



**Seminário de Ensino,
Pesquisa e Extensão:**

Fortalecendo o conhecimento
científico e tecnológico

Anais do SEPETEC 2025

IFSC Câmpus Jaraguá do Sul – Rau

ISSN Eletrônico 2965-6656

5º SEPETEC: Seminário de Ensino de Pesquisa e Extensão

Fortalecendo o Conhecimento Científico e Tecnológico

IFSC Câmpus Jaraguá do Sul – Rau

23 e 24 de outubro de 2025

Catálogo na publicação: Roseli A. Teixeira – CRB 14/631

5º Seminário de Ensino de Pesquisa e Extensão

S479 SEPETEC: Seminário de Ensino de Pesquisa e Extensão:
fortalecendo o conhecimento científico e tecnológico : anais do
5º SEPETEC 2025 [recurso eletrônico] / organização de Maro
Jinbo e Laline Broetto. – Jaraguá do Sul : IFSC, 2025.
1 recurso online (118 p.) : il.

Evento realizado em: 23 e 24 de outubro de 2025, IFSC, Câmpus
Jaraguá do Sul – Rau.

Disponível em: <https://eventos.ifsc.edu.br/spetecrau2025-627662/>

1. Ensino – Pesquisa – Extensão. 2. Ciência – Divulgação.
3. Tecnologia – Desenvolvimento. I. Jinbo, Maro. II. Broetto,
Laline. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. Título.

CDD: 001



**Seminário de Ensino,
Pesquisa e Extensão:**

Fortalecendo o conhecimento
científico e tecnológico

Resumos Expandidos



O ESPECTRO MATRICIAL DAS FUNÇÕES QUADRÁTICAS

Luiz Alberto Radavelli¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina – luiz.radavelli@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho propõe uma abordagem inovadora para o estudo das funções quadráticas, articulando conceitos de álgebra linear e geometria analítica de maneira integrada. Por meio do isomorfismo triplo entre o espaço de polinômios quadráticos ($\mathcal{P}_2$), o espaço vetorial $\mathbb{R}^3$ e o espaço de matrizes simétricas 2×2 ($\mathcal{MS}_{2 \times 2}$), as propriedades clássicas das parábolas, como concavidade, raízes e posição relativa, são reinterpretadas em termos de invariantes matriciais, como traço, determinante e espectro de autovalores ou, também, visualizadas como subespaços cônicos gerados pelos vetores tridimensionais ($\mathbb{R}^3$) correspondentes a essas quadráticas. Deste modo, o presente estudo oferece uma visão unificada que conecta a forma geométrica de uma parábola com sua correspondente visualização tridimensional ou como o espectro de uma matriz simétrica. Essa perspectiva não apenas permite investigar novas propriedades das funções quadráticas, mas também abre caminhos para generalizações em dimensões superiores, incluindo o estudo de quádricas, a respectiva análise espectral bem como aplicações didáticas.

Palavras-chave: Formas quadráticas, matrizes simétricas, subespaços cônicos

1 INTRODUÇÃO

As funções quadráticas, genericamente $p(x) = ax^2 + bx + c$, $a, b, c \in \mathbb{R}$, $a \neq 0$, ocupam posição de destaque na matemática, física e engenharias, tanto pelo seu valor geométrico (concavidade, vértices e raízes) quanto por suas aplicações em fenômenos práticos. Exemplos incluem a análise de instabilidade em colunas submetidas à compressão axial (flambagem), modelada por equações diferenciais de segunda ordem com coeficientes constantes [Timoshenko e Gere 1961], e circuitos elétricos RLC, cuja análise de transientes leva naturalmente a equações diferenciais de segunda ordem, cujas características do sistema – superamortecido, criticamente amortecido ou subamortecido – são classificadas conforme o discriminante da quadrática [Hayt et al. 2019].

No âmbito da álgebra linear, funções quadráticas são representadas por formas quadráticas e matrizes simétricas, permitindo reinterpretar propriedades clássicas com base em invariantes como determinante, traço e autovalores [Kolman e Hill 2007, Horn e Johnson 2012].

Assim, estudar quadráticas não apenas reforça conexões entre matemática elementar e álgebra linear avançada, mas também oferece subsídios didáticos e aplicados em diferentes áreas da engenharia e das ciências exatas.



2 METODOLOGIA

A abordagem fundamenta-se no isomorfismo triplo entre o espaço dos polinômios $\mathcal{P}_2$, o espaço vetorial $\mathbb{R}^3$ e o espaço das matrizes simétricas reais $\mathcal{MS}_{2 \times 2}$. Essa correspondência associa o espaço vetorial dos polinômios reais de grau até dois, $\{\mathbf{p}(x) = ax^2 + bx + c \mid a, b, c \in \mathbb{R}\}$, de dimensão 3, com base canônica $\mathcal{B} = \{x^2, x, 1\}$

1. o vetor $[\mathbf{p}(x)]_{\mathcal{B}} = (a, b, c) \in \mathbb{R}^3$ e a matriz simétrica $A = \begin{pmatrix} a & b/2 \\ b/2 & c \end{pmatrix}$;
2. reinterpretar o discriminante $\Delta = b^2 - 4ac$ em termos de determinante $\det(A) = -\Delta/4$,
3. analisar as raízes da quadrática via espectro da matriz associada; e
4. associar os tipos de parábola como subespaços cônicos gerados em $\mathbb{R}^3$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Além dos isomorfismos destacados verifica-se que o discriminante Δ de $\mathbf{p}(x)$ e o determinante $\det(A)$ estão relacionados por $\det(A) = -\Delta/4$. Além disso, que os autovalores da matriz A são dados por $\lambda_{1,2} = \frac{a+c}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{(a-c)^2 + b^2}$. Esses invariantes refletem o comportamento geométrico da parábola. A Tabela 1 resume essa correspondência.

Tabela 1: Classificação espectral das quadráticas

Autovalores	Tipo de matriz A	Tipo de quadrática
$\lambda_i > 0 \ (\forall i)$	definida positiva	sem raízes reais
$(\exists i) \ \lambda_i = 0$	semidefinida positiva	com raiz real dupla
$(\exists i, j) \ \lambda_i \cdot \lambda_j < 0$	indefinida	com duas raízes reais distintas

De forma equivalente a Tabela 2 evidencia a relação entre o determinante da matriz e o discriminante do polinômio, enquanto que na Tabela 3 exemplos ilustram a coerência da abordagem.

Já na Tabela 5 os diferentes tipos de parábolas são descritos por subespaços cônicos em $\mathbb{R}^3$ gerados pelos vetores (a, b, c) . Por exemplo, o caso de discriminante nulo ($b^2 = 4ac$) é representado pelo subespaço gerado pela união $(a, 2\sqrt{ac}, c) \cup (a, -2\sqrt{ac}, c)$. A Tabela 5 relaciona o tipo de parábola, o domínio dos geradores e a superfície cônica correspondente.



Tabela 2: Determinante e discriminante aplicados à classificação das quadráticas.

Determinante	Discriminante	Quadrática
$\det(A) > 0$	$\Delta < 0$	sem raízes reais
$\det(A) = 0$	$\Delta = 0$	raiz real dupla
$\det(A) < 0$	$\Delta > 0$	duas raízes reais distintas

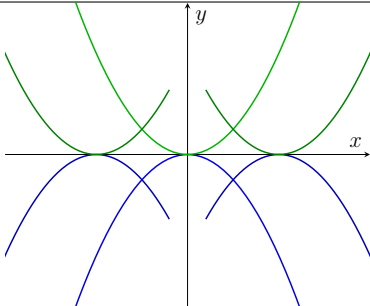
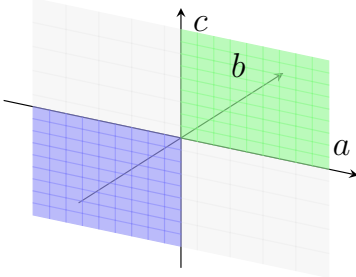
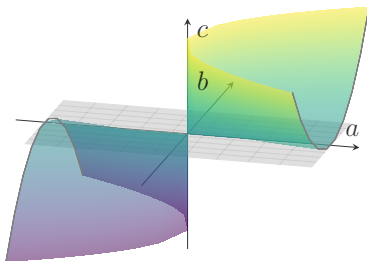
Tabela 3: Exemplos de quadráticas e suas representações matriciais.

Quadrática	Δ	Matriz A	$\det(A)$	Espectro
$p(x) = x^2 + 2x + 1$	0	$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$	0	$\Lambda(A) = \{2, 0\}$
$p(x) = x^2 + 1$	-4	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	1	$\Lambda(A) = \{1, 1\}$
$p(x) = x^2 - 1$	4	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$	-1	$\Lambda(A) = \{1, -1\}$

Tabela 4: Funções quadráticas caracterizadas por subespaços cônicos $\mathbb{R}^3$.

Tipo de quadrática	Domínio-Geradores	Subespaço cônico
Raiz real dupla	$b^2 = 4ac$	fronteira do cone correspondente
Sem raízes reais	$b^2 < 4ac$	sólido do cone correspondente
Duas raízes reais	$b^2 > 4ac$	regiões externas ao cone correspondente

Tabela 5: Funções quadráticas caracterizadas por subespaços cônicos (ou casos degenerados) gerados por vetores de $\mathbb{R}^3$ correspondentes a $p(x)$.

Tipo de quadrática	Domínio-Geradores	Subespaço cônico
		

Os resultados consolidam uma visão unificada: o gráfico parabólico, o vetor (a, b, c) e a matriz simétrica A constituem representações equivalentes de uma mesma estrutura matemática, permitindo interpretar propriedades algébricas e geométricas de forma integrada.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidenciou a correspondência entre polinômios quadráticos, vetores de $\mathbb{R}^3$ e matrizes simétricas 2×2 , utilizando isomorfismos como ferramenta central para destacar a equivalência estrutural entre esses espaços. Essa abordagem mostrou como propriedades algébricas e geométricas se refletem mutuamente, permitindo interpretar concavidade, discriminante e raízes de forma integrada com determinante, traço e espectro matricial.

