longo do tempo e são geradas pelo próprio peso dos elementos da estrutura, como as paredes, lajes, vigas, etc. Também incluem o peso dos materiais permanentes, como o mobiliário fixo, equipamentos, revestimentos, etc.
Carga Variável	São as cargas que podem mudar com o tempo, como o peso das pessoas, móveis, equipamentos móveis, vento, neve, chuva, etc. Essas cargas podem variar dependendo das atividades realizadas na edificação e das condições climáticas.
Carga Acidental	São as cargas que não são previsíveis no projeto inicial, como impactos, explosões, sobrecargas temporárias, etc. Essas cargas geralmente são consideradas em situações de emergência ou durante eventos excepcionais.
Carga térmica	Refere-se às variações de temperatura que podem causar expansão ou contração dos materiais da estrutura, gerando esforços adicionais. Essas cargas são mais significativas em regiões com amplitudes térmicas extremas.
Carga dinâmica	São as cargas geradas por movimentos dinâmicos, como vibrações, máquinas em funcionamento, tráfego próximo, etc. Essas cargas podem afetar a estabilidade e durabilidade da estrutura ao longo do tempo. Considerar adequadamente todos esses tipos de cargas é fundamental para o projeto e construção de uma edificação segura e funcional, garantindo sua estabilidade estrutural e durabilidade ao longo do tempo.
Detalhamento	O detalhamento inclui a elaboração dos desenhos construtivos e especificações dos materiais a serem utilizados.
Escavação	A escavação é realizada conforme as especificações do projeto para acomodar as fundações.
Concretagem	Após a montagem das armaduras, a concretagem é feita para formar a base sólida da fundação.
Cura do Concreto	É o período de espera necessário para que o concreto atinja a resistência adequada antes de prosseguir com a construção
Impermeabilização	A impermeabilização é aplicada para proteger a fundação contra a umidade do solo
Aterramento e Compactação	O solo ao redor da fundação é aterrado e compactado para fornecer suporte adicional. Essas etapas são fundamentais para assegurar que a fundação seja capaz de suportar as cargas da superestrutura e evitar problemas futuros como assentamentos ou falhas estruturais.

Fonte: Autores (2024)

3.1.2 Obras de edificação da Estação

Este escopo abrange as principais atividades envolvidas na construção das estruturas em concreto armado de uma estação de tratamento de esgoto, garantindo sua eficiência operacional, durabilidade e conformidade com as normas técnicas e ambientais aplicáveis. A tabela 4 apresenta o detalhamento de cada fase do escopo de projeto.

Tabela 4: Etapas necessárias na fase de obra civil edificação dos prédios que compõem a Estação de Tratamento de Esgoto

ATIVIDADE	AÇÃO
Tanques de Tratamento	Construção de tanques de sedimentação primária e secundária. Dimensionamento e execução das paredes, fundo e cobertura dos tanques em concreto armado. Instalação de dispositivos de entrada e saída de esgoto nos tanques.
Decantadores	Construção de decantadores para a remoção de sólidos em suspensão. Dimensionamento e execução das paredes, fundo e cobertura dos decantadores em concreto armado. Instalação de mecanismos de coleta de lodo e água clarificada
Reatores	Construção de reatores biológicos para o tratamento biológico do esgoto. Dimensionamento e execução das paredes, fundo e cobertura dos reatores em concreto armado. Instalação de sistemas de aeração e agitação.
Canais	Construção de canais de distribuição e coleta de esgoto entre as diferentes etapas do tratamento. Dimensionamento e execução das paredes e fundo dos canais em concreto armado. Instalação de sistemas de vedação e dispositivos de controle de fluxo.
Lajes	Construção de lajes de cobertura para proteção das estruturas e áreas operacionais. Dimensionamento e execução das lajes em concreto armado, garantindo resistência e impermeabilidade. Instalação de dispositivos de acesso e ventilação nas lajes
Acabamentos	Aplicação de revestimentos impermeabilizantes nas superfícies internas das estruturas em concreto armado. Pintura protetora das superfícies externas expostas às intempéries. Instalação de dispositivos de segurança, como corrimãos e grades de proteção
Testes e Inspeções	Realização de testes de estanqueidade e resistência das estruturas em concreto armado. Inspeção visual e análise estrutural para identificação de possíveis defeitos ou falhas, ajustes e correções conforme necessários para garantir a qualidade e segurança das estruturas.

Fonte: Autores (2024)

3.2 ESCOPO DO PROJETO ELÉTRICO E MECÂNICO

O escopo elétrico consiste em se definir como se realizará todo o cabeamento e distribuição de energia em toda a estação de tratamento de esgoto, além de se definir a carga elétrica suficiente para abastecer todos os equipamentos instalados. O escopo mecânico se faz necessário para dar o suporte mecânico na montagem dos equipamentos, na manutenção e toda a condição de segurança para os colaboradores que estarão desempenhando as atividades laborais na estação de tratamento de esgoto. A tabela 5 realiza a compilação das atividades que serão necessárias por parte tanto de profissionais da área elétrica quanto da área mecânica.



Tabela 5: Etapas necessárias na fase de execução do escopo elétrico e mecânico

ATIVIDADE	AÇÃO
Quadro de Distribuição Elétrica	Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT): Distribui energia elétrica para os diversos subsistemas e equipamentos da estação. Inclui disjuntores, chaves de proteção e barramentos. Quadros de Comando e Controle: Subquadros dedicados para controlar motores, bombas, sistemas de aeração e outros equipamentos específicos.
Sistemas de Alimentação de Energia	Transformador: Reduz a tensão da rede elétrica para níveis utilizáveis pelos equipamentos da estação (geralmente de média tensão para baixa tensão). Gerador de Emergência: Fornece energia em caso de falha na rede elétrica, garantindo a continuidade dos processos críticos.
Sistemas de Sensoriamento e Instrumentação	Sensores de Nível: Monitoram o nível de esgoto e lodo nos tanques e reatores, enviando sinais para o CLP para controlar bombas e válvulas. Medidores de Vazão: Medem a vazão do esgoto em diferentes pontos do processo, essencial para controle e balanceamento do sistema. Sensores de Qualidade da Água: Monitoram parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, temperatura e concentração de sólidos suspensos, fornecendo dados para ajuste dos processos. Sensores de Pressão: Monitoram a pressão nos sistemas de tubulação, especialmente nos sistemas de aeração e bombeamento
Sistemas de Bombeamento	Instalação de bombas para transferência de esgoto entre as diferentes etapas do tratamento. Dimensionamento e instalação de tubulações e acessórios para o sistema de bombeamento. Montagem de painéis de controle e automação para operação das bombas.
Aeração e Agitação	Instalação de sistemas de aeração nos reatores biológicos para promover a atividade microbiana. Montagem de aeradores e agitadores conforme o projeto específico de cada reator. Integração dos sistemas de aeração e agitação aos painéis de controle e automação.
Sistemas de Filtragem e Remoção de Sólidos	Implementação de sistemas de filtragem e remoção de sólidos suspensos nos tanques e decantadores. Instalação de peneiras, grades e filtros de acordo com as necessidades de cada etapa do tratamento. Conexão dos sistemas de filtragem aos dispositivos de coleta e transporte de sólidos.
Tratamento Químico	Montagem de dosadores para adição de produtos químicos, como coagulantes e desinfetantes. Instalação de sistemas de dosagem e mistura para garantir a eficácia do tratamento químico. Integração dos sistemas de tratamento químico aos painéis de controle e automação
Iluminação e Sinalização e tomadas	Instalação de sistemas de iluminação adequados para garantir a segurança e visibilidade nas áreas operacionais. Montagem de dispositivos de sinalização, como luzes de emergência e placas de orientação. Iluminação Interna e Externa: Lâmpadas e luminárias para iluminação adequada das áreas operacionais e de segurança. Tomadas Elétricas: Distribuídas estrategicamente para facilitar a conexão de ferramentas e equipamentos móveis. Conexão dos sistemas de iluminação e sinalização à rede elétrica e aos painéis de controle
Sistema de Aterramento	Aterramento Elétrico: Sistema de aterramento para proteger contra surtos elétricos e descargas atmosféricas, garantindo a segurança dos operadores e a integridade dos equipamentos.
Painéis de Controle e Automação	Montagem de painéis elétricos para controle e automação dos sistemas da estação de tratamento. Programação e configuração de controladores lógicos programáveis (CLPs) e sistemas de supervisão e controle. Controlador Lógico Programável (CLP): Central de automação que controla e monitora todos os equipamentos e processos da estação. Interface Homem-Máquina (IHM): Tela ou painel de controle que permite aos operadores interagir com o sistema, visualizar dados em tempo real e ajustar parâmetros operacionais. Testes e comissionamento dos painéis de controle e automação para garantir seu funcionamento adequado.
Sistemas de Segurança	Implementação de sistemas de segurança, como alarmes de emergência e sensores de detecção de gases. Integração dos sistemas de segurança aos painéis de controle para monitoramento contínuo. Treinamento dos operadores sobre o uso e funcionamento dos sistemas de segurança. Este escopo abrange as principais atividades relacionadas à parte mecânica e elétrica na construção das estruturas em concreto armado de uma estação de tratamento de esgoto, garantindo seu funcionamento seguro, eficiente e conforme as normas técnicas e ambientais aplicáveis.

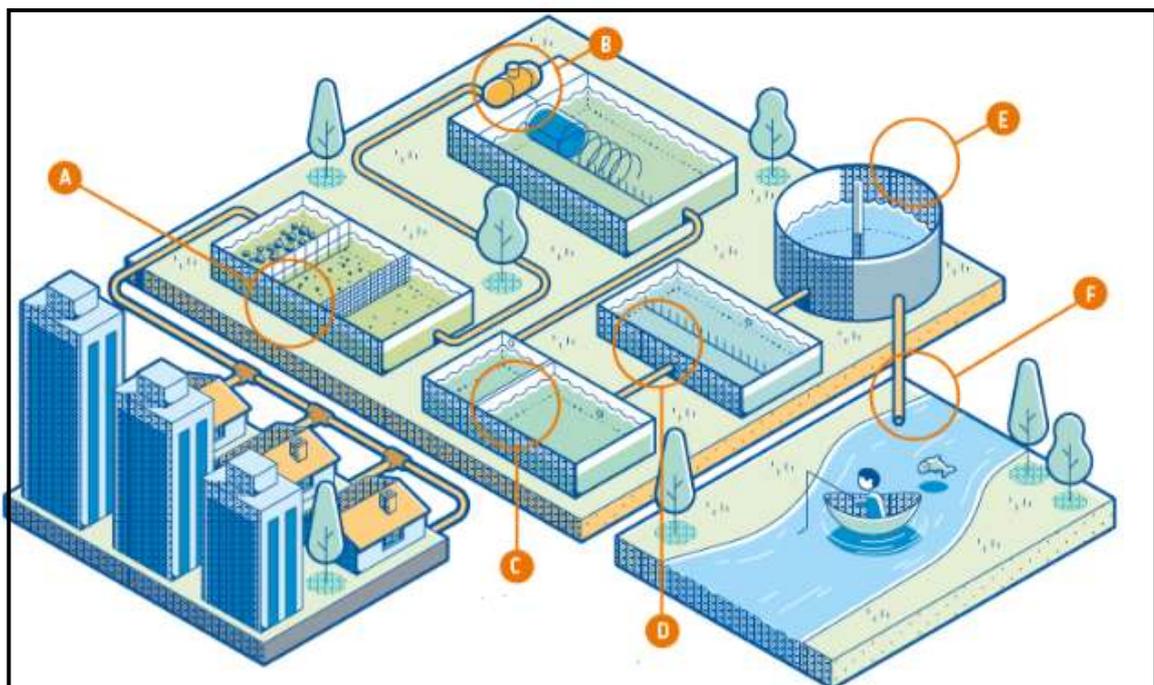
Fonte: Autores, 2024.



4 ESTRUTURA DA ETE

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) são os espaços projetados para realizar as diferentes etapas desse tratamento, que podem variar de acordo com as características e necessidades de cada município. Tratar o esgoto doméstico é importante porque tem impactos diretos na saúde das famílias e do planeta. Toda a água que é usada no dia a dia da casa, em torneiras e vasos sanitários, deve passar pelas etapas de tratamento de esgoto antes de retornar à natureza. A figura 3 ilustra a importância da estação de tratamento para a vida em sociedade e para a natureza. A tabela 5 apresenta o descritivo da funcionalidade de cada etapa da estação de tratamento de esgoto proposta nesta pesquisa.

Figura 3: Croqui Ilustrativo de uma Estação de Tratamento de Esgoto



LEGENDA:

- A: GRADES** – Tanques com telas que retém todo o tipo de lixo que é jogado na rede pública de esgoto;
- B: CAIXA DE AREIA** – Nessa caixa é feita a retirada de toda areia e pequenos detritos que passaram pelo processo anterior;
- C: DECANTADOR PRIMÁRIO** – Nesse tanque ocorre a sedimentação das partículas mais pesadas encontradas no esgoto;
- D: TANQUE DE AERAÇÃO** – Nesse tanque os micro-organismos presentes no esgoto se multiplicam com o ar fornecido e formam o lodo;
- E: DECANTADOR SECUNDÁRIO** – Nessa etapa o lodo formado vai para o fundo do tanque e a parte líquida já está sem as impurezas;
- F: DESCARTE** – O esgoto clarificado e corretamente tratado é devolvido para o meio ambiente.

Fonte: BRK Ambiental (2024)



Tabela 5: Detalhes construtivos de uma BRC

ETAPA	FUNÇÃO
Caixa de entrada (Pré-tratamento)	Gradeamento: Retém materiais sólidos grandes, como plásticos, madeira e outros detritos, protegendo os equipamentos subsequentes. Desarenador: Remove areia e outras partículas pesadas que possa causar abrasão e entupimento nos sistemas posteriores
Tanque de Equalização	O tanque de equalização é um componente crucial em uma estação de tratamento de esgoto, responsável por regularizar o fluxo e a carga orgânica do esgoto que entra no sistema. Ao armazenar o esgoto por um período, o tanque permite a mistura de esgotos de diferentes horários, homogeneizando a carga orgânica e tornando o tratamento mais eficaz. Durante períodos de alta demanda (por exemplo, horários de pico em áreas residenciais), o tanque de equalização absorve o excesso de esgoto, liberando-o gradualmente para o tratamento.
BRC	Descrito na tabela 1
Zona de Clarificação	Descrito na tabela 1
Tratamento de Lodos	Digestor de Lodo: O lodo coletado dos reatores pode ser submetido a digestão anaeróbia adicional para reduzir ainda mais seu volume e estabilizar os sólidos, produzindo biogás como subproduto. Desidratação de Lodo: Equipamentos como centrífugas, filtros prensa ou leitos de secagem são usados para remover a água do lodo, facilitando sua disposição final ou uso como fertilizante.
Tratamento Terciário (opcional)	Filtração: Sistemas de filtração como filtros de areia ou membranas, podem ser utilizados para remover partículas finas e melhorar a qualidade do efluente. Desinfecção: Processos como cloração, ozonização ou radiação UV são usados para eliminar patógenos presentes no efluente tratado, garantindo sua segurança para o descarte ou reuso.
Sistema de Controle e Monitoramento	Painel de Controle: Integra todos os sistemas de automação e monitoramento, permitindo o controle eficiente de todos os processos da estação. Sensores e Medidores: Equipamentos que monitoram parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, temperatura, vazão e concentrações de nutrientes, assegurando que os processos operem dentro dos parâmetros ideais
Utilização do Biogás (opcional)	Sistema de Armazenamento de Biogás: Tanques ou gasômetros para armazenar o biogás produzido. Unidade de Cogeração: Equipamento para converter biogás em energia elétrica e térmica, contribuindo para a autossuficiência energética da estação.
Emissário	O emissário de um Bio Reator Combinado (BRC) é a estrutura ou conjunto de tubulações responsável por transportar o efluente tratado da estação de tratamento até o ponto de descarte final ou de reuso. Ele desempenha um papel crucial no processo de tratamento de esgoto, garantindo que o efluente tratado seja adequadamente conduzido para evitar contaminação ambiental.

Fonte: Autores (2024)

5 DETALHES CONSTRUTIVOS DA ETE BRC

Na proposta do projeto ora apresentado, partiu-se da consideração que todo o sistema irá operar a uma vazão de 30L/s. Essa consideração se faz necessária para se realizar todo o dimensionamento do sistema fluidodinâmico da estação de tratamento de esgoto, tais como: tubulação, bombas hidráulicas e válvulas.



5.1 Sistema de Bombas Hidráulicas

Conforme apresentado na figura 3 em cada um dos tanques há a necessidade de um sistema de bombeamento para que o sistema opere em condições dinâmicas com um elevado número de Reynolds. Esse procedimento caracteriza um movimento forçado do escoamento dos fluidos. A tabela 6 apresenta o tipo de bombas necessárias a partir da consideração de operação com uma vazão de 30L/s.

Tabela 6: Tipos de bombas hidráulicas, características e aplicações destas na Estação de tratamento de Esgoto

TIPO	CARACTERÍSTICA
Bombas de Entrada de Esgoto (Bombas de Recalque)	Função: Transportar o esgoto bruto da rede coletora para o início do processo de tratamento. Quantidade: Normalmente, pelo menos duas bombas (uma em operação e outra de reserva) para garantir redundância e operação contínua. Dependendo da configuração, pode haver mais bombas para lidar com variações de fluxo.
Bombas de Recirculação	Função: Recircular o lodo ativo do decantador secundário de volta para o reator biológico, mantendo a concentração de micro-organismos necessária para o tratamento. Quantidade: Geralmente, duas a três bombas, com pelo menos uma de reserva.
Bombas de Lodo Excedente	Função: Remover o lodo em excesso do sistema para digestão ou disposição final. Quantidade: Normalmente duas bombas (uma em operação e uma de reserva)
Bombas de Lodo Anaeróbio (se aplicável)	Função: Transportar o lodo para o digestor anaeróbio ou para outras etapas de tratamento de lodo. Quantidade: Duas bombas (uma em operação e uma de reserva).
Bombas de Efluente Tratado	Função: Transportar o efluente tratado do decantador ou tanque de clarificação para o ponto de descarte final ou reuso. Quantidade: Duas bombas (uma em operação e uma de reserva), podendo haver mais dependendo da distância e altura de recalque
Bombas de Emergência	Função: Usadas para situações de emergência, como altas vazões devido a tempestades ou falhas em outras bombas. Quantidade: Pelo menos uma bomba de emergência, dependendo da avaliação de riscos e necessidades específicas da estação.
CONFIGURAÇÃO DAS BOMBAS HIDRÁULICAS	
LOCAL	QUANTIDADE
Bombas de Entrada	2 a 3 bombas (1-2 em operação, 1 de reserva).
Bombas de Recirculação	2 a 3 bombas (1-2 em operação, 1 de reserva)
Bombas de Lodo Excedente	2 bombas (1 em operação, 1 de reserva)
Bombas de Lodo Anaeróbio	2 bombas (1 em operação, 1 de reserva), se aplicável.
Bombas de Efluente Tratado	2 bombas (1 em operação, 1 de reserva)
Bomba de Emergência	Pelo menos 1, dependendo da avaliação de risco.

Fonte: Autores (2024)

A partir das estimativas descritas na tabela 6 que partiram do pressuposto que



a Estação de Tratamento de Esgoto trabalharia com uma vazão de 30L/s, verificou-se que todo o sistema fluidodinâmico dela necessitaria em torno de 10 a 13 bombas, considerando todas as necessidades operacionais e de redundância.

As bombas hidráulicas são encontradas no mercado para diferentes tipos de potência e características construtivas. Diante disso, a partir do cálculo teórico realizado para identificar a característica da bomba hidráulica necessária de acordo com o projeto proposto, cruzam-se as informações: o tipo calculado teórico com o que existe no mercado. Assim, sempre se opta por uma bomba hidráulica com características superiores ao do cálculo teórico para garantir que as perdas naturais de rendimento do equipamento não comprometa a eficiência de funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto. A tabela 7 apresenta as potências estimadas para as bombas hidráulicas para todo o projeto proposto.

Tabela 7: Característica de Potência das Bombas Hidráulicas projetadas

BOMBA HIDRÁULICA	POTÊNCIA
Bombas de Entrada de Esgoto	~2 kW cada com 3,02 HP
Bombas de Recirculação	~1 kW cada com 1,0 HP
Bombas de Lodo Excedente	~0.3 kW cada com 0,34 HP
Bombas de Lodo Anaeróbio	~0.3 kW cada com 0,34HP
Bombas de Efluente Tratado	~2 kW cada com 3,0 HP
Bombas de Emergência	~2 kW cada com 3,02 HP

Fonte: Autores (2024)

5.2 Sistema de Válvulas

O sistema de válvulas é importante em quaisquer projetos fluidomecânicos. Pois as válvulas têm como função principal regular a vazão dos fluidos nas tubulações, evitar refluxos entre outras funções. Há diferentes tipos de válvulas pois em um projeto de engenharia que versa sobre escoamentos há a necessidade de utilização de mais de um tipo de válvula para que sistema projetado possa operar com segurança, de acordo com cada etapa do processo. A tabela 8 apresenta os tipos de válvulas e as características utilizadas neste projeto.