A representação de $p(x) = ax^2 + bx + c$ como $p(x) = (x \ 1) \begin{pmatrix} a & b/2 \\ b/2 & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ 1 \end{pmatrix}$ torna explícita a codificação matricial dos coeficientes, abrindo caminho para analisar positividade, autovalores e convexidade em formas quadráticas mais gerais $v^t A v$ [Anton e Rorres 2014, Horn e Johnson 2012, Meyer 2000, Boyd e Vandenberghe 2004].

Além do valor didático, essa abordagem sugere que as parábolas são casos particulares de formas quadráticas, cujas propriedades espectrais são centrais em engenharia, oferecendo insights sobre estabilidade e curvatura de sistemas físicos [Strang 2009] e incentivando futuras investigações em contextos multidimensionais e aplicações avançadas.

REFERÊNCIAS

- [Anton e Rorres 2014]ANTON, H.; RORRES, C. *Elementary Linear Algebra*. 11th. ed. [S.l.]: Wiley, 2014.
- [Boyd e Vandenberghe 2004]BOYD, S.; VANDENBERGHE, L. *Convex Optimization*. 1st. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2004.
- [Hayt et al. 2019]HAYT, W. H. et al. *Engineering Circuit Analysis*. 10. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019. ISBN 9781259918957.
- [Horn e Johnson 2012]HORN, R. A.; JOHNSON, C. R. *Matrix Analysis*. 2nd. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2012.
- [Kolman e Hill 2007]KOLMAN, B.; HILL, D. *Elementary Linear Algebra with Applications*. 9. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2007. ISBN 9780132296540.
- [Meyer 2000]MEYER, C. D. *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. 1st. ed. [S.l.]: SIAM, 2000.
- [Strang 2009]STRANG, G. *Linear Algebra and Its Applications*. 4th. ed. [S.l.]: Brooks Cole, 2009.
- [Timoshenko e Gere 1961]TIMOSHENKO, S.; GERE, J. M. *Theory of Elastic Stability*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1961. ISBN 9780070647208.



A EXTENSÃO NO CURRÍCULO DAS ENGENHARIAS: DA CONTROVÉRSIA AUSÊNCIA DE PRÁTICAS À EXECUÇÃO DE PROJETOS QUE ASSOCIAM TEORIA, PRÁTICA, DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Adriely Borges¹; Alison Zils²; Arthur Bartsch³; Estela Ramos⁴; Gabriel Silva⁵;

¹IFSC - adriely.bo11@aluno.ifsc.edu.br; ²alisonzils2401@gmail.com; ³arthur.bartsch@ifsc.edu.br;

⁴estela.souza@ifsc.edu.br; ⁵gpereitafrancodasilva@gmail.com

RESUMO: A curricularização da extensão universitária nos cursos superiores do Brasil foi amplamente discutida até tornar-se obrigatória em 2023. A partir disso, instituições de ensino precisaram construir propostas para atender à legislação e às necessidades formativas dos graduandos. No caso das engenharias, muitas instituições reportaram o desafio em acomodar a carga horária de extensão por entendê-la como dissonante das necessidades reais do currículo consolidado historicamente. Considerando esse contexto e de modo a construir um debate mais qualificado após a implantação da curricularização, o objetivo deste trabalho foi elencar competências, habilidades e conteúdos previstos em um Projeto Pedagógico de Curso da área da Engenharia e observar quais destes foram contemplados por Unidade Curricular de Extensão. Como metodologia, foi realizada uma pesquisa-ação, na qual os próprios estudantes matriculados na UC analisaram contribuições e possibilidades de aprendizagem. O resultado dessa análise indica que, no lugar de substituir e provocar uma ausência formativa, a extensão universitária é uma forma de aprofundar conhecimentos específicos, realizar atividades práticas, associar conhecimentos vistos anteriormente no curso e antecipar a curiosidade acerca de componentes curriculares que farão parte de futuras fases do curso. Além dos saberes específicos, observou-se também que conhecimentos, competências e habilidades gerais foram desenvolvidas. Assim, a UC colabora para a constituição do perfil do egresso e favorece um ensino de engenharia mais dinâmico e voltado ao protagonismo discente.

Palavras-chave: Extensão Universitária, Currículo, Ensino de Engenharia.

1 INTRODUÇÃO

A história do ensino superior na América Latina caracteriza-se por robustas discussões sobre a importância de aproximar os espaços de ensino-aprendizagem à realidade social. Entre argumentos e ações, a extensão universitária foi instituída como um pilar para desenvolver essa proximidade [1], [2]. Contudo, apesar de respaldada por uma defesa discursiva sólida, na prática, a extensão sempre teve uma participação modesta na universidade, o que impactou na sua consolidação no cotidiano da academia.

Em 2014, com a aprovação do PNE [3], a integralização da extensão ao currículo passou a ser uma meta dos cursos superiores do Brasil, tornando-se obrigatória em 2024. Nesse



período de dez anos, as instituições promoveram eventos e formações específicas e ficou evidente o tensionamento entre defensores e resistentes à obrigatoriedade. A maior contestação entre os colegiados de cursos estava na seguinte dúvida: como contemplar no mínimo 10% da carga horária do curso em atividades de extensão e, ao mesmo tempo, preservar os conteúdos essenciais à formação? Sem a possibilidade de prever os desdobramentos disso, cada instituição adotou os encaminhamentos compreendidos como adequados. Contudo, na medida em que o tempo passa, torna-se necessário avaliar os resultados desse processo de curricularização. Por isso, neste trabalho, apresenta-se uma análise acerca das contribuições de uma unidade curricular que destina 120h de carga horária à atividades extensionistas dentro do currículo de um curso de bacharelado em Engenharia. Serão apresentados competências, habilidades e conteúdos previstos no Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica IFSC Jaraguá do Sul - Rau e identificados quais são desenvolvidos e articulados pela Unidade Curricular Atividades de Extensão II.

2 METODOLOGIA

O Projeto Pedagógico de Curso é um instrumento institucional que regulamenta uma oferta de ensino. No Curso de Engenharia Elétrica do IFSC Jaraguá do Sul - Rau, a extensão foi implantada por meio de três unidades curriculares específicas de extensão em 2023. Assim, do total da carga horária do curso de 4160 horas, as três UC de extensão somam 420 horas. Neste trabalho, os alunos matriculados na Unidade Curricular Atividade de Extensão II realizaram a leitura integral do PPC e elencaram como categorias de análise: a) Perfil profissional do egresso; b) Competências do egresso; c) Conteúdos dos Componentes curriculares. Após a seleção, os estudantes indicaram competências, habilidades e saberes desenvolvidos ao longo de Atividades de Extensão II. A pesquisa-ação, neste caso, foi realizada no mesmo semestre em que os estudantes cursam a UC e criam um experimento que mostra o princípio da Frequência (Hz).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, observou que em Atividades de Extensão II, são contempladas quatro das seis características do perfil profissional do egresso de Engenharia, conforme Tabela 1.



Tabela 1: Perfil Profissional do Egresso do Curso de Engenharia

Característica indicada no PPC	Características contemplada pela UC
I. Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;	X
II. Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;	
III. Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;	X
IV. Adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;	X
V. Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;	X
VI. Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.	

Fonte: Os Autores, 2025

Entre as Competências Gerais do Egresso, são contempladas totalmente pela UC Atividades de Extensão II: 1. Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários destas soluções e seu contexto; 2. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação; 5. Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica; 6. Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares. São contempladas parcialmente pela UC: 3. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos; 7. Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão; 8. Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação; 9. Projetar, otimizar e supervisionar a fabricação, instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos eletrônicos e eletroeletrônicos, atuando em todo o ciclo de vida do produto. No que se refere aos conteúdos presentes nas ementas das UC do Curso, foi observado que Atividades de Extensão II contemplou saberes de: Comunicação e Expressão, Atividades de Extensão I, Eletricidade Básica, Metodologia de Pesquisa, Circuitos Elétricos I, Física II, Física III, Circuito Elétricos II, Desenho Técnico, Eletromagnetismo, Circuitos Elétrico



III, Eletrônica I e Engenharia, Sociedade e Cidadania. Além disso, a criação do experimento proposto em extensão necessita de algumas antecipações de Eletrônica Digital e Eletrônica II.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados acima indicados, observou-se que a curricularização da extensão aproxima a visão holística das práticas acadêmicas e tem a potência de dissolver as fronteiras entre as diversas áreas que compõem a formação do futuro engenheiro eletricitista. Se conduzida com a premissa de conectar diferentes saberes, proporcionar aulas práticas e dar suporte teórico e técnico aos estudantes, as atividades de extensão contribuem para a aplicação e desenvolvimento de saberes, competências e habilidades previstas no PPC. Nessa perspectiva, a extensão caracteriza-se por contribuir com o percurso formativo do graduando, desde que evite um trabalho superficial e dissonante dos conteúdos específicos. Afinal são estes que devem sustentar as práticas extensionistas e é o modo como a academia efetivamente deve dialogar com a comunidade externa e se posicionar como área do conhecimento, promotora e divulgadora da ciência.

REFERÊNCIAS

- [1] CALGATO NETO, Silvio. **Extensão e universidade: a construção de transições paradigmáticas por meio de realidades sociais**. Curitiba: Appris Editora, 2016.
- [2] FREIRE, Paulo. **Extensão ou Comunicação?** 27. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2021.
- [3] BRASIL. **Plano Nacional de Educação**. Lei n. 13.005, de 25 de junho de 2014. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-13005-25-junho-2014-778970-publicacaooriginal-144468-pl.html>. Acesso em: 6 out. 2025.
- [4] INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. **PPC do Curso de Engenharia Elétrica**. Câmpus Jaraguá do Sul – Rau. Disponível em: <https://ifsc.edu.br/en/web/campus-jaragua-do-sul/graduacao/-/visualizar/engenharia-eletrica/Campus-Jaragua-do-Sul---Rau/85/130/z8ArY6Rqs6I7>. Acesso em: 6 out. 2025.