Tabela 8: Tipos de Válvulas e aplicações na Estação de Tratamento de Esgoto

TIPO	APLICAÇÃO
Válvulas de Gaveta (Gate Valves)	Uso: Principalmente para isolamento. Permite interromper o fluxo de líquidos de forma eficaz. Localização: Linhas principais de entrada e saída, além de linhas de distribuição dentro da estação.
Válvulas de Borboleta (Butterfly Valves)	Uso: Controle e isolamento de fluxo em tubulações de grandes diâmetros. Localização: Linhas de processo, entrada e saída de tanques de aeração, e em áreas de tratamento secundário e terciário.
Válvulas de Esfera (Ball Valves)	Uso: Isolamento e controle em linhas de pequeno a médio diâmetro. Conhecidas pela operação rápida e vedação eficaz. Localização: Linhas de produtos químicos, controle de entrada de efluentes em membranas, e sistemas auxiliares.
Válvulas de Retenção (Check Valves)	Uso: Prevenir o fluxo reverso nos sistemas de bombeamento e em linhas de descarga. Localização: Após bombas de recirculação e em linhas de saída de efluentes.
Válvulas de Alívio de Pressão (Pressure Relief Valves)	Uso: Proteger o sistema contra sobrepessão. Localização: Em tanques e linhas onde a pressão pode variar significativamente.
Válvulas de Controle (Control Valves)	Uso: Regular a taxa de fluxo e pressão em diversas partes do processo. Localização: Linhas de aeração, entrada de efluentes nas membranas, e sistemas de dosagem de produtos químicos.
Válvulas de Descarga de Fundo (Drain Valves)	Uso: Esvaziar tanques e remover lodo acumulado. Localização: Fundo de tanques de aeração, decantadores, e sistemas de lodo.

Fonte: Autores (2024)

A partir do delineamento tanto do sistema de bombas hidráulicas e do sistema de válvulas, realizou-se a estimativa da quantidade de válvulas para a ETE BRC. Ressalta-se a característica básica utilizada neste projeto que a todo o sistema da ETE BRC vai operar com a vazão de 30 L/s. A tabela 9 descreve o cálculo do quantitativo de válvulas que seriam necessárias a partir das características do projeto desenvolvido.

Tabela 9: Estimativa da totalização de válvulas a serem utilizadas no projeto

VÁLVULA	LOCALIZAÇÃO	TOTAL
Válvulas de Gaveta	Linha principal de entrada e saída = 4	12
	Linhas de distribuição internas = 8	
Válvulas de Borboleta	Tanques de aeração = 4	10
	Áreas de tratamento secundário e terciário = 6	
Válvulas de Esfera	Linhas de produtos químicos = 6	14
	Controle de entrada de efluentes = 4	
	Sistemas auxiliares = 4	
Válvulas de Retenção	Após bombas de recirculação = 4	8
	Linhas de saída de efluentes = 4	
Válvulas de Alívio de Pressão	Tanques e linhas de alta pressão = 4	4
Válvulas de Controle	Linhas de aeração = 4	12
	Entrada de efluentes nas membranas = 4	
	Dosagem de produtos químicos = 4	
Válvulas de Descarga de Fundo	Tanques de aeração = 4	8
	Decantadores e sistemas de lodo = 4	
TOTAL		68

Fonte: Autores (2024)

5.3 Dimensionamento das instalações

A partir da estimativa da vazão total do sistema de 30L/s, realizou-se os cálculos para dimensionar as instalações da ETE BRC; juntamente com o cálculo da quantidade de bombas hidráulicas e válvulas para o projeto proposto. A tabela 10 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 10: Resultado dos cálculos dimensionais das instalações da ETE BRC

INSTALAÇÃO	DIMENSÕES	ÁREA OCUPADA (m ²)
Caixa de Entrada	Função: Recepção e distribuição do esgoto bruto. Dimensões estimadas: 2 m (comprimento) x 2 m (largura) x 2 m (profundidade)	4
Tanque de Equalização	Função: Regularização do fluxo e da carga orgânica. Volume estimado: 300 m ³ Dimensões estimadas: 15 m (comprimento) x 10 m (largura) x 2 m (profundidade).	150
Reator Biológico (BRC)	Função: Tratamento biológico do esgoto. Volume ajustado: 1490 m ³ Dimensões estimadas: 17,30 m (comprimento) x 15 m (largura) x 5 m (profundidade)	259,5
Decantadores Secundários	Função: Separação de sólidos biológicos do efluente tratado. Volume total: 324 m ³ (162 m ³ cada) Dimensões estimadas de cada decantador: 7,35 m (lado) x 7,35 m (lado) x 3 m (altura) Área ocupada por cada decantador: 54 m ² (no projeto considerou-se 2 decantadores).	108
Tanque de Aeração (se necessário)	Função: Suplementação de oxigênio para processos aeróbios. Dimensões estimadas: 20 m (comprimento) x 10 m (largura) x 5 m (profundidade)	200
Tanque de Lodo	Função: Armazenamento de lodo excedente. Volume estimado: 200 m ³ Dimensões estimadas: 10 m (comprimento) x 10 m (largura) x 2 m (profundidade)	100
Bombas e Equipamentos Auxiliares	Função: Bombas para circulação, recirculação, e transporte de efluentes e lodo. Área ocupada: 10 m x 10 m	100
Sala de Controle e Automação	Função: Monitoramento e controle dos processos de tratamento. Área ocupada: 10 m x 10 m	100
Emissário	Função: Transporte do efluente tratado até o ponto de descarte ou reutilização. Dimensões estimadas: Dependem da distância até o ponto de descarga, mas aqui consideramos a área ocupada na estação. Área ocupada: 5 m x 5 m	25
Áreas de Manutenção e Circulação	Função: Espaços para movimentação de pessoal, equipamentos e manutenção. Área adicional: Aproximadamente 20% da área total dos componentes principais. Nesse caso se soma todas as áreas acima EXCETO a área da "sala de controle e automação" = 0,2 x 946,5	189,3
ÁREA TOTAL	Somatório de todas as áreas acima	1.235,8
Margem de Segurança (coeficiente de majoração)	Para acomodar imprevistos e garantir flexibilidade, adicionamos uma margem de segurança de 15%: Área Total com Margem=1235,80 m ² ×1.15 =	1421,17

Fonte: Autores (2024)



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os resultados obtidos nesse projeto partiram da premissa que as bombas trabalhariam com a vazão de 30 L/s. Isto foi realizado para poder realizar o dimensionamento de toda a ETE BRC. Observou-se que a área total acrescida da margem de segurança foi de 1421,7 m²; esse resultado demonstra que a ETE BRC devida a sua própria característica construtiva permite que esta possua uma área total inferior às ETE's tradicionais, mantendo a qualidade do serviço público prestado.

O acréscimo realizado na área total é importante devido à necessidade de transporte de material internamente às instalações (novos ou encaminhamento de equipamentos para a manutenção) e também para a circulação de colaboradores com segurança. É importante salientar o papel da automação para garantir maior eficiência e fluidez do processo. Outra característica importante consiste na instalação de sensores nos diferentes equipamentos e nos tanques. Essa medida permite automatizar o sistema de ligamento/desligamento para as diferentes etapas do processo.

Por fim, a ETE BRC permite o controle de várias variáveis, isso se traduz em um ganho energético e de produtividade ao processo. A combinação de processos anaeróbios e aeróbios permite uma remoção mais completa de contaminantes, incluindo matéria orgânica complexa e nutrientes como nitrogênio e fósforo. A produção de lodo é menor em comparação com sistemas exclusivamente aeróbios, pois parte da matéria orgânica é convertida em biogás na fase anaeróbia. O biogás gerado na etapa anaeróbia pode ser capturado e utilizado como fonte de energia, contribuindo para a sustentabilidade energética da estação de tratamento. O BRC pode ser ajustado para tratar diferentes tipos de águas residuais, incluindo efluentes domésticos, industriais e agrícolas. A integração de múltiplos processos em um único sistema reduz a necessidade de grandes áreas de terreno, o que é vantajoso em locais com limitações de espaço.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649** – Projeto de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ARAÚJO JÚNIOR, Moacir M. **Reator Combinado anaeróbio – aeróbio de leito fixo para remoção de matéria orgânica e nitrogênio de água residuária de**



indústria produtora de lisina. Tese de Doutorado. USP. São Carlos, 2006.

BIOPROJ Tecnologia Ambiental. Disponível em:

<https://saneamentobasico.com.br/empresa/bioproj/#>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BRK Ambiental. **Tratamento de esgoto.** Disponível em:

<://brkambiental.com.br/etapas-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 06 ago. 2024.

IGUA. Disponível em: <https://igua.com.br/>. Acesso em: 10 jun. 2024,

PROJETO DE MANUTENÇÃO MECÂNICA EM MOTORES ELÉTRICOS INDUSTRIAIS

MECHANICAL MAINTENANCE PROJECT IN INDUSTRIAL ELECTRIC MOTORS

Lucas Fontes Moreira¹
Dener Martins dos Santos²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar um projeto de manutenção mecânica de motores industriais. É de extrema relevância a observação dos procedimentos que devem ser adotados e seguidos passo a passo para realizar a manutenção com segurança desse tipo de equipamento. Um projeto de manutenção mecânica propicia ao colaborador um conjunto de normas, procedimentos e o direciona para a realização ações corretivas de modo consciente e fornece um conjunto de ações previamente descritas que o auxiliará na execução das tarefas. Através desta pesquisa se observou que a utilização de protocolos de manutenção, no caso para motores elétricos, permite atingir um nível ao redor de 95% de confiabilidade no serviço realizado, diminuindo assim o retrabalho, custos adicionais, trabalho mais assertivo com maior qualidade.

Palavras-chaves: Projeto de Manutenção. Motores elétricos. Qualidade do serviço.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate a mechanical maintenance project for industrial engines. It is extremely important to observe the procedures that must be adopted and followed step by step to safely carry out maintenance on this type of equipment. A mechanical maintenance project provides the employee with a set of standards, procedures and directs him to carry out corrective actions consciously and provides a set of previously described actions that will assist him in carrying out the tasks. Through this research it was observed that the use of maintenance protocols, in this case for electric motors, allows reaching a level of around 95% reliability in the service performed, thus reducing rework, additional costs, more assertive work with higher quality.

Keywords: Maintenance project. Electric motor. Service quality.

1 INTRODUÇÃO

Os motores elétricos industriais desempenham um papel fundamental na

¹ Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: lucasfontesmoreira@hotmail.com

² Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br

indústria, atuando tanto em equipamentos auxiliares quanto em linhas de produção. Esse equipamento produz um movimento mecânico rotacional a partir da energia elétrica que o alimenta. Pode ser utilizado para as mais variadas aplicações, no entanto, a sua aplicação mais usual é na transmissão de movimento e força. Durante a operação desses equipamentos, é normal a ocorrência de redução de desempenho a partir de falhas, no entanto, o monitoramento dos motores elétricos é essencial para que essas falhas sejam tratadas antes de se tornarem acentuadas o suficiente a ponto de causar a parada total do equipamento e com isso, causando perdas de outras máquinas, perdas de produção e o aumento dos custos de manutenção. A figura 1 apresenta um conjunto de motores elétricos utilizados para impulsionar o funcionamento de um conjunto de bombas hidráulicas.

Figura 1: Conjunto motor-bomba hidráulica em funcionamento



Fonte: Abecom Motores Elétricos (2024)

Como essas máquinas são extremamente importantes nas operações produtivas industriais, sendo um dos ativos estratégicos para as mesmas, é essencial que o plano de manutenção dessas máquinas sejam bem elaborados e cumpridos corretamente, e assim, preferencialmente, garantindo uma confiabilidade e disponibilidade desses ativos acima de 95%.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo descrever as principais falhas mecânicas em motores elétricos industriais e apresentar um plano de manutenção preventivo a partir dessas causas. Mediante tal ação se é esperado reduzir ao máximo a frequência de manutenções corretivas, e, por conseguinte aumentar a confiabilidade e disponibilidade desses ativos.

2 PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO

As abordagens tecnológicas para o cumprimento do plano de manutenção preventivo consistem na utilização de uma oficina central com máquinas e instrumentos próprios para as manutenções e sistemas de monitoramento online para os ativos vitais, visíveis a inspeção e operação por monitores. A abordagem gerencial desse projeto pode ser descrito a partir dos seguintes passos: elaboração de um plano de manutenção personalizado e efetivo para cada aplicação dos motores; gestão de sobressalentes para que estejam disponíveis os materiais e recursos para o cumprimento do plano de manutenção e a capacitação dos inspetores de manutenção para avaliação dos motores que não serão aplicados o sistema de monitoramento online.

Um planejamento de manutenção eficiente deve se levar em consideração a disponibilidade de recursos em diferentes âmbitos, para que se consiga ter sucesso na execução dessa atividade. Os recursos mais comuns que devem ser observados são aqueles que se refere tanto ao estoque de material para reposição (recurso material) e o recurso de mão de obra especialidade (recurso imaterial). Dentre os recursos materiais se destacam:

- Sistemas de monitoramento online para os equipamentos vitais;
- Inspetores de manutenção qualificados;
- Oficina central com recursos para manutenções preventivas mais profundas;
- Ferramentas manuais diversas para montagem e desmontagem de componentes;
- Máquinas operatrizes como: torno mecânico, fresadora, esmeril, prensa hidráulica e balanceadora;

- Instrumentos de medição térmica e mecânica como: termômetro a laser, paquímetro, micrômetro, estetoscópio, medidor de vibração e relógio comparador;
- Materiais sobressalentes para os motores elétricos;

A tabela 1 apresenta a relação de profissionais que são diretamente relacionados ao plano de manutenção. A tabela 2 apresenta o delineamento dos tipos de riscos inerentes ao plano de manutenção e as possíveis soluções que devem ser realizadas quando necessárias para a solução do problema.

Tabela 1: Apresentação do plano de manutenção

CARGO	QUANTIDADE DE COLABORADOR POR ÁREA	FUNÇÕES
Engenheiro Mecânico	1	Elaborar os planos de manutenção e garantir seu cumprimento, acompanhar as atividades críticas, elaborar indicadores de manutenção, avaliar e corrigir os laudos de medição, treinar os executantes, elaborar procedimentos de manutenção para a execução.
Técnico Mecânico	2	Acompanhar as atividades críticas, elaborar relatórios de manutenção, realizar levantamento e solicitação de sobressalentes, realizar medições mecânicas, liderar a equipe de execução
Mecânico de Manutenção	4	Montar e desmontar os motores, instalar e desinstalar motores das bases, alinhar os motores nas bases, acoplar e desacoplar os motores nos processos, reparar componentes dos motores, balancear rotores e componentes, lubrificar mancais
Mecânico de Usinagem	2	Realizar medições em rotores, componentes e alojamentos de mancais, usinar eixos do rotor e componentes, confeccionar alguns componentes, embuchar alojamentos de mancais, confeccionar rasgo de chaveta em eixos e componentes periféricos
Soldador	1	Reparar trincas em componentes, preencher avarias de eixo com solda, travar com solda os parafusos das bases dos motores (quando necessário), realizar aquecimento em determinados componentes para desmontagem e montagem.
Inspetor de Manutenção	2	Realizar medições térmicas e mecânicas nos motores aplicados nos processos, elaborar relatórios de inspeção, solicitar intervenções de manutenção, acompanhar os planos de manutenção, monitorar o desempenho dos motores aplicados.

Fonte: Autores (2024)

Tabela 2: Riscos inerentes ao plano de manutenção e respectivo procedimento de solução

RISCO	SOLUÇÃO
Atraso do fornecedor de materiais sobressalentes	Possuir um pequeno estoque de segurança de materiais sobressalentes;
Parada inesperada do motor elétrico por falha	Possuir um motor sobressalente em estoque para substituição imediata, avaliar a causa raiz e realizar um plano de ação para tratar a causa e evitar futuras ocorrências semelhantes;
Oxidação no eixo dos motores elétricos sobressalentes armazenados em estoque	Limpar, relubrificar e proteger os eixos regularmente;
Falta de colaborador	Remanejar um colaborador treinado para suprir a falta, temporariamente;
Não cumprimento do plano de manutenção	avaliar as causas, melhorar o plano, treinar e repassar à equipe de manutenção.
Aumento do custo de manutenção	Avaliar se o motor encontra-se em fim de vida útil e se aplicável, substituí-lo por um novo, se não, avaliar a qualidade da execução das atividades de manutenção e dos materiais sobressalentes adquiridos;
Baixo desempenho dos motores	Verificar se a carga aplicada está compatível com a máquina, inspecionar o motor para verificar a causa, programar uma parada para manutenção e tratar a causa raiz.

Fonte: Autores (2024)

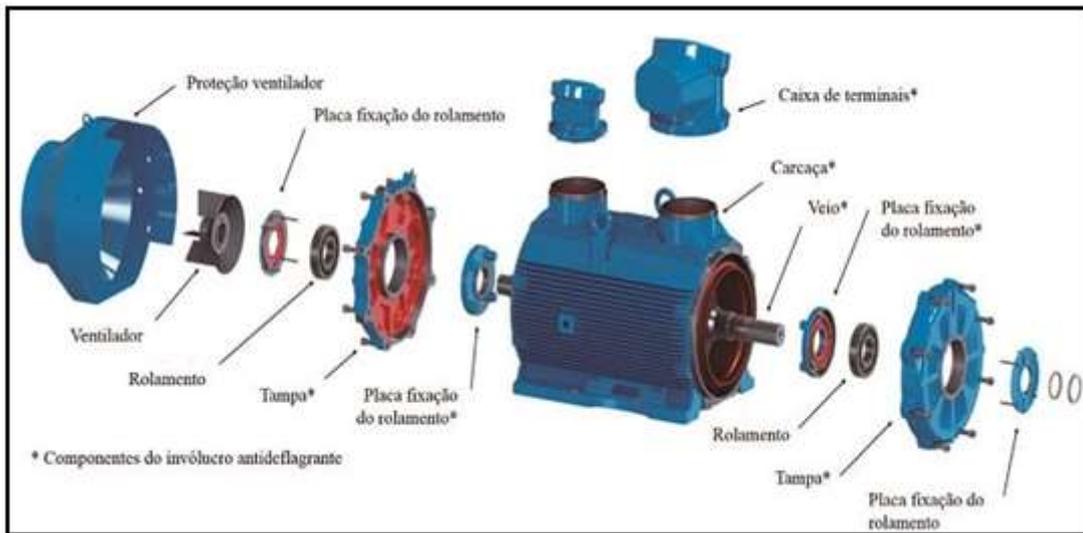
3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O motor elétrico pode apresentar falhas elétricas e mecânicas, no entanto, esse trabalho apresentará apenas as falhas mecânicas e o plano de manutenção referente às mesmas. As principais falhas mecânicas que ocorrem nos motores elétricos são:

- Travamento do rotor;
- Vibração mecânica acima do permissível;
- Ruídos acima do permissível;
- Oxidação de componentes;
- Fadiga nos componentes;
- Superaquecimento de componentes mecânicos;

A figura 2 apresenta a visão extrudada de um motor elétrico trifásico de corrente alternada, com os componentes mecânicos a serem avaliados e reparados.