VAGA-LUMES: DESCOBERTAS SOBRE O INSETO QUE DEU NOME AO BAIRRO RIO DA LUZ

Daniela da Silva¹

¹EMEB Helmuth Guilherme Duwe - danieladasilva@gmail.com

RESUMO: O projeto de pesquisa "Vaga-lumes: descobertas sobre o inseto que deu nome ao bairro Rio da Luz" foi desenvolvido com alunos do 2º ano da EMEB Helmuth Guilherme Duwe, em Jaraguá do Sul/SC. A iniciativa teve como objetivo investigar a origem do nome do bairro Rio da Luz, que está associado à presença significativa que se tinha de vaga-lumes nas proximidades dos rios. Ao compreenderem essa relação histórica, os estudantes demonstraram grande interesse em conhecer mais sobre o inseto, suas características e os fatores que contribuíram para a diminuição de sua população nos dias atuais. A metodologia adotada foi de natureza investigativa, envolvendo o uso de vídeos, textos informativos, pesquisas na internet, entrevistas com moradores antigos e coleta de dados. O estudo contemplou a história local, o ciclo de vida dos vaga-lumes, o fenômeno da bioluminescência e a relevância da preservação ambiental. Como resultado, os alunos produziram tabelas e gráficos com os dados obtidos, construíram maquetes representando o habitat dos vaga-lumes e criaram, de forma colaborativa, um vídeo com o intuito de promover a conscientização sobre a importância da conservação desses insetos e de seu ambiente natural.

Palavras-chave: Vaga-lumes, Rio da Luz, Preservação.

Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul, Secretaria Municipal de Educação.

1 INTRODUÇÃO

O bairro Rio da Luz, em Jaraguá do Sul, carrega em seu nome uma história de riqueza natural: a grande quantidade de vaga-lumes que habitavam a região, especialmente no verão, criava um espetáculo que remetia a um "rio de luz". Este fenômeno é parte da identidade e história da comunidade, marcada também pela colonização germânica e pela preservação de suas tradições. A relevância deste trabalho reside na necessidade de resgatar e valorizar essa história, que se torna cada vez mais distante para as novas gerações.

Os alunos do 2º ano da EMEB Helmuth Guilherme Duwe, moradores do bairro, ao pesquisarem a história local, além de ficarem curiosos em descobrir mais sobre o inseto, observaram que o fenômeno natural da grande quantidade de vaga-lumes não ocorre mais com a mesma intensidade. Deste modo, surgiu a seguinte problemática - "Onde estão os vaga-lumes? E quem são eles de verdade?" - motivando o desenvolvimento de um projeto de pesquisa e conscientização. A investigação buscou compreender o declínio da população de



vaga-lumes e as razões para isso, como a poluição luminosa e a perda de habitat. Para isso, os alunos pesquisaram suas características, como espécie, anatomia, ciclo de vida, habitat e o fenômeno da bioluminescência. Além disso, o projeto busca conscientizar a comunidade escolar sobre a importância da preservação desses insetos e de seu ambiente natural.

O trabalho contextualiza-se na interdisciplinaridade, envolvendo componentes curriculares como Língua Portuguesa (produção textual, leitura e pesquisa digital), Matemática (análise de dados e gráficos), Ciências (características e ciclo de vida dos animais), História e Geografia (história do bairro e migrações).

2 METODOLOGIA

O projeto foi executado entre julho e setembro com as turmas do 2º ano, utilizando uma metodologia investigativa e detalhada, que privilegiou a participação ativa dos estudantes. O processo foi dividido em quatro fases:

- Pesquisa histórica e contextualização: para contextualizar, os alunos visualizaram vídeos e realizaram entrevistas com moradores antigos, buscando o resgate oral da história e da origem do nome do bairro. Os dados coletados foram organizados em tabelas. Esta etapa incluiu também uma visita a monumentos históricos locais (Salão Barg e Casa Guilow) para consolidar o vínculo com o patrimônio local.
- Investigação biológica dos vaga-lumes: a fase científica focou no estudo biológico do vaga-lume. Foi realizada a leitura e a discussão de textos sobre a classificação animal, com foco nas características, anatomia e no ciclo de vida do vaga-lume. A pesquisa utilizou uma “Ficha Técnica do animal” para que os alunos registrassem a pesquisa sobre as características do inseto. A análise do fenômeno da bioluminescência foi complementada com recursos audiovisuais e pesquisa bibliográfica.
- Análise de dados e produção de conteúdo: o conhecimento adquirido foi transformado em produtos visuais, como cartazes de curiosidades selecionadas pelos estudantes e ilustrações do ciclo de vida. Foi promovida uma pesquisa intitulada "Preservação dos Vaga-lumes", sendo estendida às famílias para identificar causas do declínio e sugerir soluções, resultando em dados que foram processados e representados visualmente em tabela.
- Extensão comunitária e arte sustentável: para a etapa de extensão, foram confeccionadas maquetes em grupo representando o habitat ideal do vaga-lume. A partir



da pesquisa “Preservação dos Vaga-lumes”, o projeto culminou na criação colaborativa do vídeo "Salvando os Vaga-lumes", ferramenta de conscientização destinada à comunidade. Também foram produzidos vaga-lumes gigantes com materiais recicláveis e confeccionado luminárias utilizando potes de vidro reaproveitados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do projeto, os alunos se envolveram ativamente e assumiram o papel de agentes de mudança. Ao longo das atividades, desenvolveram uma profunda compreensão da história local, ampliando seus conhecimentos sobre as características desses insetos.

Os resultados do projeto evidenciaram o sucesso na integração da teoria com a prática e na conexão dos alunos com sua realidade local. A etapa de pesquisa histórica e as entrevistas possibilitaram o resgate efetivo do patrimônio cultural do Rio da Luz, transformando o nome do bairro em um símbolo histórico e ambiental. No campo da pesquisa, a utilização de tabelas e gráficos de barras permitiu aos alunos aprimorar a análise de dados, desenvolvendo o raciocínio lógico-matemático ao correlacionar a redução populacional do vaga-lume com fatores ambientais (poluição luminosa e perda de habitat). Os estudantes demonstraram domínio sobre a biologia do inseto, respondendo à questão central do trabalho. Os materiais de extensão produzidos, como as maquetes e o vídeo de conscientização, atestaram o desenvolvimento da expressão escrita, da criatividade e do uso de tecnologias como ferramentas de comunicação. As atividades artísticas e a confecção de artesanato sustentável reforçaram, de maneira prática, a importância da preservação dos recursos naturais.

O produto final, incluindo a exposição dos trabalhos, reflete a compreensão dos alunos sobre a história local, o conhecimento sobre os vaga-lumes e a importância da preservação de seu habitat, promovendo a conscientização da comunidade escolar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto “Vaga-lumes: descobertas sobre o inseto que deu nome ao bairro Rio da Luz” atingiu os objetivos propostos, ao investigar a história do bairro e promover a conscientização ambiental entre os alunos do 2º ano. A partir da curiosidade sobre os vaga-lumes, os estudantes pesquisaram suas características, causas do desaparecimento e formas de



preservação. O trabalho valorizou o patrimônio natural e cultural do bairro, usando o estudo dos vaga-lumes como ponto de partida para discutir a importância da biodiversidade.

Os estudantes desenvolveram habilidades de pesquisa, leitura, escrita, expressão oral e criatividade. Produziram materiais como cartazes, maquetes, luminárias e um vídeo de conscientização, que podem ser usados em outras ações educativas. Uma dificuldade foi observar os vaga-lumes diretamente, já que eles aparecem apenas no verão, mas isso foi superado com pesquisa e troca de informações. Como projeção futura, o projeto pode ser ampliado para outras escolas e comunidades, além de incentivar ações de preservação junto aos órgãos responsáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO TURÍSTICA DO RIO DA LUZ. Vídeo Institucional - Associação Turística Rio da Luz - Jaraguá do Sul/SC. YouTube, 27 mai. 2025. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=oXuln2mbGtU&t=428s>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CAMARGO, Suzana. Vaga-lumes, um dos animais mais mágicos da natureza, estão ameaçados de extinção. Conexão Planeta, 17 fev. 2020. Disponível em:
<https://conexaoplaneta.com.br/blog/vaga-lumes-um-dos-animais-mais-magicos-da-natureza-estao-ameacados-de-extincao/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

INSETOLOGIA. Ciclo de vaga-lume Aspisoma no Espírito Santo. Insetologia, 13 nov. 2017. Disponível em: <https://www.insetologia.com.br/2017/11/ciclo-de-vaga-lume-aspisoma-no-espirito.html>. Acesso em: 09 jun. 2025.

INSTITUTO DE QUÍMICA DA USP. *E-book G4 – Corrigido final*. São Paulo: IQ-USP, [s.d.]. Disponível em:
<http://iq.usp.br/portaliqusp/sites/default/files/anexos/D%20-%20G4%20-%20ebook%20-%20corrigido%20final.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

OCP NEWS. Rio da Luz, o berço da colonização germânica. Jaraguá do Sul, 2025. Disponível em:
<https://ocp.news/cotidiano/ocp-nos-bairros-rio-da-luz-o-berco-da-colonizacao-germanica-preserva-historia-e-tradicao>. Acesso em: 16 jun. 2025.

PONTO EM COMUM. Por que vaga-lumes acendem?. YouTube, 22 mar. 2023. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=WDI9hPlnWWA> Acesso em: 01 jun 2025.