Figura 2: Principais componentes mecânicos de um motor trifásico



Fonte: Abecom Motores Elétricos (2024)

Um modo coerente de se realizar o mapeamento de todo o processo de manutenção é averiguar se o equipamento a ser reparado possui um histórico de sua vida útil contendo todas as falhas ocorridas e os procedimentos já realizados que obtiveram sucesso, para servir como um norteador para as etapas que serão executadas. Caso isso ele não tenha há a possibilidade de se criar um mapa a ser preenchido envolvendo várias questões pertinentes à manutenção pretendida e os procedimentos que serão realizados. A tabela 3 descreve um breve histórico contendo o protocolo de atividades contendo as principais causas de falhas e o plano de ação para resolução das mesmas, assim, se garante maior confiabilidade e disponibilidade do motor no processo

Tabela 3: Demonstração do Protocolo de procedimentos a serem analisados na manutenção mecânica

Falha	Possíveis Causas	Ação	Responsáveis	Onde será executado?
Travamento do rotor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rolamento avariado; 2. Parafusos das tampas dianteira e/ou traseira com muito aperto 3. Sobrecarga operacional; 4. Falta de lubrificação; 5. desalinhamento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desmontar o motor, medir alojamentos, embuchar os mesmos se necessário e substituir o rolamento; 2. Torquear os parafusos conforme dados do fabricante; 3. Reduzir a carga operacional aplicada ao motor ou trocar por um motor de maior potência; 4. Relubrificar conforme plano de manutenção; 5. Alinhar o conjunto motor – acionamento. 	Engenheiro mecânico, inspetores de manutenção; técnicos em mecânica, mecânicos de manutenção e mecânico de usinagem.	Em campo ou na oficina central
Vibração mecânica acima do permissível	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desbalanceamento do rotor com os componentes; 2. Fixação ineficaz entre motor e a base; 3. Desalinhamento; 4. Alojamento do rolamento com folga; 5. Sobrecarga operacional; 6. Eixo do rotor com empeno acima do permissível 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desmontar o motor, adicionar massa com solda e/ou remover e balancear o conjunto motor – componente; 2. Reapertar e/ou soldar parafusos da base; 3. Alinhar o conjunto motor – acionamento; 4. Desmontar o motor, medir alojamentos, embuchar os alojamentos e montar os rolamentos; 5. Reduzir a carga operacional aplicada ao motor ou trocar por um motor de maior potência; 6. Desmontar o motor, preencher local empenado do eixo com solda e usinar eixo. 	Engenheiro mecânico, inspetores de manutenção; técnicos em mecânica, mecânicos de manutenção, soldadores e mecânico de usinagem.	Em campo ou na oficina central
Ruídos acima do permissível	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desbalanceamento do rotor com os componentes; 2. Rolamento avariado; 3. Desalinhamento; 4. Componentes soltos dentro do motor; 5. Lubrificação deficiente ou em falta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desmontar o motor, adicionar massa com solda e/ou remover e balancear o conjunto motor – componente; 2. Desmontar o motor, medir alojamentos, embuchar os mesmos se necessário e substituir o rolamento; 3. Alinhar o conjunto motor – acionamento; 4. Desmontar o motor, remover o componente solto e repará-lo em caso de avaria; 5. Relubrificar os rolamentos conforme calculado ou segundo dados de fabricante. 	Engenheiro mecânico, inspetores de manutenção; técnicos em mecânica, mecânicos de manutenção, soldadores e mecânico de usinagem.	Em campo ou na oficina central



Oxidação dos Componentes	<ol style="list-style-type: none">1. Umidade do ar e ambiente;2. Contaminantes no ambiente;3. Falha de vedações do motor;4. Falta de limpeza e proteção.	<ol style="list-style-type: none">1. Instalar proteções externas ao equipamento ou dimensionar um equipamento novo com um fator de proteção maior ao ambiente externo;2. Realizar a limpeza regular do motor e/ou dimensionar um equipamento novo com um fator de proteção maior ao ambiente externo;3. Desmontar o motor e substituir vedações;4. Realizar a limpeza regular do motor e aplicar uma fina camada de material protetivo anti-corrosão nos componentes expostos ao ambiente.	Engenheiro mecânico, técnicos em mecânica, mecânicos de manutenção.	Em campo ou na oficina central
Fadiga nos componentes	<ol style="list-style-type: none">1. Fim de vida útil de componentes e/ou motor;2. Sobrecarga operacional;3. Desalinhamento;4. Defeitos em reparos com solda;5. Material inadequado as condições do processo operacional;6. Vibrações acima do permitido;7. Extremos de temperatura e/ou mudança abrupta de temperatura.	<ol style="list-style-type: none">1. Motor: substituir componentes, desmontar o motor, e comprar ou confeccionar um novo;2. Reduzir a carga operacional ou dimensionar um novo motor compatível com a carga aplicada;3. Alinhar o conjunto motor – acionamento;4. Desmontar o motor, refazer a solda, realizar acabamento e avaliar a qualidade da mesma no componente reparado;5. Substituir o componente ou motor por um feito de material adequado as condições operacionais;6. Seguir as ações do campo “vibrações mecânicas acima do permitido”;7. Verificar se há defeito nas condições operacionais do processo ou substituir o equipamento ou componente por um de material adequado as condições do processo.	Engenheiro mecânico, inspetores de manutenção; técnicos em mecânica, mecânicos de manutenção e soldadores.	Em campo ou na oficina central

<p>Superaquecimento pontual (componentes mecânicos)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lubrificação deficiente ou em falta; 2. Rolamentos montados com interferência acima do permissível; 3. Rolamento avariado; 4. Rotor em processo de travamento; 5. Ventilação do motor ineficaz ou deficiente; 6. Carcaça com temperatura acima do permissível. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relubrificar os rolamentos conforme calculado ou segundo dados de fabricante; 2. Desmontar o motor, aliviar a interferência do alojamento e/ou do local onde monta o rolamento no eixo; 3. Desmontar o motor, e substituir por um novo; 4. Seguir as ações do campo "travamento do rotor"; 5. Reparar avarias da tampa defletora e/ou substituir ventilador do motor avariado ou instalar uma ventilação forçada adicional; 6. Verificar se o motor está operando com sobrecarga operacional, se não, deve-se desmontar o motor, solicitar a elétrica para realizar ensaios no enrolamento de cobre e se houver curto, deve-se desmanchar o enrolamento, realizar ensaio no pacote magnético, reparar o pacote magnético e solicitar a elétrica para fazer um novo enrolamento de cobre para o motor. 	<p>Engenheiro mecânico, inspetores de manutenção; mecânicos de manutenção e mecânico de usinagem.</p>	<p>Em campo ou na oficina central</p>
---	--	---	---	---------------------------------------

Fonte: Autores (2024)

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto neste trabalho se concluiu que os resultados proporcionaram uma confiabilidade e a disponibilidade dos motores elétricos nos processos produtivos acima de 95%. Cabe ressaltar que neste caso, os engenheiros mecânicos junto à gestão e planejamento devem elaborar e implementar o plano de manutenção preventiva eficaz. Os colaboradores da gestão de materiais e motores sobressalentes devem atuar de forma estratégica e eficiente para não parar o processo produtivo, ao mesmo tempo em que a equipe executante esteja capacitada e motivada para inspecionar e executar os reparos com assertividade e qualidade, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ABECOM Motores Elétricos. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/tipos-de-motor-eletrico/>. Acesso em: 24/08/2024.



HAND, Augie. **Motores elétricos:** manutenção e solução de problemas. São Paulo: Bookman, 2. ed, 312p., 2014.

ALMEIDA, Paulo S. **Manutenção mecânica industrial:** conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Saraiva, 2014.

FILIPPO FILHO, Guilherme. **Motor de indução.** 2.ed. São Paulo: Érica, 2013.

SÁ, Jocélio S. **Especificação de motores de indução trifásicos.** São Paulo: Artliber, 2013.



PROTEÇÃO E CONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE MÉDIA TENSÃO: ANÁLISE DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE SUBESTAÇÃO INCLUINDO SEUS SISTEMAS DE PROTEÇÃO E DISPOSITIVOS DE SECCONAMENTO PARA GARANTIR UMA MAIOR SEGURANÇA E A CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA

Ana Luiza Novaes Dias ¹

Gabriel Moreira Cavalcante ²

Leonardo Bartole Faria ³

Fábio Luís Alvarenga Guimarães ⁴

RESUMO

É comum observar a instalação de subestações em grandes centros urbanos, mas também podem ser encontradas em instalações industriais. Um exemplo relevante é uma indústria siderúrgica estabelecida na década de 1940, da qual focaremos apenas em uma subestação específica, a qual enfrenta desafios devido à obsolescência de seus equipamentos, que podem ser considerados antiquados em determinadas circunstâncias. Isso levanta preocupações sobre a eficácia dos dispositivos de proteção e segurança, especialmente em comparação com tecnologias mais modernas, tendo em vista a proteção dos equipamentos e a segurança dos colaboradores, uma vez que se trata de subestações de média tensão que fornecem 13,8 kV às áreas atendidas. Dessa forma, o objetivo deste estudo é realizar o retrofit e a atualização de uma subestação pertencente a uma usina siderúrgica, cuja infraestrutura se encontra defasada. A subestação em análise apresenta um entrave operacional significativo: a impossibilidade de realizar manutenções em seções específicas sem interromper o fornecimento de energia para todas as demais áreas interconectadas à rede. Essa situação resulta em um impacto negativo na produtividade da usina, uma vez que a interrupção total do fornecimento de energia pode levar a paradas não programadas na produção, além de representar um risco à segurança e à integridade dos equipamentos.

Palavras-Chave: Subestações. Média tensão. Indústria. Energia.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é imprescindível que a energia elétrica é um insumo essencial, estando presente no cotidiano da maioria dos seres humanos exercendo um papel importante em muitas áreas e atividades, desde as mais básicas até as mais complexas, desde que chegou ao Brasil em 1879 sofreu grandes avanços tecnológicos, como diversificação na geração de energia e dispositivos de proteção e segurança.

Sabemos que para que a energia chegue até seus consumidores finais, sejam

¹ Acadêmica - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: aluiza.dn26@gmail.com

² Acadêmico - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: gt.gabriel07@outlook.com

³ Acadêmico - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: leo.bartole@hotmail.com

⁴ Docente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: fabio.guimaraes@ubm.br

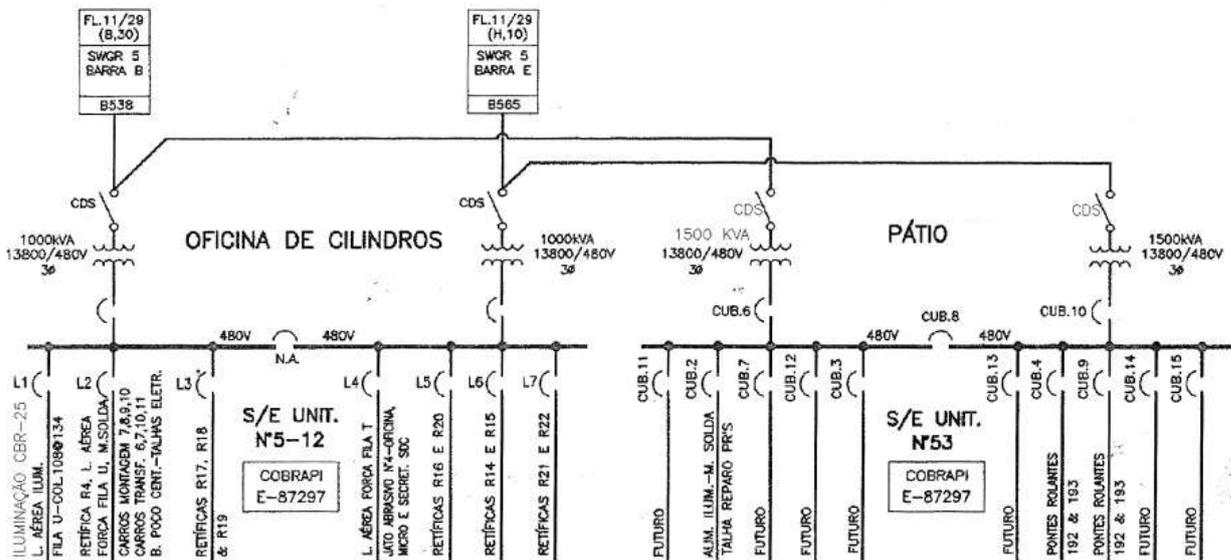


elas residências ou indústrias a energia percorre um caminho extenso e singular, esse caminho é: geração, transformação, transmissão e distribuição. É comum nos grandes centros se deparar com a instalação de subestações, mas também é possível encontrá-las no interior das indústrias, análogo a isso têm-se uma usina siderúrgica arcaica que possui uma subestação interna nomeada de S/E N° 5-12. Por se tratar de uma indústria em que os equipamentos que a constituem em sua maioria estão obsoletos e podendo até serem considerados antiquados em algumas situações, junto a isso cresce um alerta quanto aos dispositivos de proteção e segurança que os integram se eles oferecem a mesma eficácia quanto aos mais modernos, visando a proteção dos equipamentos e segurança dos colaboradores que ali trabalham, uma vez que trata-se de subestações de média tensão, cuja fornece 13,8kV às áreas que alimentam. Este projeto, portanto, tem como objetivo alinhar às melhores práticas de gestão de infraestrutura elétrica, contribuindo para a melhoria contínua da operação da usina metalúrgica e garantindo maior confiabilidade e sustentabilidade no fornecimento de energia.

2 METODOLOGIA

De forma a obter êxito ao fim deste trabalho será empregado a metodologia de pesquisa estudo de caso realizando um retrofit - processo de modernização de estruturas ou equipamentos antigos com objetivo de melhorar a estética e funcionalidade (Korner). Com base nisso serão realizados e demonstrados cálculos da potência total necessária para consumo das áreas a serem mantidas na subestação da esquerda da figura 1:

Figura 1: Desenho Unifilar da subestação com realimentação



Será realizado uma atualização no sistema de alimentação da presente subestação visando alterar seus componentes obsoletos para atuais e de melhor utilização quando necessário realizar quaisquer tipos de atividade de revisão e manutenção. Serão modificados o seu sistema de acionamento bem como seus elementos eletromecânicos para um melhor controle

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho está em fase de levantamento de dados, análise e discussões minuciosas entre a equipe.

4 CONCLUSÃO

Portanto, fica evidente que a modernização de subestações elétrica, em especial a da siderúrgica, é essencial uma vez que busca garantir a eficiência e a segurança o fornecimento de energia. O processo de retrofit sugerido, tem por objetivo substituir os equipamentos obsoletos por tecnologias avançadas, visando assim um aumento da confiabilidade e sustentabilidade da infraestrutura elétrica da usina. Além disso, essa requalificação irá possibilitar um melhor gerenciamento de energia, reduzindo os riscos operacionais e propiciando uma maior segurança aos trabalhadores. Sendo assim, o alinhamento juntamente com as melhores práticas de gerenciamento elétrico é



importante para o funcionamento eficiente da indústria, assegurando a qualidade do fornecimento de energia sem interrupção.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente aos nossos familiares pelo apoio incondicional, aos professores pela dedicação e valiosas orientações, aos amigos e colegas pela colaboração ao longo da jornada, e à UBM por todo o suporte e estrutura oferecidos, fundamentais para a realização e conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

DOS PRIMÓRDIOS ao Mercado Livre: a história da energia elétrica no Brasil.

Blog.esfera, 16 maio. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/mercado-livre-de-energia/historia-energia-eletrica-brasil>. Acesso em: 9 set. 2024.

ENTENDA o que é uma subestação e conheça suas classificações. **Tecnogera**, 2021.

Disponível em: <https://blog.tecnogera.com.br/blog/entenda-o-que-e-uma-subestacao-e-conheca-suas-classificacoes#>. Acesso em: 9 set. 2024.

O QUE significa retrofit? Entenda o que é e como funciona. **Korner Engenharia**.

Disponível em: <https://korner.com.br/o-que-significa-retrofit-entenda-o-que-e-e-como-funciona>. Acesso em: 9 set. 2024.



Fernando da Silva Santos¹
Anna Paula Carvalho²
Diego S. B. Portella³
Luana Freitas Gomes⁴
Roberta de C. Azevedo⁵
Victor S. S. Fernandes⁶

RESUMO

O projeto de reforma de um ponto de ônibus com telha ecológica visa transformar um espaço público em algo mais sustentável e funcional. A telha ecológica, geralmente feita de materiais reciclados, como plástico ou fibra de vidro, é uma alternativa ecologicamente correta às telhas tradicionais de cerâmica ou metal. No contexto da reforma do ponto de ônibus, a substituição das telhas convencionais pela telha ecológica traz diversos benefícios. Primeiramente, contribui para a redução do impacto ambiental, uma vez que utiliza materiais reciclados, diminuindo a demanda por recursos naturais. Além disso, a telha ecológica possui propriedades de isolamento térmico e acústico, proporcionando maior conforto aos usuários do ponto de ônibus, especialmente em dias quentes ou chuvosos.

Palavras-chave: Ponto de Ônibus. Telhas ecológicas. Sustentabilidade. Acessibilidade. População.

ABSTRACT

The project to renovate a bus stop with ecological tiles aims to transform a public space into something more sustainable and functional. Eco-friendly tile, often made from recycled materials such as plastic or fiberglass, is an environmentally friendly alternative to traditional ceramic or metal tiles. In the context of bus stop renovation, replacing conventional tiles with ecological tiles brings several benefits. Firstly, it contributes to reducing environmental impact, as it uses recycled materials, reducing the demand for natural resources. Furthermore, the ecological tile has thermal and acoustic insulation properties, providing greater comfort to bus stop users, especially on hot or rainy days.

Keywords: Bus stop. Ecological tiles. Sustainability. Accessibility. Population.

1 INTRODUÇÃO

¹ Docente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa, RJ. E-mail: Annapaula.carvalho21@gmail.com

³ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa, RJ. E-mail: diegobijoni@hotmail.com

⁴ - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa, RJ. E-mail: luanaap.f.gomes@gmail.com

⁵ Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa, RJ. E-mail: roberta.cma@hotmail.com

⁶ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa, RJ. E-mail: vitaosfernandes01@gmail.com



Nos últimos anos, a preocupação com a sustentabilidade ambiental tem se tornado cada vez mais presente nas discussões sobre o planejamento e desenvolvimento urbano.

Nesse contexto, a busca por soluções que aliem praticidade, funcionalidade e responsabilidade ambiental tem impulsionado a adoção de práticas e materiais sustentáveis em diversos aspectos da vida nas cidades.

Neste trabalho, exploraremos a possibilidade de reforma de pontos de ônibus utilizando telhas ecológicas como elemento principal.

Esse tipo de telha, produzida a partir de materiais reciclados e de baixo impacto ambiental, apresenta-se como uma alternativa viável e eficiente às telhas convencionais, trazendo consigo uma série de benefícios tanto ambientais quanto sociais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Reformular pontos de parada para transporte coletivo pré existentes, visando proporcionar maior conforto aos usuários e tornando-os mais acessíveis aos portadores de necessidades especiais, utilizando materiais sustentáveis e nocivos ao meio ambiente.

1.1.2 Objetivo específico

O trabalho será feito de forma que os pontos elaborados tragam o efeito esperado, proporcionando segurança e conforto à população, com atenção especial ao uso de materiais sustentáveis e de baixo custo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade pode ser definida como a utilização dos recursos naturais para atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras, desta forma, uma sociedade sustentável não coloca em risco os recursos naturais aos quais são dependentes, permitindo assim que um processo possa existir por um



determinado ou indeterminado tempo promovendo o desenvolvimento sustentável.

Alguns estudiosos apresentam desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade como a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou lixo para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro.

Desta forma, o desenvolvimento sustentável deve integrar o desenvolvimento social, econômico e o ambiental. Neste contexto, a sustentabilidade ambiental refere-se a todo o meio ambiente, certificando-se para que seus recursos não acabem e continuem se recompondo.

2.2 PONTO DE PARADA PARA TRANSPORTE COLETIVO

Os pontos de parada de transporte coletivo são elementos fundamentais na infraestrutura urbana, desempenhando um papel essencial na mobilidade de milhões de pessoas em áreas urbanas ao redor do mundo.

São espaços de transição, onde passageiros aguardam a chegada dos ônibus ou outros meios de transporte público, facilitando suas jornadas diárias.

2.3 IMPORTANCIA DO TRANSPORTE COLETIVO

A importância do transporte coletivo vai além da mera conveniência.

Eles desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade urbana, pois o uso do transporte público em detrimento do transporte individual motorizado, contribui para a redução do congestionamento nas vias, da emissão de gases de efeito estufa e da poluição do ar, além de promover uma utilização mais eficiente do espaço urbano.

2.4 INCLUSÃO SOCIAL E ACESSIBILIDADE

Os pontos de parada de transporte coletivo desempenham um papel importante na promoção da inclusão social e da acessibilidade urbana.

Devem ser projetados e equipados de forma a garantir o acesso fácil e seguro para todas as pessoas, independentemente de sua idade, capacidade física ou condição socioeconômica.

Rampas de acesso para cadeirantes, sinalização adequada, assentos confortáveis e abrigos contra intempéries são algumas das características essenciais



que contribuem para tornar esses espaços mais inclusivos e acessíveis.

Em suma, os pontos de parada de transporte coletivo são mais do que simples locais de espera; são pontos de encontro, mobilidade e inclusão.

Como tal, merecem a devida atenção e investimento por parte das autoridades municipais e urbanistas, a fim de garantir que continuem a desempenhar seu papel vital na construção de cidades mais sustentáveis, acessíveis e humanas.

3 DESENVOLVIMENTO

A utilização de telhas ecológicas em estruturas urbanas, como pontos de parada de ônibus, apresenta diversas vantagens ambientais.

Esse recurso, geralmente feito de materiais reciclados ou provenientes de fontes renováveis, contribui para a redução da pegada de carbono e minimiza o consumo de recursos naturais não renováveis.

As telhas ecológicas são fabricadas a partir de materiais reciclados, como plástico, fibra de vidro ou borracha, reduzindo a necessidade de exploração de recursos naturais não renováveis.

Isso contribui significativamente para a preservação do meio ambiente, minimizando o impacto da construção civil sobre ecossistemas sensíveis.

Além disso, o processo de fabricação das telhas ecológicas geralmente consome menos energia e emite menos poluentes do que a produção de telhas convencionais, tornando-as uma opção mais sustentável em termos de emissões de carbono.

Uma das vantagens das telhas ecológicas é sua capacidade de proporcionar melhorias significativas no conforto térmico e acústico dos espaços onde são utilizadas.

Em um ponto de ônibus, onde os usuários muitas vezes enfrentam condições climáticas adversas, como sol forte ou chuva intensa, a utilização de telhas ecológicas pode ajudar a reduzir a transferência de calor para o interior do abrigo, mantendo uma temperatura mais agradável.

Além disso, as propriedades de isolamento acústico das telhas ecológicas podem ajudar a minimizar o ruído do tráfego, criando um ambiente mais tranquilo e confortável para os passageiros.

Embora algumas pessoas possam ter dúvidas sobre a durabilidade e



resistência das telhas ecológicas em comparação com as telhas convencionais, muitos estudos e experiências práticas têm demonstrado que elas são igualmente eficazes em proteger os espaços contra intempéries e desgaste ao longo do tempo.

As telhas ecológicas são projetadas para suportar condições climáticas adversas, como vento, chuva, sol e granizo, e geralmente têm uma vida útil comparável ou até mesmo superior às telhas tradicionais.

Dentre os pontos citados, a inclusão de espaços dedicados a cadeirantes em pontos de ônibus é uma iniciativa crucial para promover a acessibilidade e a igualdade de oportunidades dentro das comunidades urbanas.

Ao considerar a necessidade de mobilidade de todos os cidadãos, incluindo aqueles com deficiências físicas, os pontos de ônibus que oferecem lugares específicos para cadeirantes demonstram um compromisso com a inclusão e a dignidade de todos os membros da sociedade.

Figura 1 - Ideia para o ponto de parada com telha ecológica



Fonte: Google (2024)



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação de telhas ecológicas e espaços dedicados a cadeirantes em pontos de parada de ônibus foi avaliada em diferentes contextos urbanos.

Os resultados demonstraram que essas iniciativas contribuem significativamente para a redução do impacto ambiental dos pontos de parada de ônibus, ao mesmo tempo em que melhoram a acessibilidade e a qualidade de vida dos usuários.

Em relação às telhas ecológicas, observou-se uma redução no consumo de energia durante a produção e uma diminuição na emissão de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida do produto.

Além disso, as telhas ecológicas mostraram-se mais duráveis e resistentes às condições climáticas adversas, resultando em menores custos de manutenção para as autoridades municipais.

Quanto aos espaços dedicados a cadeirantes, verificou-se um aumento na acessibilidade e na segurança dos pontos de parada de ônibus.

Os usuários com mobilidade reduzida relataram uma experiência mais confortável e independente ao utilizar esses espaços, o que contribui para a sua inclusão social e participação na vida urbana.

Figura 2 - Ponto de parada com espaço dedicado a cadeirantes.



Fonte: Google (2024)



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de telhas ecológicas e espaços dedicados a cadeirantes em pontos de parada de ônibus representa um avanço significativo na promoção da sustentabilidade e acessibilidade urbanas.

Essas medidas não apenas contribuem para a preservação do meio ambiente e a redução das desigualdades sociais, mas também melhoram a qualidade de vida de toda a comunidade.

É fundamental que os órgãos responsáveis pelo planejamento urbano e transporte público considerem tais iniciativas em seus projetos, priorizando o bem-estar e a inclusão de todos os cidadãos.

Investir em infraestrutura sustentável e acessível não é apenas uma escolha ética, mas também uma necessidade para construirmos cidades mais justas, resilientes e harmoniosas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Cidades. Manual PARA Apresentação de Propostas Programa - 2054 Planejamento Urbano (infraestrutura Urbana) 2012. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/saneamento/MANUAL_INFRAESTRUTURA_URBANA__1D73_2012.pdf. Acesso em: 09 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saúde 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101791_informativo.pdf. Acesso em: 09 jun. 2024.

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2020**. A próxima fronteira – Desenvolvimento humano e o antropoceno. Brasília: PNUD, 2020. Disponível em: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2020>. Acesso em: 09 de junho de 2024.

SILVA, Mayara Kelly dos Santos . A importância das telhas ecológicas no meio ambiente. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS-UNAERP. **Anais [...]**.Guarujá: UNAERP.

Israel Gallo Pereira¹
Ramon Dos Reis Silva Moreira²
Ronan Dos reis Silva Moreira³
Fábio Luís Alvarenga Guimarães⁴

RESUMO

O estudo de caso visa analisar e otimizar os sistemas auxiliares da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Alto Forno 2, focando na identificação das cargas elétricas críticas e na avaliação das fontes de energia auxiliares, como geradores e nobreaks. A ETE, responsável por tratar a água utilizada na lavagem dos gases do alto forno e removendo sólidos suspensos e contaminantes, precisa garantir a continuidade de operação mesmo durante falhas de energia. O objetivo é assegurar a operação contínua das cargas essenciais, como bombas e sistemas de dosagem, e melhorar a confiabilidade e eficiência do sistema elétrico da estação para manter a eficiência do processo produtivo do alto forno.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), Fontes de Energia Auxiliares e Otimização.

1 INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Alto Forno 2 é fundamental para a produção de ferro líquido, desempenhando um papel crucial no tratamento e recirculação da água utilizada na lavagem dos gases gerados. Este processo assegura a qualidade do gás e reduz os impactos ambientais, promovendo a eficiência na produção ao remover sólidos e contaminantes da água. A eficácia da ETE, no entanto, está fortemente ligada à robustez de sua infraestrutura elétrica, responsável por fornecer energia e controlar os equipamentos essenciais da estação. Este estudo de caso visa analisar a estrutura elétrica da ETE, focando na demanda energética e nas estratégias de contingência, como geradores de backup e Nobreaks, para garantir a continuidade operacional e evitar interrupções que possam comprometer o processo produtivo e o meio ambiente.

¹ Acadêmico - Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: Israelgallo19@gmail.com,

² Acadêmico - Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: ramomr233@gmail.com

³ Acadêmico - Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail

⁴ Professor - Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: ronanreismoreira3@gmail.com

2 METODOLOGIA

Para realizar uma análise abrangente da infraestrutura elétrica da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Alto Forno 2, a metodologia será dividida em várias etapas sistemáticas:

Levantamento de Dados:

- Inventário e especificações dos equipamentos elétricos da ETE.

Avaliação da Demanda Energética:

- Cálculo das cargas elétricas e análise do perfil de consumo.

Análise da Infraestrutura Elétrica:

- Inspeção física e avaliação dos sistemas de proteção.

Estratégias de Contingência:

- Avaliação e simulação de sistemas de backup, como geradores e Nobreaks.

Recomendações e Otimização:

- Identificação de gargalos e propostas de melhorias.

Relatório Final:

- Documentação e apresentação dos resultados e recomendações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se que o estudo evidencie a importância da infraestrutura elétrica para a ETE do Alto Forno 2, identificando pontos críticos de consumo e sua influência nos processos de controle. As estratégias de contingência, como geradores de backup e Nobreaks, devem ser avaliadas quanto à capacidade de garantir a continuidade operacional, com provável necessidade de maior capacidade dos geradores para suportar falhas prolongadas. A integração eficiente entre Nobreaks e geradores será essencial. O estudo também deve ressaltar a importância de um plano de manutenção



preventiva para assegurar a continuidade produtiva e reduzir impactos ambientais.

4 CONCLUSÃO

Em conclusão, a análise da infraestrutura elétrica da ETE do Alto Forno 2 é fundamental para garantir a continuidade e eficiência dos processos produtivos e ambientais. A implementação de geradores de backup e Nobreaks deve ser cuidadosamente dimensionada para suportar falhas prolongadas de energia. Além disso, um plano de manutenção preventiva eficaz é essencial para evitar interrupções inesperadas. Melhorias na infraestrutura elétrica e na integração dos sistemas de contingência podem aumentar a resiliência da estação, assegurando a operação contínua e minimizando impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

BOLTON, William. **Electrical engineering**: principles and applications. 6th ed. London: Pearson Education, 2019.

HASTINGS, Keith E. **Electrical power systems technology**. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.

GARCIA, Jose. Energy backup systems in critical infrastructure. **Journal of Energy Management**, v. 45, n. 2, p. 101-112, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR-5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15920**: Cabos elétricos — Cálculo da corrente nominal — Condições de operação — Otimização econômica das seções dos cabos de potência. Rio de Janeiro, 2011.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). **IEC 62040-1**. 2th ed. Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: Safety requirements. Geneva, 2017.



TRANSFORMAÇÃO DE ROLOS MENORES EM ROLOS MAIORES
A TRANSFORMATION OF SMALLER ROLLERS INTO LARGER ROLLERS

Fernando da Silva Santos¹
Fabiano da S. Ferreira²
Gabriela de Andrade Garcia³
Hiel Lacerda Cândido⁴
Marcelo Rocha de Oliveir⁵
Samuel da Silva Linhares⁶
Wellington Silva de Assis⁷

RESUMO

Este projeto visa reduzir custos na mesa de rolos de uma siderurgia transformando rolos menores de 800 mm em rolos maiores de 1550 mm. Utilizando processos de corte, rebaixamento, encaixe e soldagem, os rolos menores foram reutilizados, resultando em uma economia total de R\$ 207.092,00. Além da redução de custos, o projeto melhorou a eficiência operacional, demonstrando a viabilidade de práticas de reutilização na indústria siderúrgica.

Palavras-chave: Mesa de rolos. Custos. Processos de corte. Viabilidade. Indústria siderúrgica.

ABSTRACT

This project aims to reduce costs in the roller table of a steel mill by transforming smaller rollers of 800 mm into larger rollers of 1550 mm. Using cutting, recessing, fitting, and welding processes, the smaller rollers were reused, resulting in a total savings of R\$ 207,092.00. In addition to cost reduction, the project improved operational efficiency, demonstrating the feasibility of reuse practices in the steel industry.

Keywords: Roller tble. Cutting processes. Feasibility. Steel industry.

1 INTRODUÇÃO

A proposta visa reduzir os custos associados à mesa de rolos de um laminador

¹ Docente - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

² Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: ferreiraxfa@gmail.com

³ Acadêmica - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: Gabyand1996@outlook.com

⁴ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: hiellacerda@hotmail.com

⁵ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: marcelorochavr77@gmail.com

⁶ Acadêmico -- Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: linharessanuel01@gmail.com

⁷ Acadêmico - Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: Wellington@yahoo.com.br



numa siderurgia através da recuperação de rolos menores. A ideia central é transformar dois rolos menores de 800 mm em um rolo maior de 1550 mm, minimizando assim a necessidade de adquirir novos rolos de fornecedores, o que tem um alto custo e um prazo de entrega elevado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Reduzir os custos operacionais e melhorar a eficiência na mesa de rolos de uma siderurgia através da recuperação e reutilização de rolos menores de 800 mm, transformando-os em rolos maiores de 1550 mm, sem comprometer a qualidade e a segurança dos componentes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificação e Seleção dos Rolos:

Catalogar e inspecionar os rolos menores de 800 mm disponíveis no estoque, verificando sua adequação para reutilização no projeto.

- Transformação dos Rolos:

Realizar o corte, rebaixamento e abertura interna dos rolos menores.

Executar o encaixe e chanfro dos rolos, seguido da soldagem, para formar rolos maiores de 1550 mm.

- Análise Econômica:

Comparar os custos de transformação dos rolos menores com o custo de aquisição de novos rolos maiores, demonstrando a economia financeira obtida.

-Eficiência Operacional:

Reduzir o tempo de espera por novos rolos, melhorando a prontidão e a disponibilidade dos rolos na mesa de rolos do laminador.

Aumentar a eficiência operacional através da implementação de práticas de reutilização de componentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS E SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA



A reutilização de materiais é uma prática essencial para promover a sustentabilidade na indústria, visando maximizar a eficiência dos recursos disponíveis e reduzir o desperdício. Na siderurgia, onde a demanda por recursos naturais é alta, a reutilização de componentes é particularmente relevante devido ao alto custo e à complexidade logística envolvida na aquisição de novos equipamentos.

2.2 PROCESSOS DE SOLDAGEM

Os processos de soldagem são fundamentais para a união de componentes metálicos na indústria siderúrgica, pois oferecem diversas técnicas para fundir materiais e criar juntas resistentes e duráveis.

2.3 PROCESSOS DE USINAGEM

Os processos de usinagem são fundamentais para a preparação de componentes metálicos, incluindo a redução do diâmetro externo (rebaixamento) e a abertura interna para encaixe preciso. Essas operações garantem a conformidade das peças com as especificações de projeto.

2.4 ENCAIXE E CHANFRO

A preparação adequada das peças, incluindo o encaixe preciso e o chanfro nas bordas, é essencial para garantir uma união forte e confiável durante o processo de soldagem. O encaixe proporciona estabilidade inicial, enquanto o chanfro aumenta a área de contato para uma solda eficaz.

2.5 ECONOMIA DE CUSTOS

A reutilização de materiais oferece benefícios econômicos significativos, incluindo a redução do custo de aquisição de novos componentes e a minimização dos custos de processamento, soldagem e teste. Uma análise de custo-benefício abrangente é crucial para avaliar a viabilidade econômica da reutilização de componentes na siderurgia.

2.6 QUALIDADE E SEGURANÇA

A garantia da qualidade e segurança dos componentes recuperados é essencial para evitar falhas e garantir a integridade estrutural. Testes não destrutivos,



como líquido penetrante, são realizados para avaliar a qualidade das soldas e a resistência dos componentes recuperados.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DOS ROLOS

O primeiro passo no desenvolvimento do projeto foi identificar e selecionar os rolos menores de 800 mm disponíveis no estoque que estivessem em condições adequadas para serem reutilizados.

3.2 CORTE E PREPARAÇÃO DOS ROLOS

Para transformar dois rolos menores em um rolo maior de 1550 mm, foi necessário realizar um processo de corte e preparação dos rolos:

3.2.1 Rebaixamento da Parte Externa

Um dos rolos teve sua parte externa rebaixada em 80 mm de comprimento e 165 mm de diâmetro h5 (anexo A).

Este processo envolveu a usinagem para garantir a precisão das medidas, utilizando tornos mecânicos de alta precisão.

3.2.2 Abertura da Parte Interna

O segundo rolo passou por um processo de abertura interna, também em 80 mm de comprimento e 165 mm de diâmetro H6 (anexo B).

Este passo foi crucial para garantir que um rolo pudesse encaixar dentro do outro perfeitamente.

3.3 ENCAIXE E CHANFRO

Com os rolos preparados, o próximo passo foi o encaixe.

3.3.1 Encaixe dos Rolos

O rolo com a parte interna aberta foi encaixado no rolo rebaixado. Este encaixe proporcionou uma fixação inicial que facilitou o alinhamento e a preparação para a soldagem.



3.3.2 CHANFRO

Ambos os rolos receberam um chanfro de 45° nas extremidades que seriam unidas. O chanfro aumentou a área de contato para a solda, permitindo uma melhor penetração e, conseqüentemente, uma união mais forte e durável.

3.4 Soldagem

A soldagem foi um processo crítico, que exigiu cuidado e precisão para garantir a integridade do rolo maior.

3.4.1 Preparação para a Soldagem

Antes da soldagem, os rolos encaixados foram fixados em uma posição que garantisse o alinhamento perfeito. Foram utilizados dispositivos de fixação e alinhamento para assegurar que não houvesse desalinhamentos durante o processo de soldagem.

3.4.2 Execução da Soldagem

A soldagem foi realizada utilizando o processo de soldagem, devido à sua capacidade de produzir soldas fortes e de alta qualidade. A penetração da solda foi verificada constantemente para garantir que atingisse toda a profundidade do chanfro.

3.5 CONTROLE DE QUALIDADE

Após a soldagem, os rolos foram inspecionados usando métodos de ensaios não destrutivos (END), como líquido penetrante, para detectar possíveis defeitos ou imperfeições na solda.

3.6 CUSTO E ECONOMIA

A análise financeira foi fundamental para demonstrar a viabilidade econômica do projeto.

3.6.1 Custo dos Rolos Menores

Cada rolo menor custa R\$ 2.322,70. Para criar um rolo maior, o custo total foi de R\$ 4.645,40 (dois rolos menores).



3.6.2 Economia Gerada

Comparando o custo de um rolo maior novo (R\$ 15.000,00) com o custo de transformar dois rolos menores (R\$ 4.645,40), a economia por rolo maior foi de R\$ 10.354,60.

Transformando 40 rolos menores em 20 rolos maiores, a economia total foi de R\$ 207.092,00.

3.7 IMPACTO E BENEFÍCIOS

O projeto de recuperação dos rolos menores trouxe inúmeros benefícios para a siderurgia:

3.7.1 Redução de Custos

A economia significativa de custos permitiu uma melhor alocação de recursos financeiros.

3.7.2 Eficiência Operacional

A reutilização de rolos disponíveis no estoque reduziu o tempo de espera por novos rolos, aumentando a eficiência operacional da mesa de rolos do laminador.

Figura 1- Rolo da mesa reutilizado



Fonte: Autoria própria (2024)



Figura 2- Rolo em processo de usinagem



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 3- Rolo em processo de ajuste.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 4- Rolo da mesa finalizado a extensão.



Fonte: Autoria própria (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS

Transformação dos Rolos

Foram transformados com sucesso 40 rolos menores de 800 mm em 20 rolos maiores de 1550 mm.

O processo de rebaixamento e abertura interna, seguido pelo encaixe e soldagem, foi executado conforme planejado, resultando em rolos maiores de alta qualidade.

Custo Total

O custo total para transformar 40 rolos menores em 20 rolos maiores foi de R\$ 92.908,00.

Comparando com o custo de adquirir 20 rolos maiores novos (R\$ 300.000,00), a economia total foi de R\$ 207.092,00.

Qualidade:

Os testes de qualidade, incluindo ensaios não destrutivos (líquido penetrante), confirmaram a integridade estrutural das soldas.

4.2 DISCUSSÕES

Análise Econômica

A economia de R\$ 207.092,00 destaca a viabilidade financeira do projeto. Esta significativa redução de custos permite que os recursos financeiros sejam redirecionados para outras áreas críticas da operação.

A reutilização de rolos menores, que estavam disponíveis em estoque, eliminou a necessidade de novos investimentos em rolos maiores, proporcionando uma solução econômica e sustentável.

Eficiência Operacional

A transformação dos rolos menores resultou em uma redução significativa no tempo de espera por novos rolos. A prontidão e disponibilidade dos rolos maiores melhoraram a eficiência operacional da mesa de rolos do laminador.

A prática de reutilização pode ser aplicada a outros componentes e áreas da siderurgia, potencialmente levando a melhorias operacionais adicionais.



Sustentabilidade

O projeto promoveu práticas de economia circular, alinhando-se com os princípios de sustentabilidade ao maximizar o uso de materiais existentes e minimizar o desperdício.

A reutilização de componentes reduz a demanda por novas matérias-primas, contribuindo para a conservação de recursos naturais e a redução da pegada ambiental da siderurgia.

Desafios Técnicos

O processo de soldagem e a necessidade de precisão nos cortes e encaixes apresentaram desafios técnicos significativos. Foi essencial contar com profissionais qualificados e equipamentos adequados para garantir a qualidade do trabalho.

A inspeção rigorosa e os testes de desempenho foram cruciais para assegurar que os rolos transformados atendiam aos requisitos de operação.

Recomendações para Futuras Implementações

Para futuras iniciativas de transformação e reutilização de componentes, recomenda-se a implementação de um plano detalhado de qualidade e controle durante todas as etapas do processo.

Investir em treinamentos contínuos para a equipe técnica pode garantir a manutenção dos altos padrões de qualidade e segurança.

Explorar outras áreas da operação onde práticas de reutilização podem ser aplicadas pode levar a mais oportunidades de redução de custos e aumento da sustentabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados com a transformação dos rolos menores em rolos maiores demonstraram não apenas a viabilidade técnica e econômica do projeto, mas também sua contribuição significativa para a sustentabilidade e eficiência operacional da siderurgia. A economia substancial de custos, combinada com a melhoria nos processos operacionais e a redução do impacto ambiental, reforça a importância de adotar práticas inovadoras e sustentáveis na indústria.

O sucesso deste projeto pode servir como um modelo para outras operações industriais, incentivando a busca por soluções criativas e eficientes para o



reaproveitamento de recursos e a otimização de processos.

REFERÊNCIAS

CORDEIRO, Igor . **Apostila de Metalurgia da soldagem**. Disponível em: academia.edu. Acesso em: 03 jun. 2024.

DESENHO técnico escola de manutenção: apostila. Disponível em: cefetmg.br. Acesso em: 03 jun. 2024

INTRODUÇÃO ao desenho técnico Parte 1. Disponível em: ifsc.edu.br. Acesso 05 jun. 2024

TABELA de ajuste para furos/eixos e abreviaturas. Disponível em: <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/tabela-de-ajuste-para-furoseixos-e-abreviaturas/>. Acesso : 01 jun. 2024.