PORTAL MUNICIPAL DE TURISMO. Conjunto Rural de Rio da Luz. Jaraguá do Sul, 2025. Disponível em: <https://turismo.jaraguadosul.sc.gov.br/post-13857/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SUA PESQUISA. Vaga-lume: inseto, características, reprodução e habitat. Sua Pesquisa. Disponível em:
<https://www.suapesquisa.com/mundoanimal/vaga-lume.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

VALE AGRÍCOLA. Você nunca viu tanto vaga-lume junto. IMPRESSIONANTE! Youtube, 23 jan. 2025. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=83qzjRxJwAw>. Acesso em: 30 mai. 2025.



RUGOSIDADE Ra NO FRESAMENTO DO AÇO HARDOX® 450 SOB DIFERENTES MÉTODOS DE LUBRIRREFRIGERAÇÃO

Jardel Jacobi¹; Tiago Rosa da Silva²; Giovani Conrado Carlini³

¹jardeljacobi@email.com; ²tiago1998rosa@gmail.com; ³giovani.carlini@ifsc.edu.br

Este estudo investigou o efeito de três métodos de lubrirrefrigeração (seco, fluido sintético e tubo de vórtice), dois avanços por dente (0,12 e 0,18 mm/dente) e duas velocidades de corte (110 e 160 m/min) no fresamento do aço Hardox® 450, com foco na rugosidade média aritmética (Ra). O planejamento experimental fatorial completo permitiu avaliar a influência dos parâmetros sobre o acabamento superficial. A análise de variância (ANOVA) apontou o avanço por dente como fator mais significativo, elevando a Ra em até 73%, enquanto a velocidade de corte reduziu os valores em até 27%. O meio de lubrirrefrigeração não apresentou efeito estatisticamente relevante. A menor rugosidade ($Ra = 0,25 \mu m$) ocorreu a 160 m/min, $Fz = 0,12$ mm/dente e usinagem a seco. Conclui-se que parâmetros de corte exercem maior influência na rugosidade do que o tipo de lubrirrefrigeração.

Palavras-chave: Fresamento, Rugosidade, Hardox® 450

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da indústria de fabricação de peças usinadas demanda processos cada vez mais sustentáveis e eficientes. No fresamento, a otimização das operações e a minimização de perdas são estratégicas, especialmente à elevação da temperatura gerada pelo atrito durante a remoção de material, que acelera o desgaste da ferramenta de corte. Este fenômeno torna-se mais crítico no fresamento de aços especiais, como o Hardox® 450 (CASTANHEIRA *et al.*, 2023).

O aço Hardox® 450 possui elevada dureza e excelente resistência ao desgaste abrasivo, sendo amplamente empregado nos setores agrícola, mineração e de transporte. Contudo, a usinagem deste material apresenta elevada complexidade. Diversas estratégias de lubrirrefrigeração são utilizadas para reduzir o atrito, o desgaste e a geração de calor, contribuindo também para a melhoria da rugosidade superficial da peça usinada (GABINESKI, 2020). O objetivo deste trabalho é analisar os efeitos dos parâmetros de corte e lubrirrefrigeração no desempenho da usinagem do aço Hardox® 450, com foco na rugosidade média aritmética Ra.

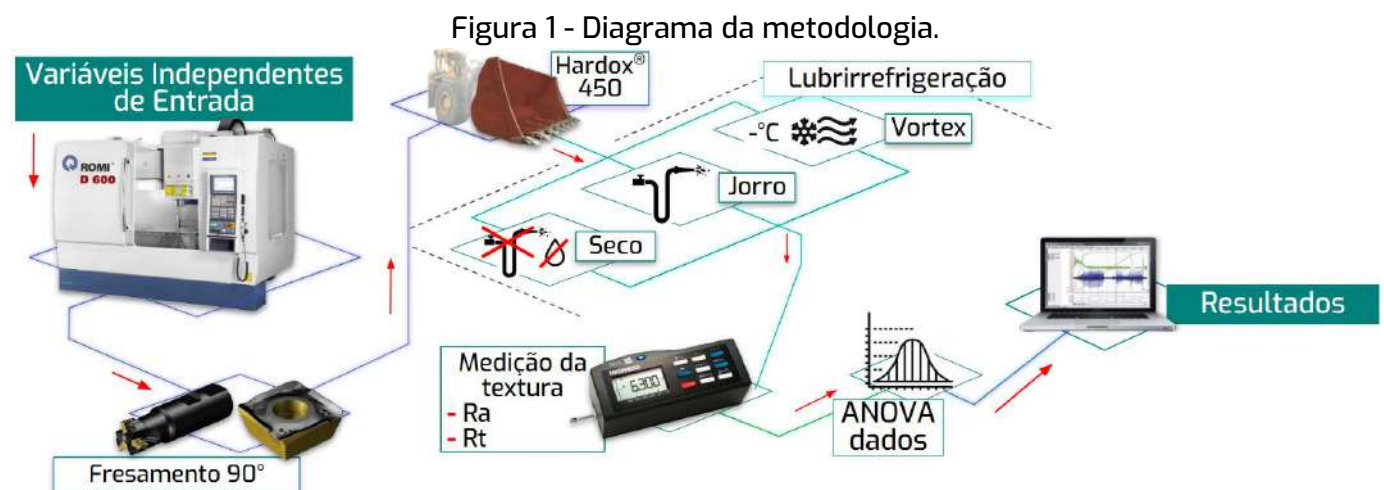
2 METODOLOGIA

O material utilizado foi o aço Hardox® 450, cuja dureza nominal é de 450 HB. Os corpos de prova apresentaram dimensões de 185 × 85 × 50 mm, e cada ensaio consistiu na usinagem de um comprimento total de 10.600 mm, com paradas a cada 1060 mm para medições.



As usinagens foram realizadas em um centro de usinagem CNC ROMI D600, equipado com comando FANUC 0i-MC, três eixos lineares (600 × 530 × 580 mm), mesa de 840 × 500 mm, spindle de até 7.500 rpm e sistema de lubrificação com pressão máxima de 2,5 bar e vazão de 5.500 l/h. A ferramenta utilizada foi uma fresa Sandvik 490R-08T312M-PM 4220, revestida por CVD (TiCN + Al₂O₃ + TiN), montada em suporte Sandvik 490-025B25-08M, com três pastilhas igualmente espaçadas.

Três métodos de lubrificação foram aplicados: usinagem a seco, fluido sintético em solução a 8% (Giroto™ G Cut S 3080V) direcionado por mangueira articulada a 10 mm da região de corte, e ar frio gerado por tubo de vórtice SE-WLG08, fornecendo ar a -10 ± 1 °C, posicionado a aproximadamente 5 mm da interface peça-ferramenta. A Figura 1 apresenta o diagrama representativo da metodologia empregada.



Fonte: Autor (2025).

O planejamento experimental foi estruturado como fatorial completo, considerando três fatores: velocidade de corte (110 e 160 m/min), avanço por dente (0,12 e 0,18 mm/dente) e método de lubrificação (seco, fluido e vórtice). A profundidade de corte axial (ap) foi mantida em 0,3 mm e a largura de corte radial (ae) em 20 mm, com duas réplicas por condição, totalizando 12 ensaios. A rugosidade superficial foi medida por meio de rugosímetro portátil TR210, avaliando apenas o parâmetro Ra. As medições foram realizadas em três leituras consecutivas a cada 1060 mm usinados, com comprimento de amostragem de 0,8 mm, comprimento de avaliação (λ_c) de 2,4 mm, faixa de ± 40 μ m e filtro Rc. A análise estatística dos resultados, incluindo ANOVA, foi



conduzida no software Minitab®. A Tabela 1 apresenta a sequência e os parâmetros de corte adotados nos ensaios.

Tabela 1 – Sequência e parâmetros de corte dos ensaios realizados.

Ensaio	Vc (m/min)	F _z (mm/dente)	Meio	rpm	Ensaio	Vc (m/min)	F _z (mm/dente)	Meio	rpm
1	160	0,18	Fluido	2037	7	160	0,12	Seco	2037
2	110	0,12	Fluido	1400	8	110	0,18	Fluido	1400
3	110	0,12	Seco	1400	9	110	0,18	Vortex	1400
4	110	0,12	Vortex	1400	10	160	0,12	Fluido	2037
5	160	0,18	Vortex	2037	11	110	0,18	Seco	1400
6	160	0,18	Seco	2037	12	160	0,12	Vortex	2037

Fonte: Autor (2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que o avanço por dente foi o fator mais significativo para a rugosidade Ra, aumentando seus valores em até 73% quando elevado de 0,12 para 0,18 mm/dente. A velocidade de corte, por sua vez, apresentou efeito inverso, reduzindo a rugosidade em até 27% quando aumentada de 110 para 160 m/min. O meio de lubrificação não apresentou influência estatística significativa sobre a rugosidade. A condição com menor Ra (0,25 µm) foi observada a 160 m/min, Fz = 0,12 mm/dente e usinagem a seco. Em contrapartida, a condição com tubo de vórtice apresentou aumento abrupto da rugosidade ao longo da distância usinada devido à formação de aresta postiça de corte.

Tabela 2 – Análise de variância para textura da superfície.

Fator	Rugosidade média - Ra [µm]					Sumário do Modelo		
	GL	SQ	QM	F	P	S	R ²	R ² (aj)
Meio	2	0,2097	0,1048	0,95	0,399	0,332689	46,32%	39,39%
Velocidade de Corte	1	0,7482	0,7482	6,76	0,014			
Avanço	1	2,0022	2,0022	18,09	0,000			
Erro	31	3,4311	0,1107					
Total	35	6,3913						

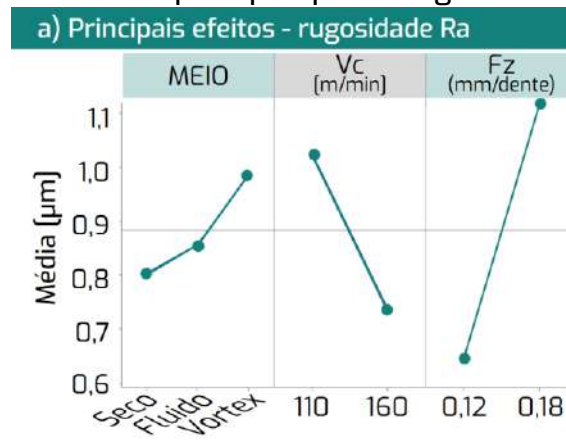
Fonte: Autor (2025).