ANEXO A

Tabelas para ajustes de Eixos											www.moldesinjecaoplasticos.com.br	
Ø mm	h5	h6	h7	h8	h9	h10	j5	j6	j7	j8		
1-3	0	0	0	0	0	0	+0,002	+0,004	+0,006	+0,007		
	-0,004	-0,006	-0,010	-0,014	-0,025	-0,040	-0,002	-0,002	-0,004	-0,007		
3-6	0	0	0	0	0	0	+0,003	+0,003	+0,008	+0,009		
	-0,005	-0,008	-0,012	-0,018	-0,030	-0,048	-0,002	-0,002	-0,004	-0,009		
6-10	0	0	0	0	0	0	+0,004	+0,004	+0,010	+0,011		
	-0,006	-0,009	-0,015	-0,022	-0,036	-0,058	-0,002	-0,002	-0,05	-0,011		
10-18	0	0	0	0	0	0	+0,005	+0,008	+0,012	+0,014		
	-0,008	-0,011	-0,018	-0,027	-0,043	-0,070	-0,003	-0,003	-0,006	-0,013		
18-30	0	0	0	0	0	0	+0,005	+0,009	+0,013	+0,017		
	-0,009	-0,013	-0,021	-0,033	-0,052	-0,084	-0,004	-0,004	-0,008	-0,016		
30-50	0	0	0	0	0	0	+0,006	+0,011	+0,015	+0,020		
	-0,011	-0,016	-0,025	-0,039	-0,062	-0,100	-0,005	-0,005	-0,010	-0,019		
50-80	0	0	0	0	0	0	+0,006	+0,012	+0,018	+0,023		
	-0,013	-0,019	-0,030	-0,045	-0,074	-0,120	-0,007	-0,007	-0,012	-0,023		
80-120	0	0	0	0	0	0	+0,006	+0,013	+0,020	+0,027		
	-0,015	-0,022	-0,035	-0,054	-0,087	-0,140	-0,009	-0,009	-0,015	-0,027		
120-180	0	0	0	0	0	0	+0,007	+0,014	+0,022	+0,032		
	-0,018	-0,025	0,040	-0,063	-0,0100	-0,160	-0,011	-0,011	-0,018	-0,031		
180-250	0	0	0	0	0	0	+0,007	+0,016	+0,025	+0,036		
	-0,020	-0,029	-0,030	-0,072	-0,115	-0,185	-0,013	-0,013	-0,021	-0,036		



Tabelas para ajustes de furos

www.moldesinjecaoplasticos.com.br

Ø mm	H6	H7	H8	H9	H10	J6	J7	J8	J9	K6	K7
1-3	0 +0,006	0 +0,010	0 +0,014	0 +0,025	0 +0,040	-0,004 +0,002	-0,006 +0,004	-0,008 +0,006	-0,013 +0,012	-0,006 0	-0,010 0
3-6	0 +0,008	0 +0,012	0 +0,018	0 +0,030	0 +0,048	-0,003 +0,005	-0,006 +0,006	-0,008 +0,010	-0,015 +0,015	-0,006 +0,002	-0,009 +0,003
6-10	0 +0,009	0 +0,015	0 +0,022	0 +0,036	0 +0,058	-0,004 +0,002	-0,007 +0,006	-0,010 +0,012	-0,018 +0,018	-0,007 +0,002	-0,010 +0,005
10-18	0 +0,011	0 +0,018	0 +0,027	0 +0,043	0 +0,070	-0,005 +0,006	-0,008 +0,010	-0,012 +0,015	-0,022 +0,021	-0,009 +0,002	-0,012 +0,006
18-30	0 +0,013	0 +0,021	0 +0,033	0 +0,052	0 +0,084	-0,005 +0,008	-0,009 +0,012	-0,013 +0,020	-0,026 +0,026	-0,011 +0,002	-0,015 +0,006
30-50	0 +0,016	0 +0,025	0 +0,039	0 +0,062	0 +0,100	-0,005 +0,010	-0,011 +0,014	-0,015 +0,024	-0,031 +0,031	-0,013 +0,003	-0,018 +0,007
50-80	0 +0,019	0 +0,030	0 +0,045	0 +0,074	0 +0,120	-0,006 +0,013	-0,012 +0,018	-0,018 +0,028	-0,037 +0,037	-0,015 +0,004	-0,021 +0,009
80-120	0 +0,022	0 +0,035	0 +0,054	0 +0,087	0 +0,140	-0,006 +0,016	-0,013 +0,022	-0,020 +0,034	-0,044 +0,043	-0,018 +0,004	-0,025 +0,010
120-180	0 +0,025	0 +0,040	0 +0,063	0 +0,100	0 +0,160	-0,007 +0,018	-0,014 +0,026	-0,022 +0,041	-0,050 +0,050	-0,021 +0,004	-0,028 +0,012
180-250	0 +0,029	0 +0,048	0 +0,072	0 +0,115	0 +0,185	-0,007 +0,022	-0,016 +0,030	-0,025 +0,047	-0,058 +0,057	-0,024 +0,005	-0,033 +0,013

TRATAMENTO DE EFLUENTES OLEOSOS EM AMBIENTES INDUSTRIAIS E SEU BENEFICIAMENTO

TREATMENT OF OILY WASTEWATER IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS AND ITS BENEFICIATION

Bruno da Silva do Nascimento¹
Thiago Diniz de Paula²
Fernando da Silva Santos³

RESUMO

Várias técnicas são usadas para recuperação de óleo solúvel, incluindo técnicas de separação, técnicas químicas e técnicas biológicas. As técnicas de separação envolvem o uso de separação por gravidade, centrifugação ou filtração para separar o óleo da água. As técnicas químicas envolvem o uso de floculação, coagulação ou separação por membrana para remover o óleo da água. As técnicas biológicas envolvem o uso de biodegradação, bioaumento ou fitorremediação para quebrar ou remover o óleo da água. A metodologia de pesquisa trata-se de uma revisão de literatura, com base nos principais autores da área. A injeção de água é o método de recuperação secundário mais utilizado no mundo. Mesmo em situações em que esse método não é o mais adequado, a facilidade de implantação e os menores custos comparativos impõem esse método como a opção selecionada. Em lugares de óleo pesado, a razão de mobilidade desfavorável e as heterogeneidades de reservatório precipitam a formação de digitações viscosas e altos valores de saturação residual de óleo, levando a baixos fatores finais de recuperação. Os benefícios da implementação de técnicas eficazes de recuperação de óleo solúvel são numerosos. A redução da poluição ambiental é um benefício óbvio, uma vez que os derrames de petróleo podem causar danos significativos à vida aquática e danificar o ambiente.

Palavras-chaves: centrifugação, separação, força, tratamento, recuperação.

ABSTRACT

Various techniques are used for soluble oil recovery, including separation, chemical, and biological methods. Separation techniques involve using gravity separation, centrifugation, or filtration to separate oil from water. Chemical techniques include flocculation, coagulation, and membrane separation to remove oil from water. Biological techniques involve biodegradation, bioaugmentation, or phytoremediation to break down or remove oil from water. The research methodology employed is a literature review based on the work of key authors in the field. Water injection is the most commonly used secondary recovery method worldwide. Even in situations where this method may not be the most appropriate, its ease of implementation and relatively

¹ Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Docente Mestre e Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - Centro Universitário de Barra Mansa



lower costs often make it the preferred option. In heavy oil locations, unfavorable mobility ratios and reservoir heterogeneities lead to the formation of viscous fingering and high residual oil saturation, resulting in low final recovery factors. The benefits of implementing effective soluble oil recovery techniques are numerous, including a significant reduction in environmental pollution. Oil spills can cause substantial harm to aquatic life and damage the environment, making effective recovery techniques essential.

Keywords: centrifugation, separation, force, treatment, recovery.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história mundial, a água desempenhou um papel crucial na evolução tecnológica da humanidade.

No entanto, muitas vezes não foram consideradas as consequências do uso excessivo, que resultava na degradação de recursos hídricos durante os processos de produção tecnológica.

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a preservação ambiental, especialmente no que se refere aos recursos hídricos, e as exigências legais associadas, levaram as indústrias a adotar sistemas de gestão e aprimoramento dos processos.

O descarte de efluentes gerados nos processos siderúrgicos em meios hídricos deve cumprir as legislações ambientais vigentes.

No contexto da indústria siderúrgica analisada neste trabalho, os efluentes resultantes do processo de laminação a frio e demais pontos que possuem características semelhantes consistem em emulsões de água e óleo.

Após o uso no processo, esses efluentes requerem um tratamento especializado para a separação e redução dos níveis de óleos e graxas na água.

Nesse caso faz-se necessário as Estações de Tratamento de Efluentes, que é projetada para atender as necessidades de tratamento conforme os efluentes que são enviados.

Outro ponto além do tratamento, é o beneficiamento desse óleo separado, de forma que seja tratado para a reciclagem dele.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é apresentar de forma detalhada o processo de tratamento de efluentes oleosos e seu beneficiamento, desde a introdução à

centrifugação, passando pela estrutura da estação de tratamento, beneficiamento do óleo separado e os parâmetros ambientais a serem seguidos, até a análise dos impactos do óleo no processo.

Além disso, são discutidos os desafios e benefícios da centrifugação e da recuperação de óleo no contexto industrial, com ênfase na eficiência, sustentabilidade e conformidade regulatória.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Reduzir os impactos da poluição da água.

Melhorar a imagem das empresas perante as comunidades em que operam, além de influenciar positivamente seu mercado.

Diminuir a carga de matéria orgânica até atingir padrões aceitáveis, permitindo que a água tratada possa ser devolvida ao meio ambiente sem causar danos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A centrifugação é amplamente utilizada como método de separação de misturas sólido-líquido e líquido-líquido.

Segundo Schweitzer (2001), o princípio da centrifugação baseia-se na aplicação de uma força centrífuga que permite a separação dos componentes pela diferença de densidade, conforme descrito em pesquisas sobre processos de separação na engenharia química.

2.1 FORÇA CENTRÍFUGA

A eficiência da separação centrífuga está diretamente relacionada à magnitude da força centrífuga, que depende da velocidade angular e do raio de operação.

Estudos de Souza (2018) mostram que o aumento da velocidade angular e do raio da centrífuga otimiza a separação de componentes de diferentes densidades, confirmando a equação básica $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$.

2.1.2 Tipos de Centrífugas

O uso de diferentes tipos de centrífugas, como a de discos, decantadoras e de tubo, é amplamente documentado.

A literatura técnica, como apresentado por Eckert (2019), destaca que cada tipo possui aplicações específicas, otimizando a eficiência em função da natureza do efluente e das características dos componentes a serem separados.

O pré-tratamento e o processamento por centrifugação em estações de tratamento de efluentes oleosos são práticas bem estabelecidas na literatura de tratamento de águas industriais.

Segundo Metcalf e Eddy (2014), o pré-tratamento é crucial para remover sólidos grosseiros e graxas, que podem causar danos ao equipamento subsequente.

2.1.3 Processamento por Centrifugação

A literatura evidencia que a aplicação de centrífugas de disco e decantadoras são as mais comuns no tratamento de efluentes com elevados teores de óleos e sólidos.

Estudos de Torres *et al.* (2020) demonstram que a centrífuga de disco é eficiente na separação de fases líquidas de densidade similar, enquanto as decantadoras se destacam pela capacidade de tratar efluentes com alta concentração de sólidos.

A recuperação e o beneficiamento do óleo são amplamente discutidos em revisões de processos de reaproveitamento de subprodutos industriais.

Segundo Silva e Santos (2021), o óleo separado pode ser purificado por técnicas de filtração, neutralização química e tratamento com carvão ativado, processos que aumentam a pureza e viabilidade econômica do óleo recuperado.

2.2 REUSO E RECICLAGEM

O uso do óleo tratado como combustível industrial e a produção de biodiesel são abordados em diversas pesquisas sobre a valorização de resíduos oleosos.

Artigos de Guimarães *et al.* (2019) destacam a transesterificação como o principal processo para a produção de biodiesel, sendo um método eficiente para agregar valor ao óleo separado.

Os benefícios da centrifugação no tratamento de efluentes, como eficiência e flexibilidade, são amplamente reconhecidos.

Estudos de Rodrigues (2017) indicam que a centrifugação apresenta alta precisão na separação de líquidos com pequenas diferenças de densidade, fator

determinante para a alta qualidade do efluente tratado e a recuperação de óleos para reuso.

As considerações ambientais no tratamento de efluentes oleosos são regidas por regulamentações como a Resolução CONAMA 430/2011.

O controle de parâmetros como óleo e graxa, DBO, DQO e pH, conforme estabelecido na norma, é amplamente referenciado na literatura.

Estudos de Melo (2020) enfatizam que o cumprimento dessas normas é essencial para a proteção dos corpos d'água e para evitar impactos ambientais.

A literatura sobre a geração de efluentes oleosos em processos de laminação, como explorado por Lima *et al.* (2018), destaca que a principal fonte de óleo provém dos sistemas de lubrificação dos rolos, além de vazamentos e resíduos do processo.

A presença desses óleos nos efluentes representa um desafio para o tratamento, requerendo a aplicação de técnicas robustas de separação.

A presença de óleo em estações de tratamento pode tanto causar problemas quanto trazer benefícios, conforme documentado por Freitas (2016).

Altas concentrações de óleo podem sobrecarregar os equipamentos e comprometer a eficiência de tratamentos biológicos e químicos, enquanto a recuperação de óleo pode representar uma oportunidade econômica e ambiental significativa.

2.3. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Técnicas eficazes para a recuperação são essenciais para garantir a produção sustentável e reduzir a poluição ambiental.

Com a abordagem certa, a recuperação pode ajudar a alcançar uma indústria mais sustentável que beneficie tanto a economia como o ambiente.

Contudo, é importante notar que os benefícios a longo prazo do desenvolvimento sustentável podem superar os custos iniciais.

O desenvolvimento sustentável pode ser alcançado através de mudanças políticas.

A evolução da Legislação ambiental vem sofrendo transformações ao longo dos anos, evoluindo do modelo voltado para o comando e controle dos anos 70 para ingressar, progressivamente no denominado autocontrole cuja ênfase tem sido a prevenção da poluição ainda incomum no Brasil.

A educação ambiental ganhou notoriedade com a promulgação da Lei 9.795, de 27 de abril de 1999, que instituiu uma Política Nacional de Educação Ambiental e, por meio dela, foi estabelecida a obrigatoriedade da Educação Ambiental em todos os níveis do ensino formal da educação brasileira.

A Lei 9.765/99 precisa ser mencionada como um marco importante da história da educação ambiental no Brasil, porque ela resultou de um longo processo de interlocução entre ambientalistas, educadores e governos. "O processo legislativo do qual decorreram os diversos institutos normativos, vem sendo o reflexo das aspirações da sociedade civil e seus segmentos como a mídia, a classe política e a parcela da sociedade mais interessada, como instrumentos de controle ambiental, temos a política Nacional de Meio Ambiente dispõe de leis que visa "impor, ao poluidor e ao predador da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

A Lei 6.938/1981 define o meio ambiente, como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas", também assevera que condições que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população são passivas de acarretar degradação ambiental.

O princípio do desenvolvimento sustentável consiste no desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer as necessidades das gerações futuras, ou seja, um desenvolvimento consciente, de forma a não esgotar os recursos naturais para as próximas gerações.

Para isso, é necessário que o direito ambiental e o direito econômico sempre estejam em consonância, o que de fato não ocorre muitas das vezes na prática.

Para melhorias ambientais da nossa vida em sociedade referir-se em um desenvolvimento sustentável que é importante salientar que no meio ambiente consiste em uma combinação de todas as coisas e fatores externos à pessoa ou grupo de pessoas, em outras palavras um conjunto de seres bióticos e abióticos em um determinado espaço, que se relacionam entre si o meio em que vivemos.

Mesmo com a necessidade do ser humano em ter que aprender a utilizar os recursos naturais de forma sustentável entendo que a educação ambiental precisa ser divulgada devidamente aplicada na preservação do meio ambiente.

Ao passar do tempo, e com o desenvolvimento da sociedade, vê-se necessário

a edição de normas a fim de, impor algumas normas, com isso o direito ambiental se adequa de forma a acompanhar a educação ambiental, visando a preservação e a sustentabilidade ambiental.

Outro contra-argumento ao desenvolvimento sustentável é que este pode ser demasiado perturbador para o crescimento económico.

No entanto, é importante notar que o desenvolvimento sustentável também pode criar novas indústrias e oportunidades de emprego.

Dessa maneira é pertinente destacar que a proteção ao meio ambiente e o desenvolvimento de uma sociedade justa, digna e a igualitária são princípios norteadores do desenvolvimento de uma sociedade sustentável e desenvolvida economicamente.

Na ação sustentável tem as práticas que podemos realizar de maneira coletiva e individual que além de produzir resultados na preservação do nosso meio ambiente.

Desenvolvimento sustentável considerando suas dimensões ambiental amplamente difundidos e incorporados nas estratégias de planejamento de inúmeras impressas ao redor do planeta como sistematizar procedimentos.

O que podemos fazer para ter um alcance no meio do desenvolvimento sustentável é encorajar políticas de preservação ambiental, como tarefas reduzindo no impacto os diferentes setores na sociedade.

Como na utilização de energias renováveis, solar, que remete como a importância do desenvolvimento sustentável na sociedade atual.

Nesse íterim é de se destacar que faz necessária uma mudança de paradigmas, de forma a viabilizar o sistema econômico sob um aspecto ecológico que suas atitudes e comportamentos individuais impactam não somente o seu contexto local, mas também o global, devido a isso educação ambiental é uma tendência atual tendo em vista que atualmente está cada vez mais necessário que o ser humano aprenda a conviver harmonicamente com o meio ambiente.

O desenvolvimento tecnológico possibilita maior eficiência na utilização dos recursos naturais e a substituição de matérias-primas no processo produtivo, porém, as tecnologias adotadas levam à degradação do meio ambiente.

Essa busca pelo diferencial, passa pelo processo de inovação, seja ter domínio de novas técnicas de produção, criar uma marca, um novo produto, ou nova tecnologia que venha somar vantagens competitivas e econômicas, promovendo

ações de responsabilidade social e ambiental junto à comunidade relacionando aos padrões.

Sendo assim, o desenvolvimento sustentável é necessário para um futuro melhor.

Os governos podem desempenhar um papel crucial na promoção do desenvolvimento sustentável através de mudanças políticas.

Embora possa haver contra-argumentos ao desenvolvimento sustentável, é importante considerar os benefícios a longo prazo e as soluções potenciais para superar quaisquer desafios iniciais.

2.4 RECEBIMENTO DO EFLUENTE

O tratamento de efluentes oleosos é uma etapa crítica para garantir a conformidade ambiental e a sustentabilidade operacional em indústrias.

Este processo envolve uma série de etapas desde a recepção dos efluentes até o beneficiamento e a destinação do óleo recuperado.

Tendo como objetivo o desenvolver um processo eficiente de tratamento para efluentes oleosos, focando na remoção de óleos e graxas e propor a reutilização ou reciclagem do óleo recuperado, contribuindo para a economia circular.

Assegurar que o efluente tratado atenda aos parâmetros ambientais estabelecidos pelo CONAMA (Federal) e os estaduais referentes a cada estado.

A primeira etapa a partir do recebimento do efluente é a separação de água e óleo.

Posteriormente é feito a dosagem química para que haja reação nos tanques de floculação e flotação.

A partir daí, a água tratada é descartada e os resíduos de óleo é destinado para beneficiamento.

2.5 TRATAMENTO DE EFLUENTES

O efluente bruto é recebido, onde se faz necessário uma separação gravitacional do óleo e da água.

Também se faz necessário a dosagem de um produto químico para coagulação e clarificação das partículas oleosas. Nesse cenário, vamos abordar o uso do sulfato de alumínio.

Na próxima etapa, é utilizado produtos químicos para regular o pH da água



após o uso do sulfato e alumínio e um floculante para auxílio do tratamento, para agregação dos flocos de óleo separados no efluente e apoio ao processo de floculação.

Nesse cenário, foi escolhido o Carbonato de Sódio como alcalinizante e o Polímero como floculante.

A reação dos produtos químicos ocorre em tanques floculadores, que são auxiliados com agitadores mecânicos para a reação química e separação de água do óleo e partículas sólidas ainda presentes no efluente.

O efluente segue para o tratamento nos tanques flotadores, que é a flotação por ar dissolvido (FAD), de forma que sejam gerados microbolhas dentro do tanque, fazendo com que haja a suspensão do óleo ainda presente para a superfície do efluente.

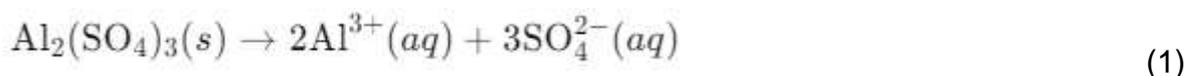
Tanto no tanque de floculação quanto nos tanques flotadores, se faz necessário uma ponte raspadeira, uma vez que o princípio do tratamento é trazer o óleo para a superfície da água para separação do material.

Após essas etapas, o efluente se encontra tratado e pronto para reutilização ou descarte, conforme necessidade de cada processo.

2.6 SULFATO DE ALUMÍNIO

Quando o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) é adicionado à água, ele se dissolve e reage para formar uma solução ácida e liberar íons de alumínio e sulfato.

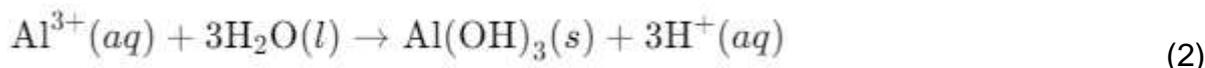
A reação de dissolução do sulfato de alumínio na água pode ser representada da seguinte forma:



Quando o sulfato de alumínio se dissolve, ele dissocia em íons de alumínio (Al^{3+}) e íons sulfato (SO_4^{2-}). Esses íons se dispersam na água e a reação pode levar a um aumento na acidez da solução.

Além disso, o íon de alumínio é um agente coagulante eficaz, especialmente em processos de tratamento de água e efluentes. A sua adição promove a formação de flocos quando reagido com outras substâncias presentes na água, como os íons hidroxila (OH^-). A reação de coagulação pode ser representada simplificada

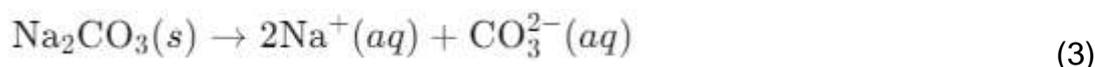
como:



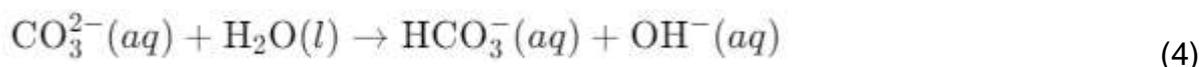
Nesse processo, o sulfato de alumínio reage com a água formando hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), um floco que pode se aglutinar com outras partículas e ser removido da solução.

2.7 CARBONATO DE SÓDIO

Quando o carbonato de sódio Na_2CO_3 é dissolvido em água, ele se dissocia em íons sódio (Na^+) e íons carbonato (CO_3^{2-}). A reação geral de dissolução do carbonato de sódio em água pode ser representada como:



O íon carbonato pode reagir com água (H_2O) para formar o bicarbonato (HCO_3^-) e íons de hidroxila (OH^-) o que aumenta o pH da solução, tornando-a alcalina. A reação pode ser representada da seguinte forma:



2.8 POLÍMERO

Quando um polímero é adicionado à água para tratamento por floculação, ele promove a aglomeração de partículas suspensas formando flocos maiores.

O polímero ajuda a unir essas partículas, facilitando a formação de grupos maiores que podem ser facilmente removidos por sedimentação, flotação ou filtração.

2.9 BENEFICIAMENTO

O material oleoso bruto é encaminhado para processamento e armazenado em um tanque, onde é aquecido, filtrado e transferido para outro tanque, destinado a abastecer a planta de centrifugação de óleo.

A função da planta de centrifugação é remover impurezas sólidas e o excesso de água presente no óleo bruto.

O óleo bruto armazenado no tanque é aquecido a 80°C através de uma serpentina de vapor e então bombeado para o tanque da planta de centrifugação.

Nesta unidade, o óleo bruto é tratado em um decanter (centrífuga horizontal),

que separa os resíduos sólidos, sendo necessário outro direcionamento para tratamento ou descarte.

Após a etapa do decanter, o óleo é transferido para duas centrífugas verticais, que reduzem o teor de umidade do óleo bruto.

O teor de umidade permitido no óleo centrifugado pode variar dependendo do tipo de óleo e da aplicação específica.

Em geral, para a maioria dos óleos de lubrificação e industriais, o teor de umidade deve ser mantido o mais baixo possível, pois a presença de água pode causar corrosão, degradação e outros problemas no sistema.

Se o óleo centrifugado exceder o limite de umidade especificado para a venda, ele é redirecionado para um tanque secador, onde a umidade é eliminada ou reduzida por meio de aquecimento a temperaturas superiores a 100°C.

3 DESENVOLVIMENTO

O tratamento de efluentes oleosos é um desafio significativo para a preservação do meio ambiente, especialmente diante do crescente desenvolvimento industrial e das necessidades de sustentabilidade.

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas e aperfeiçoadas para lidar com esses efluentes, cada uma com suas particularidades, vantagens e limitações.

Entre os métodos analisados, destacam-se a separação física, coagulação/floculação, flotação por ar dissolvido (DAF), filtração e tratamento biológico, além do uso de skimmers.

A combinação desses métodos em sistemas integrados de tratamento é fundamental para otimizar a eficiência e a qualidade da água tratada, possibilitando a remoção de uma ampla gama de contaminantes.

Cada técnica desempenha um papel específico, contribuindo para a redução dos níveis de poluentes e permitindo que os efluentes atendam aos padrões ambientais exigidos.

No entanto, a seleção das técnicas adequadas depende das características do efluente, das condições operacionais e das metas de qualidade desejadas.

Apesar dos avanços tecnológicos, o tratamento de efluentes oleosos enfrenta desafios como a variabilidade das características dos efluentes e a necessidade de investimentos financeiros consideráveis para a implementação de soluções

sustentáveis.

Ainda assim, práticas como a biorremediação e a integração de processos sustentáveis emergem como alternativas promissoras, oferecendo benefícios ambientais e sociais, mesmo que possam não ser financeiramente acessíveis para todas as empresas.

A relação entre homem e natureza continua sendo central na discussão sobre sustentabilidade e conservação ambiental. Historicamente, a ação humana tem causado impactos severos no meio ambiente, desde a Revolução Industrial até os dias atuais.

É fundamental que, além de técnicas de tratamento eficazes, se promova uma educação ambiental sólida, conscientizando as futuras gerações sobre a importância de práticas sustentáveis para garantir a saúde e o bem-estar tanto do ambiente quanto da sociedade.

Em conclusão, o tratamento de efluentes oleosos é uma questão complexa que requer uma abordagem multidisciplinar e integrada.

A busca pelo equilíbrio entre eficácia, custos e sustentabilidade deve guiar a escolha das técnicas, considerando tanto a preservação ambiental quanto a viabilidade econômica.

A responsabilidade pela preservação ambiental é de todos, e soluções tecnológicas devem estar aliadas à conscientização social e ao compromisso com as futuras gerações.

3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE LAMINAÇÃO

A laminação é um processo metalúrgico que reduz a espessura de metais, como aço ou alumínio, passando o material entre rolos que aplicam pressão.

O processo pode ser classificado em duas categorias principais:

- **Laminação a Frio:** O metal é processado em temperatura ambiente ou ligeiramente aquecido. É utilizado para obter acabamentos de alta precisão e superfícies de alta qualidade.
- **Laminação a Quente:** O metal é aquecido a temperaturas elevadas antes da laminação. Este processo é mais eficiente para grandes deformações e reduz o consumo de energia.

Figura 1: Laminador Industrial.



Fonte: Primetals Technologies. (2021)

3.2 EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

Pode incluir rolos de trabalho e rolos de suporte.

Sistema de Lubrificação: Utilizado para aplicar óleos e graxas aos rolos e ao metal. Isso reduz o atrito e o desgaste dos rolos e melhora a qualidade do produto final.

Sistema de Resfriamento: Em processos a quente, o metal pode ser resfriado após a laminação para obter as propriedades desejadas.

3.3 GERAÇÃO DE EFLUENTES OLEOSOS

Durante a laminação, a geração de efluentes oleosos ocorre principalmente através das seguintes fontes:

Lubrificação dos Rolos: Óleos e graxas são aplicados para lubrificar o contato entre o metal e os rolos. Isso ajuda a reduzir o atrito, prevenindo o desgaste dos rolos e melhorando a qualidade do produto final.

Vazamentos e Derivações: Vazamentos de equipamentos hidráulicos ou sistemas de lubrificação podem introduzir óleo diretamente no ambiente de trabalho ou nos sistemas de drenagem.

Resíduos e Desperdícios: O óleo usado na laminação eventualmente se mistura com água e outros contaminantes, resultando em uma mistura oleosa que precisa ser gerenciada.

O óleo presente em uma estação de tratamento de efluentes pode ter uma série de impactos, tanto positivos quanto negativos, dependendo da sua concentração, do

tipo de óleo e do estágio do tratamento.

Vamos explorar os principais impactos que o óleo pode ter em diferentes partes do sistema de tratamento de efluentes:

3.4 IMPACTOS NEGATIVOS

3.4.1 Sobrecarga de Equipamentos

Centrífugas e Separadores:

A presença de altos volumes de óleo pode sobrecarregar equipamentos como centrífugas e separadores.

Se a carga de óleo exceder a capacidade de tratamento do equipamento, pode haver necessidade de manutenção mais frequente e falhas no desempenho.

Filtros e Coalescedores: Os filtros e coalescedores podem entupir rapidamente com a presença de grandes quantidades de óleo, reduzindo sua eficiência e exigindo limpezas ou substituições mais frequentes.

3.4.2 Redução da Eficiência do Tratamento

Tratamento Biológico: Altas concentrações de óleo podem inibir a atividade microbiana em processos de tratamento biológico, como reatores de lodo ativado.

Os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica podem ser afetados, diminuindo a eficiência da remoção de poluentes.

Tratamento Químico: O óleo pode interferir nos processos químicos de tratamento, como a coagulação e floculação, tornando mais difícil a remoção de sólidos e outros contaminantes.

3.4.3 Impacto na Qualidade da Água Tratada

Aumento da Demanda de Oxigênio: A presença de óleo pode aumentar a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), dificultando a obtenção dos padrões de qualidade exigidos para a água tratada.

Problemas de Separação: A eficiência na separação do óleo da água pode ser comprometida, resultando em água tratada que ainda contém níveis elevados de óleo e graxa, potencialmente não atendendo aos requisitos regulatórios.

3.4.4 Problemas Ambientais e Operacionais

Poluição do Solo e Águas Subterrâneas: Vazamentos ou derramamentos de óleo em áreas de armazenamento e tratamento podem resultar na poluição do solo e das águas subterrâneas, afetando ecossistemas e a saúde pública.

Toxicidade: Alguns óleos podem conter compostos tóxicos que são prejudiciais aos organismos aquáticos, mesmo em concentrações baixas.

3.5 IMPACTOS POSITIVOS E BENEFÍCIOS

3.5.1 Recuperação de Recursos

Recuperação e Reuso de Óleo: A capacidade de recuperar e reusar óleo em uma estação de tratamento pode ser vantajosa. O óleo separado pode ser reciclado ou reutilizado, reduzindo a necessidade de novas matérias-primas e economizando custos.

Geração de Produtos Secundários: O óleo recuperado pode ser transformado em produtos secundários úteis, como biodiesel, após processos de refinação e transesterificação.

3.5.2 Melhorias no Processo

Otimização dos Processos de Separação: A presença de óleo pode levar a melhorias nos processos de separação e tratamento, com o desenvolvimento de tecnologias e métodos mais eficientes para lidar com cargas oleosas.

Inovação Tecnológica: A necessidade de tratar e recuperar grandes volumes de óleo pode estimular a inovação tecnológica, levando ao desenvolvimento de novos equipamentos e processos mais eficientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, a importância da sustentabilidade e da redução de resíduos tornou-se cada vez mais evidente. À medida que indivíduos e empresas procuram formas de reduzir o seu impacto ambiental, uma estratégia que tem ganhado atenção é a reutilização. A reutilização de produtos em vez de os descartar pode trazer benefícios significativos para o ambiente, incluindo a redução de resíduos, a conservação de recursos e a redução das emissões de gases com efeito de estufa.

Um dos benefícios mais significativos da reutilização sustentável é a sua capacidade de reduzir o desperdício. Quando os produtos são reaproveitados, eles ficam fora dos aterros, reduzindo a quantidade de resíduos que vão parar nesses locais. Esta redução de resíduos tem um efeito cascata, diminuindo a necessidade de novos aterros e reduzindo o impacto ambiental da eliminação de resíduos. Além disso, a redução de resíduos através da reutilização pode poupar recursos utilizados para produzir novos produtos, tornando a reutilização uma escolha ambientalmente responsável.

A conservação de recursos é outro benefício da reutilização sustentável. Quando os produtos são reutilizados, a necessidade de novos recursos diminui. Esta diminuição é particularmente importante no mundo de hoje, onde os recursos se tornam cada vez mais escassos. A reutilização de materiais também reduz a procura de nova produção, que pode ser uma fonte significativa de consumo de energia e de emissões de gases com efeito de estufa. Ao reduzir a necessidade de processos de produção com utilização intensiva de energia, a reutilização sustentável pode ajudar a reduzir a pegada de carbono das atividades diárias.

Finalmente, a reutilização sustentável pode ajudar a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Ao reutilizar produtos, diminui-se a necessidade de nova produção, reduzindo as emissões de carbono associadas à produção. Além disso, a redução do transporte de novos produtos pode diminuir as emissões de carbono associadas ao transporte. A reutilização sustentável, portanto, tem potencial para ser uma ferramenta poderosa na redução da pegada de carbono de indivíduos e empresas.

REFERÊNCIAS

CONOMA. Resolução nº 430/2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 01 jul. 2024.

COSTA, Cristhian Vasconcelos; MUNHOZ, Antonia Neidile Ribeiro. Análise de impacto ambiental das estações de tratamento de efluentes nas indústrias do distrito industrial de Manaus. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/21/arquivos/165.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2024

DOLPHIN CENTRIFUGE. Disponível em: <https://dolphincentrifuge.com/>. Acesso em: 10 jun. 2024.



INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: www.inea.rj.gov.br. Acesso em: 22 jun. 2024.

KURITA. Disponível em: http://www.kurita.com.br/produtos_psiderurgico.asp. Acesso em: 23 jun. 2024.

LINS, Josiane Maria de Santana Melo. **Otimização do tratamento de águas oleosas com alto grau de emulsificação utilizando biosurfactante e flotação por ar dissolvido (FAD)**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Desenvolvimento de Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2017.

Disponível em:

http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/958/2/josiane_maria_santana_melo_lins.pdf. Acesso em: 03 jul. 2024.

SANTOS, D.K.F., Rufino, R.D., Luna, J.M., Santos, V.A., Sarubbo, L.A. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century. **Int. J. Mol. Sci.**, v.17, p.401, 2016.

SILVA, F.C.P.R.E, SILVA, N.M.P.R., MOURA, A.E., ALMEIDA, R.G., LUNA, J.M., RUFINO, R.D., SANTOS, V.A., SARUBBO, L.A. Effect of biosurfactant addition in a pilot scale dissolved air flotation system. **Sep. Sci. Technol.**, v.50, p. 618-625, 2015.

SULFATO de alumínio no tratamento de águas: como funciona o uso. **Alquimia Produtos Químicos**. Disponível em:

<https://www.alquimiaprodutosquimicos.com.br/sulfato-de-aluminio-no-tratamento-de-aguas-como-funciona-o-uso/>. Acesso em: 18 jun. 2024

USO de polímeros no tratamento de água. **Degani-Vaduz**, 18 maio 2021. Disponível em: <https://www.deganivaduz.com.br/uso-de-polimeros-no-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 12 jun. 2024.



THE USE OF CARDBOARD AS A CONSTRUCTIVE SYSTEM IN CIVIL
ENGINEERING

Isabela do Nascimento Silva¹
Tatiana Oliveira Fernandes²
Vanessa do Nascimento Louvera³
Vinícius Zancanelli Boscô de Souza⁴

RESUMO

Perante o contexto atual de grande preocupação com o meio ambiente e simultaneamente, pessoas desabrigadas consequências de pobreza e catástrofes ambientais, se tem uma necessidade de buscar materiais alternativos, que possam amenizar essas questões. O nível de materiais retirado da natureza e resíduos sedimentados, impróprio, nos alerta para utilização de materiais recicláveis, essencialmente ramo da construção civil, em que o descarte de materiais julgados inúteis interfere além do proposto pela ABNT NBR 15113:2004. O crescimento populacional que leva ao consumo desenfreado e com custo alto, afeta o dia a dia de várias famílias que buscam ter suas vidas fundamentadas na economia e com menos gasto. O arquiteto japonês foi o pioneiro na utilização de tubos de papelão como recurso de vedação e estrutura. Por ser um material de baixo custo e tecnologia, reciclado ou reutilizável, os papelões favorecem o dinamismo, sendo capaz de serem utilizados em diversos tipos de obras, além de que, o uso do papelão na construção civil representa uma possibilidade que prover mais rapidez na obra o que torna o processo mais leve e salubre. Quando não propriamente para moradias, o papelão oferece uma resposta rápida e eficaz para construções de apoio nas obras. Baseado nisso, esse trabalho reforça o uso de tubos de papelão na construção civil. Identificou os sistemas construtivos elaborado pelo arquiteto e as propriedades técnicas dos tubos de papelão esse utiliza nas obras. Esta pesquisa, contudo, meramente o começo de outras pesquisas que precisam ser realizadas até constatar a possibilidade de aplicação dessa tecnologia.

Palavras-Chave: Materiais de construção. Materiais de construção alternativos,.Tubos de papelão.

ABSTRACT

Given the current context of great concern for the environment and, simultaneously, homeless people as a result of poverty and environmental catastrophes, there is a need to seek alternative materials that can alleviate these issues. The gigantic level of materials taken from nature and sedimented waste, inappropriate, alerts us to the use of recyclable materials, essentially a branch of construction, in which the disposal of materials deemed useless interferes beyond that proposed by ABNT NBR 15113:2004.

¹ Acadêmica - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

² Acadêmica - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Acadêmica - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Barra Mansa.

⁴ Docente Mestre - Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Barra Mansa.



Population growth, which leads to unbridled and high-cost consumption, affects the daily lives of many families who seek to have their lives based on the economy and with less expense. The Japanese architect was the pioneer in the use of cardboard tubes as a sealing and structural resource. As a low-cost material and technology, recycled or reusable, cardboard favors dynamism, being able to be used in different types of works, in addition, the use of cardboard in civil construction represents a possibility that provides faster construction. work, which makes the process lighter and healthier. When not specifically for housing, cardboard offers a quick and effective response for support constructions on construction sites. Based on this, this work reinforces the use of cardboard tubes in civil construction. He identified the construction systems created by the architect and the technical properties of the cardboard tubes he uses in the works. This research, however, is merely the beginning of other research that needs to be carried out until the possibility of applying this technology is verified.

Keywords: Construction materials. Alternative construction materials. Cardboard tubes.

1 INTRODUÇÃO

Todos os anos são registrados inúmeras catástrofes naturais por todo mundo em maior parte dos casos é altamente destrutivo, causando grandes impactos negativos para sociedade humana já que muitas vezes acontecem de modo imprevisível impedindo que a população as autoridades tomem medidas eficazes a fim de evitar e minimizar maiores transtornos.

Segundo Marques (2016), as mudanças climáticas globais atingem todo o planeta que sofre com as consequências do aquecimento global ocasionado pelo desequilíbrio da natureza em virtude muitas vezes da intervenção humana de forma desmedida.

Entre os fenômenos naturais comumente registrados podemos citar: ciclones tropicais, deslizamento de terra, tempestades terremotos, maremotos, secas inundações e erupções vulcânicas.

Entre os principais desastres naturais na atualidade que marcaram o mundo podemos destacar: Terremoto e tsunami na indonésia em dezembro de 2004, Furacão Katrina agosto de 2005, Terremoto no Haiti janeiro 2010, Terremoto Turquia e Síria janeiro 2023.

No Brasil a ocorrência de desastres naturais tem sofrido aumento significativo registrando 1161 eventos de desastres em 2023 batendo recordes de desastres hidrológicos e geohidrológicos, conforme o Centro Nacional de Desastres Naturais unidade de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI (2024).



No ano vigente o país ainda foi surpreendido por enchentes que afetaram 95% do estado do Rio Grande do Sul causadas por fortes chuvas iniciado no final do mês de abril e estendendo até maio fazendo que vários cursos de água e o Lago Guaíba elevassem seus níveis e inundasse as áreas adjacentes e os municípios abastecidos por eles assim resultando em 179 mortos 600 mil desabrigados e milhões de pessoas afetadas. (Guitarrara, 2024)

Além das catástrofes naturais e ambientais a humanidade ainda passa por outros terrores como os das guerras que somadas atualmente contabilizam 30 guerras em curso. Muitas vezes nesses casos cidades são devastadas e os sobreviventes ficam sem local para se abrigarem.

Em resposta imediata ao cenário pós catástrofe a fim de amenizar o sofrimento dos desabrigados surge a alternativa de montar abrigos provisórios estruturados com tubos de papelão iniciativa essa usada pelo Arquiteto Sigeru Ban que foi o pioneiro na utilização de tubos de papelão como sistema construtivo. Neste estudo iremos tratar da análise, vantagens e desvantagens da utilização do papelão como sistema construtivo temporário.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil possui grande aptidão para produção de celulose e papel. Além de quer, é eminente que o clima brasileiro, a área territorial e a sua oferta de terras para a plantação de árvore favorecem o desenvolvimento desse setor.

O aumento da população ou a diminuição dessa produção, desse modo como dos investimentos feitos no setor, e os lucros ou perdas dele, serão avaliados para se conferir o desenvolvimento econômico do país.

Dessa maneira, tende a aumentar o setor cada dia mais garantindo facilidades para as indústrias, como diminuição de impostos, atraindo mais investidores.

Entretanto, apesar de que não se usar vegetação nativa, geralmente árvores de plantios florestais, a produção de celulose causa muitos danos socioambientais e, como resultado, produz muitas controvérsias e problemas.

Dessa forma, alguns países optam por não investir nesse tipo de produto. No Brasil e no mundo, instituições e organizações não governamentais acompanham atentas as indústrias de celulose e papel e as premer por causa dos danos socioambientais.



Constantemente, estas instituições fazem protestos, marcha e até apropriação de terras e propriedades, com a finalidade de apresentar suas solicitações e se opor contra as indústrias aqui instaladas.

De acordo com pesquisas feitas pela Folha de São Paulo (2002), os motivos que fazem essas instituições a fazerem manifestações, são que as indústrias tomam posse das melhores terras, que satisfaria para agricultura, apropriação de terras indígenas e tomam áreas protegidas, alterando matas nativas por eucalipto, infectando rios e córregos.

Outra questão é que a produção de eucaliptos gera poucos empregos precisando apenas de um funcionário cada 15 hectares.

Em contrapartida as indústrias se defenderem falando que reflorestam as áreas com práticas de manejo florestal o que proporciona a conservação do solo e recurso hídricos.

2.1 O USO DE APELÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O uso do papelão na construção civil equivale uma alternativa que conceder mais agilidade na obra e torna o desenvolvimento mais prático.

Devido a melhorias da busca por produto limpo, o andamento de projetos sustentáveis, constata que é muito significativo para a construção civil aderir o uso do papelão, por representar uma possibilidade que integra estes itens como processo mais limpo e salubre.

O papelão é um elemento fácil de se encontrar no Brasil, tem facilidade para ser reciclado diversas vezes, não precisando de um intenso processo de modificar para a reciclagem, bastando tritura com água.

Percebe ser que ele tem sua utilização em várias aplicações, como na fabricação de moradia, porém, compreende que ultimamente o papelão tem sido usado como material principal de vedações verticais estruturais e não estruturais, mas, aqui é tudo muito novo e pesquisas estão sendo feitas na tentativa de entender esse método de construção.

2.2 USO DE TUBOS DE PAPELÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os tubos de papelão são feitos no Brasil faz alguns anos e utilizado como



formas de pilares de concreto em formato cilíndrico ou de diversos formatos, como retangulares ou hexagonal, conforme Figuras 1 e 2.

Esses tubos são proeza de papel Kraft ou semi Kraft, de muitas gramaturas enroladas no espiral.

Figura 1: Formas de tubos de papelão empregados na construção civil



Fonte: Dimibu, 2024

De acordo com as pesquisas, a maior vantagem desses tipos de forma é sua leveza, a facilidade de rápida colocação e fácil desmoldagem com pouca mão de obra.

Figura 2: Tubos de papelão sendo usadas para a moldagem de um pilar



Fonte: Dimibu (2024)

Além do mais, os tubos portam revestimentos internos impermeáveis e não aderente ao concreto, não absorvem água nem deixa vazar a sua nata e não precisa de escoramento.

Os tubos podem ser feitos de vários tamanhos, diâmetros, comprimento e espessura, vide Tabela 1, para que atenda a resistência adequada e aguente a pressão da concretagem. Manifestam grande rigor e não reagem com nenhum componente do concreto.