A análise de variância, apresentada na Tabela 2, confirmou o avanço por dente como fator mais relevante (P = 0,000), seguido pela velocidade de corte (P = 0,014), enquanto o meio de



lubrificação não mostrou efeito significativo ($P = 0,399$) (MONTGOMERY e Runge, 2018). A análise de efeitos principais, ilustrada na Figura 2, evidencia que o aumento do avanço por dente elevou os valores de R_a , enquanto o aumento da velocidade de corte reduziu a rugosidade.

Figura 2 - Efeitos principais para a rugosidade em R_a .



Fonte: Autor (2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que a rugosidade R_a no fresamento do Hardox® 450 é fortemente influenciada pelo avanço por dente e pela velocidade de corte. O aumento do avanço de 0,12 para 0,18 mm/dente elevou a rugosidade R_a em 73%, enquanto a elevação da velocidade de corte de 110 para 160 m/min reduziu a R_a em 27%. O meio de lubrificação não apresentou influência significativa na rugosidade. Os resultados reforçam a importância do controle dos parâmetros de corte como principais agentes de melhoria do acabamento superficial.

REFERÊNCIAS

CASTANHEIRA, Lucas Cappucio; CAPPUCIO, Giovani; XAVIER, Fábio Antonio; VENTURA, Carlos Eiji Hirata. Efeito de diferentes estratégias de fresamento sobre a qualidade de superfícies especulares em aços ferramenta. *Matéria* (Rio de Janeiro), São Paulo, v. 28, n. 4, jan. 2023. DOI: 10.1590/1517-7076-rmat-2023-0278.6.

GABINESKI, Henrique Almeida. Influência da utilização de nanofluido à base de grafeno multicamadas no acabamento gerado por fresamento frontal em aço Hardox® 450. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: LTC, 2018.



JOGO DIDÁTICO DE TABULEIRO: O LÚDICO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO NAS AULAS DE MEIO AMBIENTE

Bianca Larissa Gumz¹; João Virgílio de Melo Homem²; Paula Regina Corrêa³; Iara Maitê Campestrini
Binder⁴; Raquel de Oliveira Collet⁵; Maria Aparecida de Souza⁶; Thaís Collet⁷

¹IFSC - bianca.gummz@gmail.com; ²IFSC - jmelohomem@gmail.com; ³IFSC - paula.correa@ifsc.edu.br;

⁴IFSC - iara.campestrini@ifsc.edu.br; ⁵raquelcollet99@gmail.com; ⁶IFSC - maria.souza@ifsc.edu.br;

⁷IFSC - thais.collet@ifsc.edu.br

RESUMO: O IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau atende a um público de estudantes trabalhadores que, devido a jornadas extenuantes de estudo e trabalho, se mostram cansados e até mesmo indiferentes às aulas quando estas se limitam ao modelo tradicional expositivo. Dessa forma, a fim de promover o acesso dos estudantes a informações sobre questões socioambientais e mudanças climáticas de forma lúdica, foi desenvolvido um jogo de tabuleiro como recurso didático para complementação e aprofundamento das aulas de Tecnologia e Meio Ambiente dos cursos técnicos subsequentes. Como resultado, observou-se que as aulas se tornaram mais dinâmicas e atrativas, aumentando o interesse dos estudantes pelos assuntos abordados, assim contribuindo para sua permanência e êxito e para a sua formação integral.

Palavras-chave: Recurso Didático, Ludicidade, Cursos Técnicos.

Instituição de fomento: IFSC - Edital nº 04/2024/DIREN-PROEN - Apoio a Projetos de Ensino.

1 INTRODUÇÃO

Diante de um cenário de alertas cada vez mais frequentes sobre os problemas socioambientais resultantes das mudanças no clima e o quanto todas as sociedades sentirão seus efeitos, em maior ou menor grau (IPCC, 2021), a educação surge como agente primordial no enfrentamento dos problemas ambientais. Nesse sentido, Cruz e Alves (2022) destacam a conscientização dos educandos como uma arma poderosa para frear ou, ao menos, atenuar os riscos advindos dos desequilíbrios ambientais.

No intuito de aproximar estudantes a conceitos relacionados às questões ambientais e, ao mesmo tempo, se distanciar do modelo tradicional de aula expositiva, Zezzo et al. (2020) destacam os jogos didáticos como uma relevante ferramenta educacional que incentiva o ensino por meio do lúdico. Mas, para além da importância do jogo didático como recurso de aprendizagem, a utilização dessa metodologia de ensino junto aos estudantes dos cursos técnicos do IFSC Câmpus Rau possui uma relevância complementar: a maioria desses estudantes são trabalhadores, muitos são pais e mães vivenciando uma jornada tripla que os sobrecarrega e pode dificultar o desempenho estudantil, sendo comum observar estudantes



cansados e até mesmo indiferentes às aulas quando estas se limitam ao modelo tradicional expositivo. Assim, observa-se a necessidade de práticas pedagógicas que tornem as aulas mais dinâmicas e interativas, oportunizando que o aluno deixe de ser um agente passivo, meramente receptor de conteúdo, e possa desenvolver a capacidade reflexiva, buscar soluções, interagir com os demais e, por que não, aprender se divertindo.

Dessa forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a utilização de um jogo de tabuleiro como recurso didático para complementação e aprofundamento dos assuntos das aulas de Tecnologia e Meio Ambiente dos cursos técnicos do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul/Rau.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste projeto foi dividida em três etapas: desenvolvimento, aplicação e avaliação do jogo didático, conforme descrito a seguir.

Na etapa de desenvolvimento, foram realizadas pesquisas sobre os jogos didáticos de tabuleiro utilizados como ferramentas de ensino. Na sequência, a equipe definiu o jogo a ser desenvolvido e suas características, como número de jogadores, regras, assuntos abordados e o tempo de partida. A partir de pesquisas realizadas em operadores de busca, como o Google Acadêmico, livros e sites de instituições de ensino e pesquisa, foram desenvolvidas questões do tipo Verdadeiro ou Falso e de múltipla escolha para as “Cartas Pergunta”, além de textos para as cartas “Você Sabia”, “Trunfo” e “Emergência”. De forma concomitante, a equipe deu início à criação da interface visual do jogo, utilizando os programas Canva e Adobe Illustrator, seguido da confecção de um protótipo para testar a jogabilidade com voluntários.

Durante os testes, a equipe observou aspectos do jogo a serem mantidos e aqueles que não se mostraram adequados, como regras, tempo e clareza dos textos. A partir dos testes com o protótipo, chegou-se à versão final do jogo, cujo nome escolhido pela equipe foi “Eco Jornada: desbravando os biomas do Brasil”. Durante a etapa de aplicação, o jogo foi utilizado nas aulas de Tecnologia e Meio Ambiente dos cursos técnicos do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul/Rau. Os estudantes bolsistas estiveram presentes para acompanhar algumas partidas e auxiliar na avaliação do jogo junto às turmas. Nesta etapa, os estudantes de cada turma avaliaram o jogo por meio de conversas ao término das partidas. Os depoimentos foram anotados e/ou gravados pelos membros da equipe e alguns deles estão descritos nos Resultados e Discussão a seguir.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram produzidas 8 unidades do jogo “Eco Jornada: desbravando os biomas do Brasil”. Cada jogo é composto por 1 tabuleiro, 1 manual de instruções, 52 cartas especiais (6 Trunfo, 16 Emergência e 30 Você Sabia), 135 cartas pergunta e 1 caixa para acondicioná-lo (Figura 1).



Figura 1: Jogo Eco Jornada: desbravando os biomas do Brasil.

O jogo foi projetado para 2 a 8 participantes e concilia a sorte e os conhecimentos dos jogadores, incentivando a interação, a reflexão, o trabalho em equipe e a competição. Ganha o jogo a equipe que chegar primeiro na palavra “fim” do tabuleiro. O manual de instruções do jogo, contendo informações mais detalhadas, pode ser acessado pelo link: <https://shre.ink/SLTb>.

As turmas dos cursos técnicos têm utilizado o jogo nas aulas de Tecnologia e Meio Ambiente desde meados de 2024 (Figura 2). As partidas duram, em média, 45 minutos num ambiente de descontração, sendo que todos os grupos optam por iniciar uma nova partida ao final da primeira rodada.



Figura 2: Estudantes dos cursos técnicos em Eletrotécnica e Mecânica utilizando o jogo.

A boa aceitação do jogo por parte dos estudantes tem superado as expectativas da equipe do projeto. Quanto à avaliação dos estudantes sobre o jogo, seguem alguns relatos: “É



uma forma bem bacana de auxiliar jovens e adultos a aprenderem diversas coisas sobre os biomas brasileiros.”; “Eu achei o jogo bem divertido, a gente aprende bastante, faz a gente raciocinar e é legal a interação com os colegas.”; “Professora, manda os parabéns aos colegas bolsistas do projeto, pois o jogo ficou ótimo!”; “Gostei bastante de jogar, vocês vão fazer para vender?”; “Muito boa a experiência dessa aula diferente, vamos jogar outras vezes?”; “Se tivesse para vender, eu compraria para jogar com meu filho.”; “Eu achei muito divertido. Além de colocar em prática todo o conteúdo da matéria, ainda tem diversas curiosidades. Gostei bastante, mas a outra equipe, eles estão meio tristes porque eles perderam, professora (risos).”