Tabela 1: Peso por metro linear dos tubos de papelão

Diâmetro Interno	Peso por metro linear (kg)
100	1000
150	1,400
200	1,850
250	2,400
300	3,200
350	3,800
400	4,400
450	4,950
500	6,500
550	7,150
600	8,350
650	9,200
700	10,700
750	11,500
800	13,000
850	13,800
900	14,600
950	15,400
1000	18,000

Fonte: Catálogo Dimibu (202)

Além disso conseguem ser aplicados na construção de tetos abobadados, estacas, lajes, pré-moldados e como forma perdidas para tabuleiros de pontes ou lajes – Figura 3.



Figura 3: Tubos de papelão sendo usado para caixão perdido



Fonte: Dimibu (2024)

2.3 TUBOS DE PAPELÃO COMO ELEMENTOS DE VEDAÇÃO E ESTRUTURA

O atrativo em se usar tubos de papelão na construção civil, sucede por serem baratos, fácil de colocação e substituição - usando estragados, de baixa qualidade, garantir sua cor e não geram desperdício. Além do mais, podem ser reciclados ou reutilizados, caso estando em perfeita condição de uso (MC Quaid, 2003).

Percebe se, certos engenheiros, arquitetos e pesquisadores realizaram experimentos de utilização desse material.

O primeiro projeto surgiu nos EUA em 1970, porém apenas na década de 80 que o arquiteto japonês passou a estudar, expor e disseminar essa tecnologia: lançando e construindo obras em variados lugares do mundo. A seguir, serão mostrados, os projetos que usam tubos de papelão.

Em 1995 muitas famílias se encontravam desabrigadas após um grande terremoto que atingiu a cidade de Kobe no Japão. O arquiteto Shigeru Ban idealizou o projeto de residências emergências que fossem de baixo custo, montagem rápida, desmonte sem resíduos e ainda que pudesse ser reutilizável, então conseguiu após estudos de diversas tipologias de abrigos familiares chegar a um modelo chamado por ele de Log House, construída de forma simples com tubos de papelão proporcionou aos voluntários a construção das 6 primeiras casas em menos de 6 horas, levando dessa mesma forma a construção de mais 27 habitações. As Figuras 4 e 5 mostram as habitações por fora e internamente.



Figura 4: Log House vista externa



Fonte: The Japan Architect (1998)

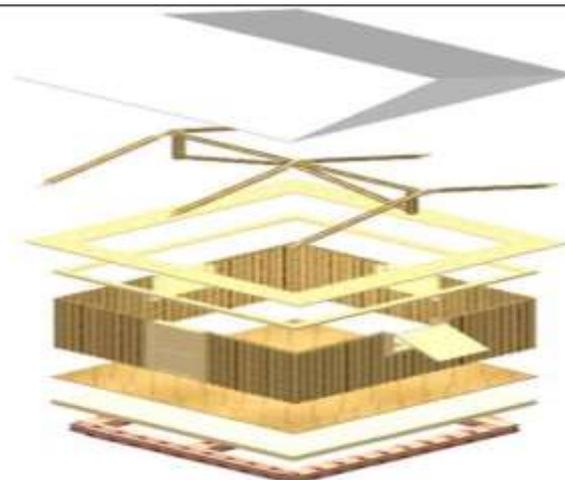
Figura 5: Log House vista interna



Fonte: The Japan Architect (1998)

A Figura 6 ajuda a entender o método de construção da Log House:

Figura 6: Diagrama de construção Log House



Fonte: The Japan Architect (1998)

Dimensões da obra: 16m²; Dimensões dos tubos de papelão 108 mm de diâmetro e 4mm de espessura e 2 metros de comprimento; Materiais associados: madeira, membrana para a tenda, areia, engradados plásticos de cerveja; Fundação: feita de



engradados plásticos de cerveja preenchidos de saco de areia; Cobertura: tesouras feita de tubo de papelão formando uma cobertura de 2 águas coberta com membrana de tenda (The Japan Architect, 1998).

No ano de 1999 milhares de famílias ficar um desabrigadas após grande terremoto na turquia o arquiteto Chiru membro e fundador da Voluntary Terry Architects Network (VAN) conseguiram atender 200.000 pessoas através dos seus serviços e de doações de empresários com dinheiro e materiais além de doações do próprio governo juntamente com a mão de obra de estudantes de arquitetura e dos próprios moradores. Na Turquia Ban precisou adaptar a Log House as condições climáticas e as necessidades das pessoas pois se tratava de famílias maiores. Alguns aspectos técnicos nos abrigos emergenciais em Kaynasli na Turquia são:

Dimensões da obra 18 m²; Dimensões dos tubos de papelão: Não informado; Materiais associados: madeira, lonas enceradas, areia, engradados plásticos de cerveja; Fundação: Feita de engradados plásticos de cerveja preenchido de areia; Estrutura e o vedação: os tubos formam painéis com função estrutural e vedação; Cobertura tesouras feitas de tubo de papelão formando uma cobertura de 2 águas coberta com lona encerada. As Figuras 7 e 8 mostram as habitações sendo construídas. (MC Quaid, 2003).

Figura 7: Abrigo emergencial sendo construído em Kainasli Turquia.



Fonte: Mc Quaid (2003)

Figura 8: Construção abrigo emergencial em Kainasli Turquia



Fonte: Mc Quaid (2003)

Na Índia em 2001 600.000 pessoas ficaram desabrigadas após o maior terremoto registado no território. Nesta ocasião Ban foi solicitado por uma empresária indiana para fazer parceria com um arquiteto local para a construção de 20 habitações afim de atender alguns desabrigados, porém teve dificuldade em encontrar materiais para a fundação e cobertura. Os aspectos técnicos dessas residências emergenciais em Bhuj na Índia foram:

Dimensões da obra: 16 m² Dimensões dos tubos de papelão: não informado; Materiais associados: madeira, cabo de aço, concreto, entulho, esteira de cana trançada, lona encerada e bambu; Fundação: a base das paredes foi feita de entulho de obras e lama; Estrutura e ou vedação : os tubos formam painéis pretendidos sendo traspassados transversalmente por cabos de aço em 2 alturas, os tubos posicionados nas quinas e os que sustentavam o terraço na frente da casa possuíam internamente uma barra de aço e embolso apoiados em uma pequena base de concreto. Nos quatro cantos da habitação cabos de madeira foram presos para aumentar a rigidez da construção; Cobertura: a cobertura em arco usou bambu para a estrutura e foi coberta com duas camadas de esteiras de cana trançada. No meio desta foi colocada uma lona encerada de cor clara para não escurecer o ambiente. As Figuras 9 e 10 mostram a parte externa e interna do abrigo construído em Bhuj na Índia (MC Quaid, 2003).

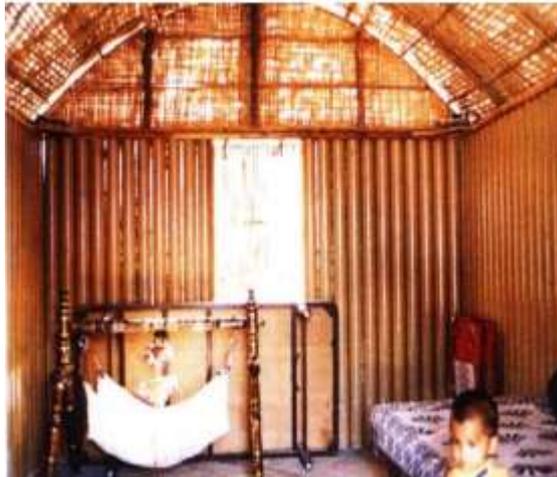


Figura 9: Vistas externa do abrigo emergencial em Bhuj Índia



Fonte: Mc Quaid (2003)

Figura 10: Interior do abrigo emergencial em Bhuj na Índia



Fonte: Mc Quaid (2003)

3 DESENVOLVIMENTO

O estudo elaborado neste trabalho aborda os sistemas construtivos que usam tubos de papelão e das propriedades técnicas desse material, podemos equiparar com materiais usados frequentemente em estruturas.

Em relação a propriedade, como era preliminarmente suposto, provou se através dos ensaios técnicos e estudos realizados por Shigeru Ban que os tubos de papelão são menos resistentes que os outros materiais de construção.

Um concreto de baixa resistência a compressão, por exemplo, suporta até 20 MPA. (Metha; Monteiro *apud* Sichieri, 2005).



Em relação ao aço, a NBR8261 apud Bellei (2000) especifica que um perfil tubular de aço carbono e seção circular deve ter limite de resistência a tração equivalente a 400 MPA para a classe B e 427 para classe C.

Os perfis tubulares de aço carbono A500 e seção circular da série ASTM usados no Brasil devem ter limite de resistência a tração equivalente a 320 MPA para o grau A e 408 MPA para o grau B (Bellei, 2000).

Em relação as madeiras, o pinus bahamensis tem resistência a compressão paralela as fibras de 32,6 MPA, e o Eucalyptus grandis tem resistência a compressão paralela as fibras de 40,3 MPA (Sales, 1996).

Quanto a resistência a flexão, segundo lahr (1989), o pinus hondurensis chega a suportar 48 MPA.

Conforme o uso das formas de papelão para fazer painéis suportes, podemos equiparar aos blocos vazados de concreto simples para alvenaria.

A NBR6136/1994, os blocos se encaixam na classe de resistência AE e precisam que tenham propriedade a compressão de, ao menos 6 MPA.

Para os blocos se encaixarem na classe de resistência BE precisa que tenha propriedade a compressão de, ao menos, 4,5 MPA.

Os valores acima são para facilitar a confrontação entre os materiais, não podemos concluir que os tubos de papelão servem ou não para usar na construção, lembrando que matérias com propriedades tão diferentes, com certeza possuem propriedades diferentes.

Os papelões têm propriedades menos resistentes aos materiais convencionais, todavia isso não interrompe o uso do papelão como componente de estrutura ou vedação.

Assim sendo, os tubos de papelão têm menor resistência que os materiais convencionais, outro lado, possui grande vantagem, como fácil execução, a limpeza da obra, a leve construção, fácil mobilidade entre outras.

O maior exemplo é a obra do arquiteto, que com um material com menos resistência realizou um sistema de construtivos parecido aos em aços: o material mais resistente comparado acima.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o trabalho desenvolvido podemos concluir que é possível usar sistemas construtivos com papelão desenvolvido no país.

As estruturas de papelão apresentadas nesse trabalho podem ser empregadas em construções, porém, precisa de soluções em projetos para equilibrar a baixa resistência, como também um tratamento eficiente contra absorção de umidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-15575-4**: Sistemas de vedações verticais internas e externas.. Rio de Janeiro 2013.

AMEAÇA de “deserto verde” provoca polêmica no RJ e no ES. **Folha de São Paulo**, 20 mar. 2002. Disponível em:
<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2003200230.htm>. Acesso em: 16 ago. 2024

AZEREDO, H.A. **O edifício até sua cobertura**. 2.ed. revisada. São Paulo: Edgard Blucher 1977

DIMIBU. **Soluções em papelão para engenharia civil**. Disponível em:
www.dimibu.com.br. Acesso em: 19 ago. 2024

PAPELÃO é alternativa rápida e limpa na construção civil. Inovação Tecnológica, 29 dez. 2010. Disponível em:
<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=papelao-na-construcao-civil&id=010125101229#> Acesso em: 14 ago. 2024

MCQUAID, M. Shigeru Ban. **Nova Iorque**: Phaidon Press, 2003.

PROCESSO Construtivo. Vedações verticais. **D2R – Engenharia e Construções**. Disponível em: <https://d2rengenharia.com.br/vedacoes-verticais.php#>. Acesso em: 6 ago. 2024

SALADO, Gherusa de Cássia. **Construindo com tubos de papelão**: um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban. Dissertação (Mestrado - Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em:
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao_Definitivo.pdf. Acesso em: 16 ago. 2024



Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica - UBM

SALADO, Gerusa de Cássia. Painel de vedação vertical de tubos de papelão: estudo, proposta e análise de desempenho. 2011. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. DOI:10.11606/T.18.2011.tde-22052013-084606. Acesso em: 16 ago. 2024.

299



Everton dos Santos Vilete¹
Rodrigo Ribeiro²
Tiago Xavier Ferreira da Silva³
Fábio Alvarenga⁴

RESUMO

O estudo avalia a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas regenerativos de energia em elevadores na UBM (Universidade de Barra Mansa). Esses sistemas capturam a energia gerada durante a frenagem do elevador e a convertem em energia elétrica, que pode ser reutilizada no próprio sistema ou direcionada para a rede elétrica, contribuindo para a redução do consumo de energia. O projeto considera a análise de consumo atual dos elevadores da instituição, o dimensionamento dos componentes necessários para a instalação do sistema regenerativo e a estimativa de retorno financeiro. Além disso, são abordados aspectos como a compatibilidade dos elevadores existentes com a tecnologia regenerativa e os benefícios ambientais, como a diminuição da pegada de carbono. Os resultados indicam que a implementação do sistema é tecnicamente viável, porém, a análise econômica aponta que o investimento inicial é elevado, com retorno previsto em médio a longo prazo, dependendo do uso diário e da tarifa de energia. Dessa forma, a adoção desse sistema é recomendada para promover a sustentabilidade e a eficiência energética na UBM, mas deve ser acompanhada de uma análise detalhada de custo-benefício e políticas de incentivo ao uso de tecnologias sustentáveis.

Palavras-chave: Consumo de energia elétrica. Elevadores. Sistema regenerativo de energia para elevadores.

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Viabilidade da Implementação de Sistema Regenerativo de Energia para Elevadores na UBM

1.2 PROBLEMA

Qual é a viabilidade da implementação de um sistema regenerativo de energia para elevadores na UBM?

1.3 HIPÓTESE

A implementação de um sistema regenerativo de energia para elevadores na UBM tem o potencial de reduzir significativamente o consumo de energia elétrica. Ao recuperar parte

¹ Acadêmico - Curso Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: evertontiaigorodrigo@gmail.com

² Acadêmico - Curso Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

³ Acadêmico - Curso Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

⁴ Professor – Curso Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

da energia normalmente dissipada durante a frenagem dos elevadores, este sistema pode direcionar essa energia de volta à rede elétrica da instituição ou armazená-la para uso posterior. Essa prática resultaria em economias operacionais substanciais para a UBM, uma vez que a demanda por energia elétrica seria reduzida, refletindo-se em contas de energia mais baixas ao final de cada período de faturamento.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade e os benefícios da implementação de um sistema regenerativo de energia para elevadores na instituição UBM. Isso inclui analisar seu potencial de redução do consumo de energia elétrica, seu impacto na conscientização ambiental na instituição e sua capacidade de melhorar a eficiência energética dos equipamentos. O estudo visa fornecer evidências para subsidiar a decisão sobre a adoção dessa tecnologia sustentável na instituição, visando economia financeira dentro de alguns anos e promoção de práticas ambientalmente responsáveis. Além de futuramente tendo uma economia e com isso podendo investir em melhorias em outras áreas da UBM.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar análises detalhadas do consumo energético atual dos elevadores da UBM e avaliar a viabilidade da implementação de um sistema regenerativo para redução do consumo de energia.
- Investigar e analisar os impactos ambientais da adoção do sistema regenerativo nos elevadores, considerando o uso mais eficiente dos recursos energéticos.
- Avaliar os efeitos do sistema regenerativo na vida útil dos elevadores e nos custos de manutenção associados, comparando-os com os sistemas tradicionais de acionamento.
- Realizar uma análise econômica para determinar a viabilidade financeira do projeto de implantação do sistema regenerativo de elevadores na UBM, incluindo cálculos de retorno sobre o investimento.

2 METODOLOGIA

O Centro Universitário de Barra Mansa foi selecionado como local para um estudo que visa avaliar a viabilidade da implementação teórica de um sistema de regeneração de energia nos elevadores da instituição. O estudo será focado na realização de cálculos e análises para determinar o potencial de economia de energia que poderia ser alcançado com

a adoção dessa tecnologia, sem efetuar a instalação física do sistema. O primeiro passo consistirá na coleta de dados detalhados do consumo energético atual dos elevadores, sem a presença do sistema de regeneração de energia. Em seguida, serão realizados cálculos teóricos baseados em modelos de simulação para estimar o impacto da regeneração de energia no consumo total dos elevadores.

Será fundamental analisar o fluxo de usuários nos elevadores ao longo do dia, a fim de determinar a frequência e intensidade de uso dos equipamentos. Essas informações serão cruciais para uma análise completa da eficiência energética e da viabilidade financeira da tecnologia proposta. Todo o processo será supervisionado por professores, garantindo a precisão dos dados coletados e a conformidade com as normas técnicas e de segurança aplicáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura destaca a eficiência dos sistemas regenerativos em prédios de alto fluxo. Além disso, a instalação pode contribuir para a diminuição da pegada de carbono da instituição, reforçando o compromisso com a sustentabilidade. No entanto, algumas limitações foram identificadas. A primeira é o custo inicial elevado para a instalação dos sistemas regenerativos, o que pode representar um desafio financeiro. Em contrapartida, como evidenciado por Oliveira e Costa (2019), o retorno sobre o investimento ocorre em médio prazo, especialmente em edifícios com uso intensivo dos elevadores. Outra limitação é a compatibilidade dos sistemas atuais com a tecnologia regenerativa, sendo necessária uma atualização nos painéis de controle de alguns elevadores.

Esses resultados reforçam a relevância do projeto, que pode servir de referência para outras instituições de ensino. A continuidade dos estudos, com análise detalhada do retorno financeiro e avaliação de incentivos governamentais, é fundamental para viabilizar a adoção em larga escala dessa tecnologia.

4 CONCLUSÃO

A implementação de sistemas regenerativos de energia em elevadores na UBM se mostra viável. A tecnologia reduz o consumo de energia e contribui para a sustentabilidade. O retorno financeiro ocorre em médio prazo, apesar do alto custo inicial. A eficiência energética do sistema atende aos objetivos propostos. A compatibilidade dos elevadores existentes é um desafio, mas pode ser superada com atualizações nos equipamentos. A adoção desse sistema é recomendada para promover a eficiência e diminuir a pegada de carbono da instituição.



5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Universitário de Barra Mansa pelo apoio e infraestrutura fornecidos para a realização deste projeto. Agradeço também aos colegas de pesquisa pela colaboração durante os experimentos e a todos que contribuíram com sugestões e orientações durante o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 207**: Elevadores elétricos de passageiros: requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro, 1999.

MANUAL de transporte vertical em edifícios. Elevadores de passageiros, escadas rolantes, obra civil e cálculo de tráfego. **Atlas Schindler**, 2020. Disponível em: https://www.schindler.com.br/content/dam/website/br/docs/manual-transporte-vertical.pdf/_jcr_content/renditions/original./manual-transporte-vertical.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.

WEG. **Motores de corrente contínua**. Jaraguá do Sul – SC. Disponível em: <https://cdn.hackaday.io/files/9127390489568/WEG-motores-de-corrente-continua-50005370-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em: em 26 maio 2016.

MARQUES, Romulo; ARBACHE, Rodrigo. **Gastos de energia de elevadores**: tudo que você precisa saber. 2020. Disponível em: <https://meuelevador.com/gasto-de-energia-de-elevadores/>. Acesso em: 7 jul. 2020.

OTIS. **Vedação de máquina - VSP08**: garanta a vida útil de sua máquina de tração. Catálogo vedação máquina de tração OTIS. 2019. Disponível em: www.otis.com. Acesso em 25 jul. 2020.



VIABILIDADE ECONOMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE PINTURA CONTINUA

ECONOMIC FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A CONTINUOUS PAINTING LINE

Raúl Almeida Carvalho¹
Luiz Fernando da Silva Dias²
Mateus dos Santos³
Júlio César Xavier⁴
Dener Martins dos Santos⁵

RESUMO

O presente trabalho visa analisar por meio de programas e processos do guia EBOK e a análise de viabilidade de uma compra, transporte, implantação e montagem de uma linha de pintura comprada por leilão em outro continente. Também se mostra a importância e desafios de todo o processo até a conclusão da análise de viabilidade que se mostrou eficaz e de grande importância econômica para empresa.

Palavras-Chave: Linha de pintura. Galvanização. Qualidade. Construção civil. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The present work aims to analyze through programs and processes of the EBOK guide the feasibility analysis of a purchase, transport, implementation and assembly of a painting line purchased by auction in another continent, showing the importance and challenges of the entire process until the conclusion of the feasibility analysis that proved to be effective and of great economic importance for the company.

Keywords: Painting line. Galvanization. Quality. Construction. Economic viability

1 INTRODUÇÃO

A linha de pintura contínua é um processo de beneficiamento da chapa galvanizada agregando valor ao material. Esse processo é altamente rentável, capaz de produzir 100.000 toneladas anuais com custos reduzidos, graças à sua operação ininterrupta (Manual de operação Chung Ho). Esse tipo de linha é amplamente

¹ Acadêmico - Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: engraulmeidacarvalho@outlook.com

² Acadêmico - Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: diasluiz1999@outlook.com.

³ Acadêmico - Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: mateusdossantos@msn.com.

⁴ Acadêmico - Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: juliocesarsgc08@gmail.com.

⁵ Professor Doutor – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), E-mail: dener.martins@ubm.br

utilizado na fabricação de materiais para a linha branca e na construção civil, especialmente na produção de telhas.

A decisão de adquirir uma linha de pintura contínua decorre da crescente demanda no mercado, impulsionada pelo aumento na produção de eletrodomésticos e pela expansão da construção civil. Em 2021, a demanda de mercado atingiu 426 mil toneladas, evidenciando a necessidade de expandir a capacidade produtiva (dados Informed).

Foi realizado estudos para avaliar as possibilidades de projetos para implantação, através de tal estudo foi visto uma possibilidade de estar avaliando de um reaproveitamento de uma linha já implantada em outra localidade, criando vários desafios, logística de transporte reparos e reaproveitamentos e tropicalização.