Dessa forma, a partir da aplicação do jogo junto aos cursos técnicos, constata-se a íntima relação com diagnósticos de turmas construídos pela Coordenadoria Pedagógica do IFSC Câmpus Rau. Ou seja, o jogo atende à necessidade de se pensar estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem de alunos trabalhadores, que, frequentemente, estão afastados da escola há alguns anos, a partir de uma metodologia diferenciada, incentivando a interação dialógica e promovendo o protagonismo discente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de “Eco Jornada: desbravando os biomas do Brasil” atendeu à principal motivação de seu desenvolvimento: tornar mais dinâmicas as aulas de Tecnologia e Meio Ambiente e, por meio disso, conquistar a atenção dos estudantes de cursos técnicos no sentido de seu comprometimento com o enfrentamento dos problemas ambientais.

REFERÊNCIAS

CRUZ, Alvimar Duran; ALVES, Gilcean Silva. Educação Ambiental da Educação Profissional e Tecnológica: práticas no âmbito do IFPB. São Paulo: Dialética, 2022.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Mudança do Clima 2021: A Base Científica – Sumário para Formuladores de Políticas. Disponível em: www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf. Acesso em: 05 abr. 2024.

ZEZZO, Larissa Vieira; COLTRI, Priscila Pereira. Educação em Mudanças Climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. Terræ Didática, 18(Publ. Contínua), p. 1-12, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8671305.



SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA UM SENSOR DE PRESSÃO ASSOCIADO A UM PROCESSO DE NITRETAÇÃO POR PLASMA

Emmily Martins^{1*}; Gustavo Serenini^{1*}; Micael Walz Schimtt^{1*}; Marcos Antonio Salvador¹; Joel Stryhalski¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau; *emmily.m04@aluno.ifsc.edu.br;

*gustavo.s18@aluno.ifsc.edu.br; *micael.ws@aluno.ifsc.edu.br

RESUMO: Este artigo detalha o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de baixo custo para o sensor de pressão APG100, cujo projeto foi aplicado a um reator de nitretação iônica a plasma. A pressão é um parâmetro crítico nesse processo para garantir a qualidade do material tratado. A solução proposta é baseada no microcontrolador NodeMCU ESP8266 e integra um circuito de condicionamento de sinal customizado, um *display* OLED para visualização local dos dados e a plataforma de Internet das Coisas (IoT) para monitoramento remoto. O protótipo foi montado em uma placa de circuito impresso dedicada e validada em bancada através da simulação do sinal do sensor. Os resultados confirmaram a viabilidade técnica da solução como uma alternativa acessível, de código aberto e funcional, com o diferencial da conectividade IoT para acompanhamento à distância.

Palavras-chave: Nitretação a Plasma, Sensor de Pressão, IoT.

1 INTRODUÇÃO

A nitretação iônica a plasma é um tratamento termoquímico utilizado para aprimorar as propriedades de superfícies metálicas, como dureza e resistência ao desgaste e à corrosão. O sucesso deste processo está diretamente ligado ao controle preciso de suas variáveis, sendo a pressão interna do reator um dos parâmetros mais importantes (CRUZ et al., 2019). Um controle inadequado pode comprometer a qualidade da camada nitretada e, por consequência, o desempenho da peça tratada.

A motivação para este projeto surgiu da necessidade de desenvolver uma solução de monitoramento de baixo custo e alta flexibilidade. Os sistemas comerciais existentes para essa finalidade representam, muitas vezes, um investimento significativo. Assim, buscou-se criar uma alternativa que fosse financeiramente acessível e que incorporasse tecnologias modernas, como a Internet das Coisas (IoT).

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um sistema completo de monitoramento de pressão, capaz de ler os dados do sensor APG100, exibir as informações localmente e permitir o acompanhamento remoto. Os objetivos específicos foram desenvolver um circuito de condicionamento de sinal compatível com o sensor e o microcontrolador, implementar um



sistema microcontrolado para leitura, processamento e transmissão dos dados, projetar uma placa de circuito impresso (PCI) dedicada para o protótipo e validar o funcionamento do sistema em bancada para comprovar sua viabilidade.

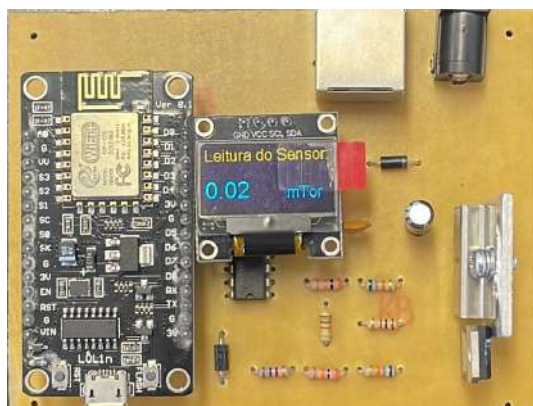


Figura 1: Placa PCI Finalizada

2 METODOLOGIA

O projeto foi estruturado em três etapas fundamentais: o projeto do *hardware*, o desenvolvimento do *firmware* embarcado e a montagem e integração do protótipo final.

O componente central do sistema é o módulo NodeMCU, que utiliza o microcontrolador ESP8266. Este foi escolhido por seu baixo custo, capacidade de processamento e, crucialmente, por sua conectividade Wi-Fi nativa, que é a base para a funcionalidade IoT. O sensor de referência é o APG100, que opera fornecendo um sinal de saída de tensão entre 1,9 V e 9,1 V. O ESP8266, no entanto, possui uma entrada que opera com tensão máxima de 3,3 V (Espressif Systems, 2023). Para compatibilizar os dois componentes, foi projetado um circuito de condicionamento de sinal. A solução adotada utiliza amplificadores operacionais em uma configuração de subtrator para deslocar a faixa de tensão do sensor e atenuar sua amplitude, adequando o sinal do sensor aos limites da porta de entrada do microcontrolador. Para a interface com o usuário, foi integrado um display OLED, que exibe a leitura da pressão em tempo real, oferecendo boa legibilidade e baixo consumo de energia.

Adicionalmente, utilizando a plataforma Arduino IDE, foi desenvolvido um *firmware* cuja descrição pode ser resumida como: faz a leitura da tensão do sensor condicionada a partir da entrada analógica do microcontrolador, em seguida calcula a pressão correspondente em mTorr e atualiza os dados no *display* OLED. Além disso, o protótipo pode se conecta a uma



rede wi-fi, para que o sistema transmita a leitura Desenvolvido em C++ na IDE Arduino, o firmware opera em um loop que: lê a tensão do sensor via pino A/D, calcula a pressão correspondente em mBar e atualiza um display OLED. Conectado a uma rede Wi-Fi, o sistema transmite a leitura de pressão a cada 3 segundos para um servidor IoT em um Raspberry Pi3 (SPROTTE; MELO; SILVA, 2024) para monitoramento remoto.

Para garantir a organização do sistema, uma placa de circuito impresso (PCI) de face simples foi projetada no EasyEDA. A confecção ocorreu por corrosão química e a soldagem dos componentes foi manual, resultando no protótipo compacto apresentado na Figura 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1: Comparativo entre as tensões e pressões estimadas e medidas.

Tensão Aplicada (V)	Tensão Estimada (V)	Pressão Estimada (mTorr)	Pressão Medida (mTorr)	Erro (%)
2,50	2,38	0,24	0,15	-58,09
3,5	3,4	2,37	2,15	-10,30
4,5	4,4	23,71	21,94	-8,08
5,5	5,43	237,14	237,69	0,23
6,2	6,11	1188,50	1130,7	-5,11
8,5	8,42	237137,37	246430,22	3,77
9,1	9,04	944060,88	1027826,81	8,15

Fonte: Autores

Devido a limitações de tempo e acesso, não foi possível realizar testes diretamente no reator de nitretação. Portanto, a validação do sistema foi conduzida em bancada, utilizando um gerador de funções para simular a saída de tensão do sensor APG100. Foram aplicadas tensões na faixa de 1,9 V a 9,1 V, e os resultados de pressão calculados pelo sistema foram comparados com os valores teóricos esperados. Os dados coletados são apresentados na Tabela 1 e consistem no comparativo entre os valores de pressão medido com o protótipo e valores estimados com base na equação teórica característica do sensor (Edwards, 2016).

Os resultados demonstram que o sistema foi capaz de interpretar a resposta de tensão do sensor convertendo-a em pressão de forma coerente, principalmente na faixa de operação do processo de nitretação que consiste aproximadamente entre 10^{-3} e 10^0 Torr. Nesta faixa o erro variou entre -10% e $0,23\%$. Por outro lado, o erro expressivo observado no extremo inferior da escala não representa grande relevância pois concentra-se em uma parte da escala



que esta muito distante da operação. Sua baixa amplitude de tensão sofre mais influência de pequenos *offsets* de tensão e de ruídos de medição. Entretanto, uma alternativa para melhorar as indicações de baixa amplitude seria implementar diferentes escalas no circuito de condicionamento caso existam aplicações com essa demanda.

Por fim, a transmissão de dados para a plataforma IoT se demonstrou estável, permitindo o monitoramento remoto em tempo real e a geração de gráficos históricos, o que confirma o sucesso da implementação IoT.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto atingiu o objetivo de desenvolver e validar um sistema de monitoramento de pressão de baixo custo para o processo de nitretação a plasma. O protótipo mostrou ser uma solução funcional, atendendo aos requisitos de leitura, exibição local remota.

A principal contribuição é uma solução completa de *hardware* e *software* abertos, sendo uma alternativa de baixo custo aos sistemas de estudo. A integração da tecnologia IoT agrega um valor significativo, alinhando a solução às demandas da Indústria 4.0.

As limitações do estudo, como a ausência de testes no ambiente real do reator, apontam claramente para os próximos passos. Trabalhos futuros devem incluir a calibração indireta do protótipo construído utilizando um manômetro de referência e testes de longa duração para avaliar sua robustez e estabilidade.

REFERÊNCIAS

CRUZ, D. A. da et al. **Projeto, construção e comissionamento de um reator para tratamento de nitretação iônica a plasma em aço P20**. [S.l.], 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica).

Edwards. **APG100 Active Pirani Gauge Datasheet**. Burgess Hill, UK, 2016. Disponível em: <https://www.idealvac.com/files/brochures/Edwards_AG100_Pirani_Gauge.pdf>.

Espressif Systems. **ESP8266EX Datasheet**. Shanghai, China, 2023. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>.

SPROTTE, M. W.; MELO, A. A.; SILVA, P. D. **Desenvolvimento de uma plataforma informatizada para projetos IoT com suporte aos protocolos HTTP e MQTT com interface humana e interface maquina**. [S.l.], 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica).



SISTEMA DE PROTEÇÃO DE ELETROBOMBAS A PARTIR DO MONITORAMENTO DA CORRENTE ELÉTRICA

Djenifer Amorilla¹; Melissa N. F. da Silva²; Stefany C. C. Guimarães³; Marcos A. Salvador⁴

¹IFSC Rau - djenifer.a@aluno.ifsc.edu.br; ²IFSC Rau - melissa.n@aluno.ifsc.edu.br; ³IFSC Rau - stefany.c@aluno.ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema automatizado para monitoramento e proteção de eletrobombas utilizadas em poços semi-artesianos. O sistema é baseado na análise da corrente elétrica consumida pelo motor, permitindo identificar condições de subcorrente, corrente nominal e sobrecorrente. A aquisição do sinal é realizada por meio de um resistor shunt, e o condicionamento é feito com um circuito amplificador somador não inversor, garantindo compatibilidade com o microcontrolador NodeMCU ESP8266. Após o processamento digital do sinal, o sistema executa ações de desligamento por relé e envia notificações remotas ao usuário via plataforma Blynk, assegurando o acompanhamento das condições operacionais. O protótipo foi validado experimentalmente com diferentes condições de carga resistiva, sendo capaz de identificar diferentes valores de corrente elétrica. A proposta integra conceitos de instrumentação, sistemas embarcados e conectividade IoT, contribuindo para a proteção de equipamentos hidráulicos e otimização do uso de recursos.

Palavras-chave: Eletrobombas, Monitoramento de Corrente, Instrumentação Eletrônica.

1 INTRODUÇÃO

O uso de eletrobombas para captação de água em poços semi-artesianos é comum em propriedades rurais, condomínios e áreas sem abastecimento público suficiente (Jundsondas, 2021). Embora essenciais ao fornecimento contínuo de água, seu funcionamento inadequado pode causar danos, como sobrecarga, que eleva a corrente elétrica e pode queimar o motor, ou subcarga, que reduz eficiência e estabilidade, aumentando custos de manutenção e risco de interrupção no abastecimento (SILVA; DIAS; TURCATO, 2020). Para aumentar a confiabilidade no uso de eletrobombas, aplicam-se conhecimentos de Instrumentação Eletrônica, Circuitos Elétricos e Microcontroladores. Essa integração permite monitoramento e proteção por meio de sensores e transdutores, aquisição e condicionamento de sinais, processamento em sistemas embarcados e envio de notificações remotas. Diversos trabalhos abordam o monitoramento de eletrobombas com foco em detecção de falhas e manutenção preditiva, usando análise de corrente elétrica para identificar padrões anômalos. Exemplos incluem bancadas experimentais com relés inteligentes (SILVA; DIAS; TURCATO, 2020), e sistemas baseados em Arduino para aquisição de corrente, temperatura e vibração (FERREIRA, 2019).



Apesar dos avanços em monitoramento e manutenção preditiva, ainda há carência de soluções práticas que combinem análise de corrente elétrica com notificação remota voltadas à proteção de eletrobombas. Este projeto propõe um sistema automatizado capaz de acompanhar em tempo real o consumo de corrente, realizar o condicionamento adequado do sinal para o microcontrolador e desligar a bomba de forma segura em situações de sobrecarga ou subcarga. Além disso, o sistema envia alertas imediatos ao usuário, permitindo intervenção rápida e prevenindo danos ao equipamento e interrupções no abastecimento.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema iniciou-se pela definição das faixas de corrente que representam as condições de operação da eletrobomba: subcorrente, nominal e sobrecorrente. Essas faixas foram determinadas por meio de cargas resistivas equivalentes à potência de uma bomba de 0,5 CV.

Para medir a corrente, utilizou-se um transformador de corrente (TC) associado a um resistor shunt, gerando uma tensão proporcional ao consumo do motor. Essa tensão foi condicionada por um amplificador operacional LM358 em configuração somadora não inversora, ajustando ganho e offset para compatibilizar o sinal com a entrada analógica do microcontrolador ESP8266, limitada a 3,3 V, conforme Figura 1. No processamento digital, o ESP8266 realiza amostragem do sinal analógico, remoção do offset e efetua o cálculo do valor eficaz da corrente elétrica. A partir dos valores de referência pré-determinados, o sistema de monitoramento atua desligando a eletrobomba por meio de um relé quando a corrente extrapola a faixa nominal. Caso ocorra sobrecarga ou subcarga, o sistema executa três tentativas automáticas de religamento e, se a falha persistir, permanece bloqueado até intervenção do usuário.

Para comunicação remota, o ESP8266 conecta-se à plataforma Blynk, que envia notificações ao celular do usuário sempre que ocorre alteração no estado operacional (desligada, subcorrente, nominal ou sobrecorrente). Essa integração permite o acompanhamento em tempo real do sistema.

A montagem do protótipo, conforme Figura 2, reuniu os principais componentes, sendo o ESP8266, LM358, transformador de corrente, resistores e módulo relé, em uma PCB dedicada. Os testes práticos verificaram a correspondência entre correntes simuladas e classificações feitas pelo sistema, o acionamento do relé em falhas e o envio de alertas via Blynk.

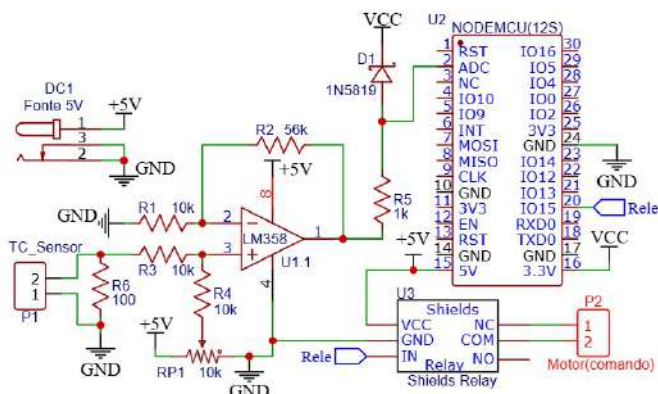


Figura 1: Diagrama eletrônico.

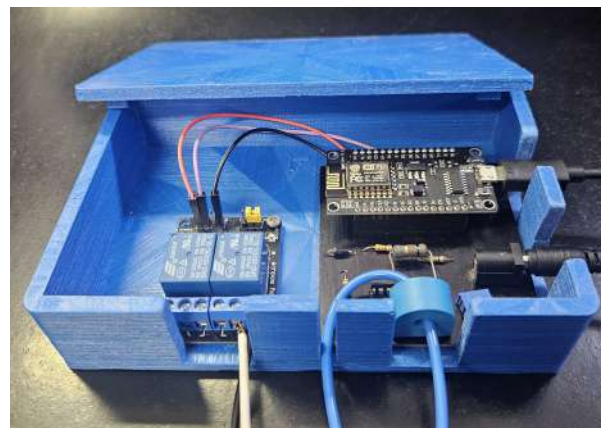


Figura 2: Protótipo finalizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comunicação remota, o aplicativo Blynk exibiu notificações conforme as condições monitoradas. O sistema identificou corretamente subcorrente, sobrecorrente, corrente nominal e eletrobomba desligada. As mensagens seguiram a nomenclatura padronizada definida no código e apresentaram diferenciação visual por cores, contribuindo para rápida interpretação pelo usuário, como pode ser observado na Figura 3.

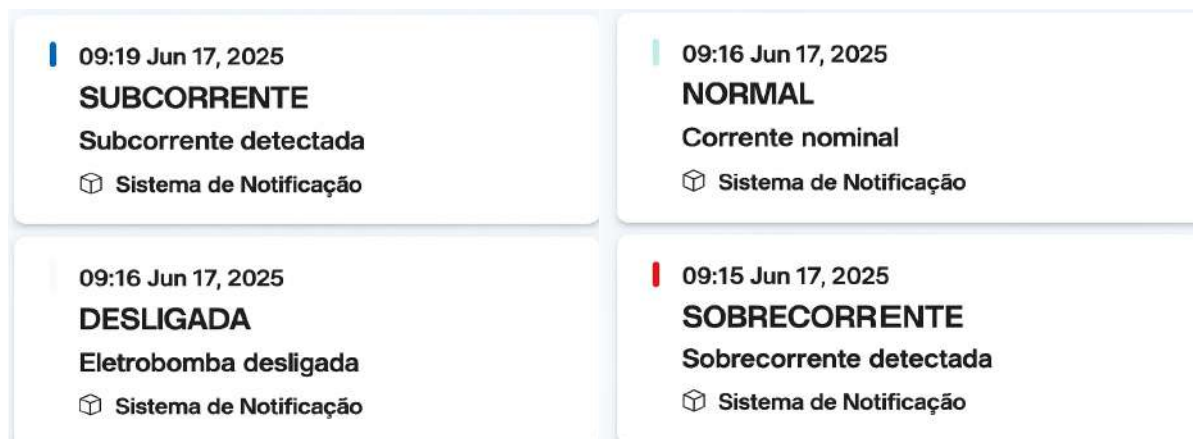


Figura 3: Notificações no Blynk.