A linha de pintura tem um alto nível de exigência, não tolerando nenhum desvio de qualidade assim requisitando profissionais altamente qualificados. A viabilidade de instalar essa linha na região Sul Fluminense interior do estado do Rio de Janeiro, é justificada por diversos fatores: incentivos fiscais, a existência de um polo industrial consolidado, a proximidade de uma planta que produz matéria-prima e a localização estratégica para a logística do produto (Dezoto et al., 2024).

Após um estudo global envolvendo várias empresas fornecedoras de tecnologia e plantas industriais prontas, surgiu a oportunidade de considerar a aquisição de uma linha produtiva usada, vinda da Coreia, através de leilão, devido ao preço competitivo oferecido.

A região abrange um crescente polo industrial no Rio de Janeiro, com forte presença de empresas dos setores automotivo e metalúrgico, pode se beneficiar significativamente dessa implantação, aumentando a competitividade e a capacidade produtiva das indústrias locais.

1.1 OBJETIVOS

- Estudar um processo de aquisição de uma linha de pintura.
- Analisar a viabilidade econômica da implantação da linha de pintura.

2 REVISÃO DA LITERATURA

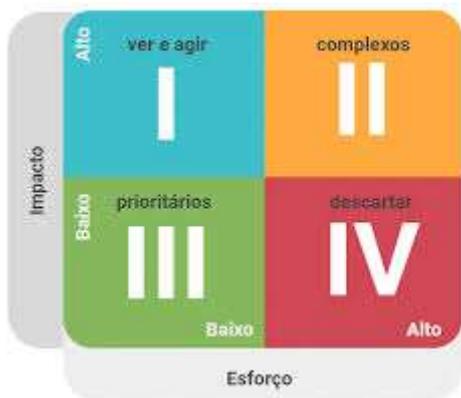
Se faz necessário estudos para apurar e analisar as tecnologias atuais do

mercado, para definir uma estratégia a ser adotada. Através desses estudos são analisadas a disponibilidade das linhas para implantação, realizando um comparativo (tecnologias x custo benefício), através de ferramentas de análise de viabilidade/financeira como:

- NPV (net present value)
- PAYBACK
- WACC (Weighted Average Cost of Capital)
- TIR (Internal Rate of Return)

As aplicações das ferramentas coletam dados que serão aplicados a ferramenta (impacto x esforço) que define o ponto focal, também pode-se aplicar a ferramenta PDCA, como demonstra as figuras 1 e 2.

Figura 1: Relação do Impacto x Esforço



Fonte: Guerra; Cavalcanti (2020)

Figura 2: Ciclo PDCA



Fonte: Guerra; Cavalcanti (2020)

Tanto na figura 1 quanto na figura 2 o retorno dos dados definem a estratégia que deve-se tomar (corrigir), à aquisição e implantação de uma linha já implantada em outro continente, criando vários desafios como mencionado anteriormente.

3 DESENVOLVIMENTO

Várias etapas devem ser observadas na execução da análise de viabilidade do projeto de engenharia. Isso ocorre devido a grande quantidade de variáveis que têm que ser observadas simultaneamente e o seu impacto de uma com relação a outra. Diante disso, é mostrado as principais etapas que constituem a elaboração do projeto proposto.

3.1 AQUISIÇÃO

Um equipamento dessa proporção pode ser adquirido de diversas formas como por exemplo através de leilão em outros continentes devido a suas especificações se torna um equipamento de difícil aquisição com algumas restrições na negociação que só poderá ser feita através de um representante local e o pagamento em dólar (moeda universal) com prazo pré-estabelecido pelas partes (vendedor/comprador) (Kerzner, 2022)..

- Para solucionar a primeira restrição se faz necessário realizar o levantamento de possíveis intermediadores locais. Após levantamento é definido um representante de forma legal que represente a empresa no processo de aquisição.
- Na segunda restrição se faz necessário o estudo com as partes financeiras para realização de pagamento mais breve possível a fim de evitar possíveis inconvenientes.

3.2 TRANSPORTE E LOGÍSTICA

Um grande desafio para disponibilizar o equipamento em território nacional quando se esta uso em outro continente é que a linha já se encontra montada.

Se fez necessário a desmontagem da linha para locação em containers que foi um método viabilizado para transporte. Se faz necessário a contratação de uma empresa para catalogar e desmontar todo o equipamento alocado e enviá-lo em transporte marítimo. Umas das grandes dificuldades no território nacional são as tramites alfandegários, para saná-los se faz necessário a contratação de um facilitador para tal atividade. Se faz necessário estudos para definir o local de recebimento e a locação dos equipamentos até reparo/implantação (Goulart; Campos, 2018).

3.3 ENGENHARIA DE IMPLANTAÇÃO

Existem diversas estratégias que podem ser adotadas para implantação da linha, como por exemplo a implantação em uma planta já existente com um novo greenfield, se encontra necessário a contratação de uma empresa para adequação do projeto na planta realizando a engenharia detalhada do projeto incluindo todas as modificações e adequações para as normas nacionais que são diferentes em cada país (Decourt; Neves; Baldner, 2012).

3.4 ENGENHARIA TECNOLÓGICA

A engenharia detalhada se faz necessário devido a extrema qualidade exigida para o produto realizando um revamp nas partes do equipamento que impacta diretamente na qualidade:

- Coating-aplicador de tinta;
- Estufa-secagem de tinta.

A viabilização de aquisição, é necessária para realizar o estudo detalhado das propostas das principais empresas globais que fornecem esse tipo de equipamento. A partir dessa análise, será possível organizar um leilão que permita a seleção da alternativa com a melhor viabilidade econômica para o projeto (Soares, 2022).

3.5 REPAROS DE EQUIPAMENTOS

Após levantamento de todas as modificações necessárias para adequar os equipamentos às normas brasileiras, o próximo passo é garantir que as intervenções sejam feitas por empresas capacitadas e qualificadas para realizar esse tipo de reparo. O processo começa com uma análise técnica detalhada, conduzida por peritos certificados, que avaliam os fornecedores credenciados aptos para executar as modificações. Essa peritagem abrange a conformidade com as especificações técnicas, as normas de segurança e as exigências de eficiência energética (Almeida, 2014).

A partir do descrito se observou que as necessidades de reparo são levadas ao mercado por meio de um leilão reverso na modalidade B2B (*business-to-business*). Nesse processo de negociação eletrônica, fornecedores previamente qualificados são convidados a participar, oferecendo suas propostas de preço. O diferencial desse método é que o fornecedor que apresentar o menor lance, desde que atenda a todos os requisitos técnicos e de qualidade, será o selecionado. Esse procedimento assegura não apenas o menor custo, mas também a contratação de fornecedores com expertise comprovada, garantindo que as adequações sejam executadas com eficiência e dentro dos prazos estipulados (Gregório; Santos; Prata, 2018).

Além disso, o processo de leilão reverso promove uma maior competitividade entre os fornecedores, o que tende a gerar economia para o projeto. Para garantir a transparência, todas as etapas do leilão são auditadas e documentadas, de modo a

assegurar a conformidade com os padrões de governança corporativa (Robles; La Fuente, 2019).

3.6 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA DE EXECUÇÃO

Após a conclusão da fase de engenharia conceitual, o próximo passo é a elaboração de um escopo de construção que detalha todas as características técnicas e especificações dos reparos e modificações. Esse escopo é baseado em estudos detalhados e inclui todas as aprovações necessárias, como de órgãos reguladores, garantindo a conformidade com as normas vigentes (Gaggini, 2024).

O processo de contratação da empresa executora segue os mesmos princípios da modalidade B2B, garantindo que o escopo de construção, desenhos técnicos e especificações já aprovadas sejam encaminhados ao mercado. As empresas interessadas, previamente qualificadas e certificadas, competem através de um novo leilão reverso para oferecer a melhor proposta, tanto em termos de preço quanto de prazos de execução (Forgioni, 2024).

É essencial que todos os prazos sejam cuidadosamente planejados e definidos no contrato, levando em consideração a complexidade das obras e as possíveis contingências que podem surgir. O pagamento às empresas executoras será liberado conforme o andamento físico-financeiro do contrato, ou seja, os desembolsos ocorrerão à medida que as etapas do projeto forem concluídas e validadas. Esse controle rígido evita que o projeto sofra com atrasos e que custos adicionais sejam incorridos devido à má gestão (Gaggini, 2024).

Outro ponto importante é a gestão de riscos, com um plano detalhado para mitigação de possíveis desafios que possam surgir durante a execução, como a indisponibilidade de materiais, condições climáticas adversas ou problemas logísticos. Assim, assegura-se que a empresa executora tenha capacidade técnica e recursos necessários para superar esses desafios, garantindo a continuidade do projeto sem interrupções (Forgioni, 2024).

3.7 CRONOGRAMA

O cronograma do projeto deve ser desenvolvido com o objetivo de otimizar todas as etapas, minimizando custos agregados e respeitando os prazos estabelecidos. Deve ser estruturado levando em consideração o lead time dos

materiais que estão em reparo, o tempo necessário para conclusão das obras e o retorno dos equipamentos à planta. Dessa forma, os equipamentos não retornarão ao local da implantação até que as obras estejam completamente prontas para alocá-los, evitando ociosidade e otimizando o fluxo de trabalho (Amaral; Conforto, 2012).

Para gerenciar o cronograma de forma eficiente, se utilizam ferramentas avançadas de planejamento e controle, como o *Microsoft Project* e o Primavera P6. Essas ferramentas permitem a criação de diagramas de Gantt, que oferecem uma visão clara de todas as atividades, suas interdependências e o tempo estimado para sua conclusão. Além disso será aplicada técnicas como o Método do Caminho Crítico (CPM) e a Análise de PERT (*Program Evaluation Review Technique*), que ajudam a identificar as atividades mais críticas do projeto e a prever possíveis atrasos. Ferramentas de Planejamento que podem ser utilizadas (Kerzner, 2020):

- **Microsoft Project:** Amplamente utilizado no gerenciamento de projetos, essa ferramenta permite criar e monitorar cronogramas detalhados, realizar alocação de recursos, e ajustar as previsões de conclusão conforme o andamento do projeto.
- **Primavera P6:** É uma ferramenta mais robusta, adequada para grandes projetos com várias atividades interdependentes. Ela permite a análise de múltiplos cenários e é ideal para gestão de projetos complexos e de longo prazo.
- **Método do Caminho Crítico (CPM):** Essa técnica foi essencial para identificar as atividades que não podem sofrer atrasos sem comprometer a conclusão do projeto como um todo. O CPM destaca o caminho mais longo de atividades interdependentes, auxiliando no planejamento de recursos e prazos.
- **Análise de PERT (*Program Evaluation and Review Technique*):** Essa ferramenta foi usada para estimar o tempo necessário para a execução de atividades com maior grau de incerteza, fornecendo uma análise mais detalhada dos riscos relacionados ao cronograma.

Essas ferramentas possibilitam a identificação de gargalos, atrasos potenciais e áreas onde é possível aplicar medidas corretivas de forma antecipada. Elas também facilitam a comunicação entre as partes interessadas, permitindo que os gestores de projeto tomem decisões informadas e rapidamente ajustem o cronograma quando

necessário.

Outro ponto importante é a integração de uma análise contínua do cronograma com a metodologia *Earned Value Management* (EVM), que compara o progresso planejado com o realizado, fornecendo uma visão clara sobre a saúde do projeto e se ele está avançando conforme o planejado (Amaral; Conforto, 2012).

O cronograma contempla margens de segurança para imprevistos e períodos de testes e ajustes. Isso é fundamental, pois garante que eventuais atrasos sejam absorvidos sem impactar a data final de entrega do projeto. A integração entre as equipes de engenharia, compras e execução é vital para que todas as etapas estejam alinhadas, permitindo que as decisões sejam tomadas de forma ágil e assertiva, sempre focadas em evitar atrasos.

3.8 TREINAMENTOS

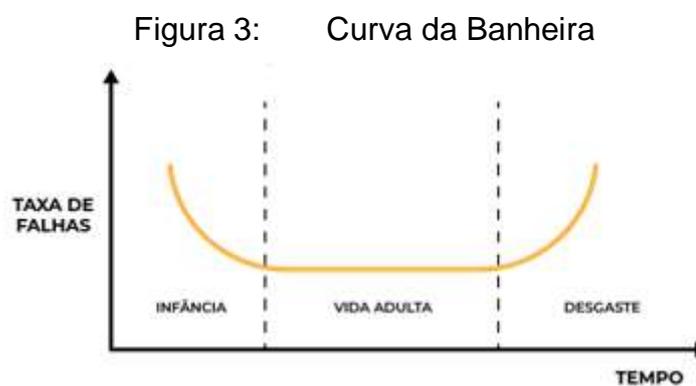
A linha de pintura, por se tratar de uma operação altamente sensível e que exige padrões rigorosos de qualidade, demanda a capacitação de profissionais especializados. Um produto de alta qualidade, conforme exigido pelo mercado, só pode ser entregue se houver uma equipe bem treinada e preparada para lidar com as complexidades da linha de produção.

Após uma análise detalhada das capacidades internas, pode ser definido o melhor caminho, geralmente a realização de treinamentos práticos em uma linha de pintura similar que já esteja em operação, a fim de acelerar a curva de aprendizado dos funcionários e evitar a rotação de funcionários. Esse treinamento inclui o uso de tecnologias avançadas e simulações práticas, permitindo que os operadores adquiram o conhecimento necessário para operar novos equipamentos de maneira eficiente e segura.

Os treinamentos não se restringem apenas ao uso dos equipamentos, mas também abrangem aspectos de manutenção preventiva e solução de problemas. Com isso, a equipe estará preparada para lidar com eventuais falhas e otimizar a produtividade da linha, garantindo que o projeto alcance o nível de excelência esperado. O programa de treinamento também deve ser contínuo, com atualizações periódicas para que os profissionais possam acompanhar as inovações tecnológicas e as mudanças nas exigências do mercado

3.9 CONDICIONAMENTO DE UMA LINHA DE PINTURA

Após a conclusão das obras de implantação da nova linha de pintura, inicia-se o período de condicionamento, ajuste e estabilização de todos os sistemas operacionais. Esse processo é conhecido como "Curva da Banheira" (MOBLEY e HIGGINS, 2014) descreve o comportamento típico de falhas em equipamentos durante sua vida útil: inicialmente, há um período com maior incidência de falhas, seguido por uma estabilização ao longo do tempo. Esse comportamento descrito é mostrado na figura 3.



Fonte: MOBLEY e Higgins (2014).

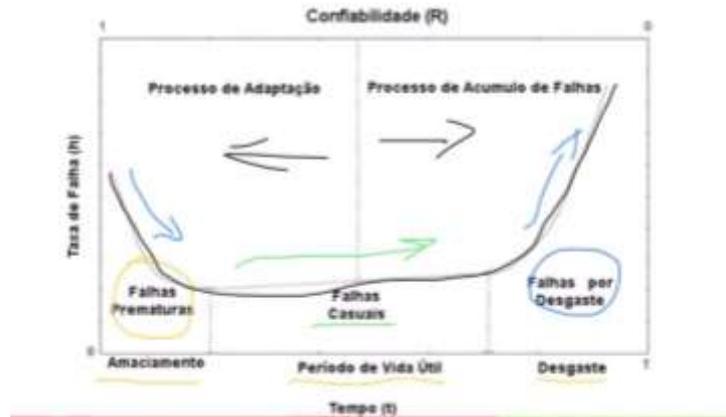
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise para minimizar os impactos da fase de "infância" do equipamento, a manutenção de uma equipe de engenharia no local e de tecnologia durante o processo de estabilização se faz necessária até que as rotinas estejam consolidadas. A fase de infância depende muito do tipo de equipamento que foi posto em operação e no qual os operadores ainda não estão familiarizados com o mesmo. Essas equipes estarão à disposição para realizar ajustes finos e intervenções rápidas, com o objetivo de reduzir ao máximo o tempo de inatividade e aumentar a eficiência operacional desde o início.

Durante essa fase indica-se a manutenção preditiva do equipamento, com análises contínuas de desempenho e implementação de melhorias conforme necessário. A combinação de treinamento intensivo e suporte técnico garante que o retorno do investimento (*payback*) seja alcançado mais rapidamente, com o menor impacto possível no cronograma e nos custos operacionais. No estudo de caso

proposto neste trabalho a curva da banheira teve a seguinte projeção conforme descrito na figura 4, a seguir.

Figura 4: Curva da Banheira do processo analisado



Fonte: Autores (2024)

A projeção do exemplo curva apresentado na figura 4 sugere que, com a estratégia adotada, o impacto de falhas será reduzido significativamente, permitindo que o processo se estabilize de forma mais rápida. Essa abordagem estratégica acelera o tempo de retorno do investimento, e a estimativa foi calculada utilizando a metodologia de ROI (Kassai; Casanova; Santos *et al.*, 2005). Essa análise detalhada do ROI, somada à projeção da curva da banheira, mostra que o investimento inicial será recuperado mais rapidamente do que o previsto, devido à gestão eficiente dos recursos e à rápida estabilização da linha.

A implantação de uma linha de pintura contínua traz um grande potencial de crescimento e otimização para o setor industrial, especialmente no Sul Fluminense, onde as condições logísticas e econômicas são favoráveis. O estudo de viabilidade evidenciou que a estratégia de reaproveitar uma linha produtiva usada, mesmo com os desafios de tropicalização, transporte e reparos, é viável e economicamente vantajosa. O uso de ferramentas de análise financeira como NPV, TIR, e WACC. A demonstrou a viabilidade econômica do projeto, com o potencial de retorno financeiro acelerado, especialmente com a integração de técnicas avançadas de gerenciamento de cronograma e controle de qualidade.

Além disso, a realização de treinamentos especializados e a implementação de estratégias para minimizar os impactos das falhas iniciais durante o condicionamento da linha garantem que a qualidade do produto atenda às rigorosas exigências do

mercado. O processo de aquisição, desmontagem e transporte do equipamento se faz necessário ser cuidadosamente planejado para garantir a integridade e funcionalidade da linha, permitindo que o projeto se beneficie da expertise de parceiros locais e globais.

Este tipo projeto não apenas representa um aumento significativo da capacidade produtiva, mas também reafirma o compromisso da empresa com a inovação e a busca por soluções eficientes e sustentáveis. A combinação de uma análise detalhada do mercado, ferramentas de planejamento rigorosas e estratégias de mitigação de riscos demonstra que a implantação de um equipamento dessa magnitude contínua usada é uma decisão sólida e estratégica, capaz de atender à demanda crescente de produtos de alta qualidade com custos operacionais reduzidos.

5 CONCLUSÕES

A partir das análises e discussões efetuadas ao longo do projeto pode se perceber a importância da análise de viabilidade, levando em conta todos os possíveis desafios que podem ser encontrados ao longo de todo o trabalho como transporte, documentação, implantação e as contratações de terceiros para que todo o trajeto de conclusão do projeto possa ocorrer da melhor forma possível e de forma econômica para não haver gastos desnecessários e riscos de danificação do equipamento.

Também se observou que se mostra de extrema importância uma equipe qualificada para análises de viabilidade, visando sempre tomar os melhores caminhos evitando o máximo de acidentes e possíveis atrasos em todo processo de um projeto tão grande é que traz consigo grande delicadeza, podendo trazer grandes prejuízos a empresa.

Por meio da utilização da projeção da curva de banheira (figuras 3 e 4), foi possível notar a eficiência do trabalho feito pela equipe visando o futuro do projeto que se mostrou promissor e promete trazer um rendimento dentro do prazo estipulado sem maiores problemas o que já traz um enorme animo e certa ansiedade para a equipe geral.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo S. **Manutenção industrial mecânica**: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica/Saraiva, 2014.

AMARAL, Daniel C.; CONFORTO, Edvandro C.; BENASSI, João L. G. *et al.* **Gerenciamento ágil de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2012.

DECOURT, Felipe; NEVES, Hamilton R. e BALDNER, Paulo R. **Planejamento e gestão estratégica**. Rio de Janeiro: FGV Management, 2012

DEZOTO, Adilson; OLIVEIRA, Allan; MÜLLER, Antônio *et al.* **O Rio sobre rodas - a indústria automotiva e o desenvolvimento socioeconômico do Sul Fluminense**. Maringá: Viseu, 2024.

FORGIONI, Paula A. **Contratos empresariais**. 9.ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2024.

GAGGINI, Fernando S. **Manual dos contratos empresariais**. 2.ed. Indaiatuba: Foco, 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F. P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

GUERRA, Maria das G. G. V. e CAVALCANTI, Lourdes M. R. **Uso da análise SWOT e do ciclo PDCA para avaliação de cursos de graduação a partir do IACG 2017**. São Paulo: Appris, 2020.

GOULART, Verci D. G. E CAMPOS, Alexandre. **Logística de transporte: gestão estratégica no transporte de cargas**. São Paulo: Érica/Saraiva, 2018.

KASSAI, José R.; CASANOVA, Sílvia P. C.; SANTOS, Ariovaldo *et al.* **Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2005).

KERZNER, Harold. **Gestão de Projetos – as melhores práticas**. 4.ed. São Paulo: Bookman, 2020.

KERZNER, Harold. **Project Management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling**. 13. ed. New York: John Wiley and Sons Inc., 2022.

MOBLEY, R. Keith; HIGGINS, Lindley R. **Maintenance engineering handbook**. 8.ed. New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2014.

ROBLES, Léo T.; LA FUENTE, José M. **Logística reversa: um caminho para o desenvolvimento sustentável**. Curitiba: Intersaberes, 2019.

SOARES, Irineu. **Engenharia e tecnologia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Interciência, 2022.