Para validar a coerência entre o sistema de aquisição e os valores reais de corrente elétrica, foram realizadas medições simultâneas com multímetro digital Minipa ET-2042F e com o protótipo construído, considerando as condições de subcorrente, corrente nominal e sobrecorrente. Nas condições de subcorrente, corrente nominal e sobrecorrente o multímetro indicou, respectivamente, os valores de 1,02 A, 1,79 A e 3,58 A. As medições com o protótipo foram



aproximadas, com valores de 0,99 A, 1,97A e 3,68 A, respectivamente. Durante subcorrente e sobrecorrente ocorreu o desligamento da saída via relé após o tempo de retardo e o bloqueio de religamento após três tentativas, confirmando a lógica de proteção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho desenvolveu um sistema automatizado para monitoramento de corrente elétrica em eletrobombas, capaz de desligar automaticamente em situações críticas e enviar notificações remotas. Foram aplicados conceitos de instrumentação eletrônica, sistemas microcontrolados e automação embarcada na construção de um protótipo funcional.

A metodologia incluiu simulação de condições de operação com cargas resistivas, definição de faixas de corrente, aquisição e condicionamento de sinal para processamento no ESP8266, cálculo RMS com correção e tomada de decisão para acionar o relé e enviar alertas via Blynk. Os testes mostraram coerência entre as medições do sistema e instrumentos de bancada, confirmando o correto funcionamento da lógica de proteção e da notificação remota. O sistema demonstrou viabilidade prática e potencial didático para monitoramento e proteção de eletrobombas.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, C. A. *Sistema de monitoramento em motores de indução trifásico utilizando a plataforma arduino*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

Jundsondas. *A vantagem de poços artesianos em áreas rurais*. 2021.
Acesso em: 31 mar. 2025. Disponível em: <<http://jundsondas.com.br/blog/a-vantagem-de-pocos-artesianos-em-areas-rurais>>.

SILVA, J. T. da; DIAS, A. L.; TURCATO, A. C. Bancada experimental para identificação de características de corrente elétrica na operação em bombas hidráulicas. In: *11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSP*. [S.l.: s.n.], 2020.



CONVERSOR BOOST DE ALTO GANHO COM ALGORITMO MPPT PERTURBA E OBSERVA PARA APLICAÇÃO EM MICROINVERSORES SOLARES

João Carlos Possamai Júnior
juniorjoaopossamai10@gmail.com

RESUMO: Este artigo apresenta o projeto e a simulação de um conversor boost com célula de ganho elevado, voltado para microinversores solares. A topologia utiliza indutor acoplado e elementos multiplicadores de tensão, operando com entrada de 30 V e saída de até 400 V. O sistema foi modelado no software PSIM e inclui um algoritmo MPPT do tipo Perturba e Observa, permitindo rastreamento eficiente do ponto de máxima potência. Os resultados da simulação confirmam o desempenho esperado, mesmo sob variações de irradiância, validando a proposta para aplicações fotovoltaicas residenciais.

Palavras-chave: Conversor Boost, MPPT Perturba e Observa, Alto ganho

Instituição de fomento: Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul – Rau

1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia limpa e renovável tem se intensificado diante dos desafios impostos pela escassez energética global, agravada por fatores como crises hídricas e a dependência de combustíveis fósseis. Nesse cenário, os sistemas fotovoltaicos surgem como uma alternativa estratégica para diversificar a matriz energética, cuja participação tem crescido nos últimos anos (PEREIRA, 2022). Uma das principais vantagens da energia solar é sua capacidade de ser gerada diretamente nas residências, permitindo maior autonomia energética e redução da demanda sobre o sistema elétrico convencional (RIBEIRO, 2017).

Para que a energia elétrica gerada pelos painéis solares possa ser utilizada em aplicações residenciais ou conectada à rede, é necessário o uso de um sistema composto por um conversor CC-CC e um inversor. O conversor CC-CC é responsável por elevar a tensão contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos a níveis compatíveis com o inversor, que por sua vez converte essa energia em corrente alternada.

Este trabalho apresenta o projeto e simulação, realizada no software PSIM, de um conversor boost com célula de ganho elevado, capaz de operar com entrada de 30 V e fornecer saída de até 400 V — representando um ganho de aproximadamente 11 a 13 vezes, dependendo da faixa de operação. O sistema contém um algoritmo de rastreamento de ponto de máxima potência (MPPT) do tipo Perturba e Observa (P&O), visando extrair o máximo de



potência dos módulos solares (FREITAS FILHO, 2017). A proposta é voltada para aplicações em microinversores solares, permitindo o controle individual de cada módulo fotovoltaico, aumentando a eficiência do sistema mesmo em condições de sombreamento ou variações de irradiância parcial de cada módulo.

2 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas as especificações do projeto e os principais aspectos considerados para o desenvolvimento da proposta. Para o projeto do conversor, o processo de dimensionamento envolve a definição da tensão de entrada, tensão de saída, potência desejada, frequência de chaveamento, resistência da carga e a ondulação de tensão permitida na saída.

O conversor CC-CC com célula de ganho é uma variação do conversor boost tradicional, projetado para alcançar níveis elevados de tensão de saída. A célula de ganho adiciona elementos como capacitores e diodos estrategicamente posicionados, que trabalham em conjunto com o indutor acoplado para multiplicar a tensão de forma eficiente (ROSAS, 2021; SCHIAVON, 2022). O indutor acoplado desempenha função importante nesse tipo de topologia, pois permite o armazenamento e transferência de energia entre seus enrolamentos com auxílio do acoplamento magnético.

A topologia adotada para o conversor CC-CC com célula de ganho neste trabalho foi baseada na proposta apresentada por Lenon Schmitz em sua dissertação e tese, que tratam do desenvolvimento de conversores de alto ganho utilizando indutores acoplados e células multiplicadoras de tensão (SCHMITZ, 2015; SCHMITZ, 2020). A estrutura foi adaptada para atender aos requisitos específicos deste projeto.

Para este trabalho, foi adotado como base o módulo fotovoltaico CS6P-260P, fabricado pela Canadian Solar. Este painel possui capacidade de geração de 260 W, com tensão máxima de saída de 30,4 V e corrente máxima de 8,56 A. Além desses parâmetros, foi considerada uma ondulação de tensão $\Delta V = 0,2 \text{ V}$ na saída, valor adequado para garantir estabilidade e qualidade na tensão fornecida ao sistema. A Tabela I apresenta os dados iniciais utilizados como referência para o desenvolvimento do conversor proposto. A imagem 1 mostra a topologia do conversor utilizado.

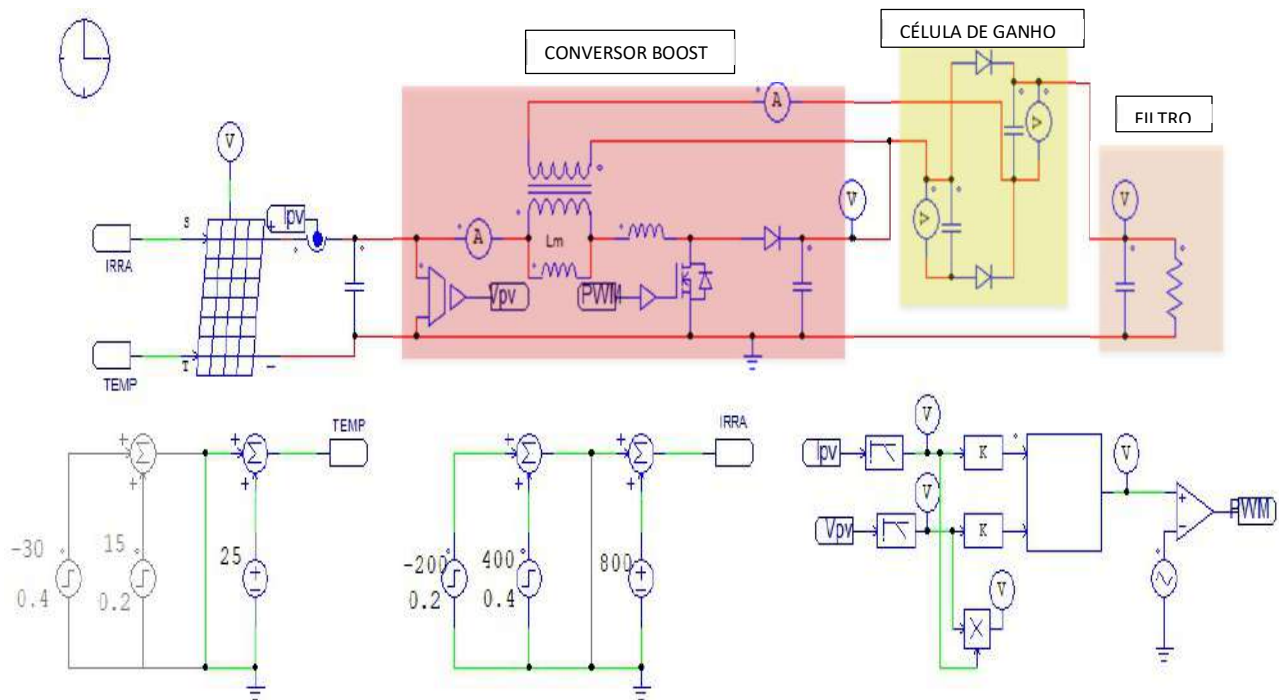


Figura 1: Circuito completo do conversor boost com célula de ganho.

Tabela 1: Parâmetros iniciais do projeto

$V_{\max}$	30,4 VCC
$I_{\max}$	8,56 A
$P_{\max}$	260 W
$Vo_{\max}$	400 VCC
$Io_{\max}$	651,46 mA
$\Delta V_{\max}$	0,2 V
R_o	614 Ω

Fonte: o autor

Para iniciar o projeto do conversor, foi determinado o valor de ganho (13 vezes) com o objetivo de ter 400 V na saída do conversor, tensão próxima àquela que o inversor necessita para transformar a tensão CC em CA em 220 V, comum em algumas regiões do Brasil. Com o objetivo de reduzir o tamanho físico dos componentes passivos, como indutores e capacitores, definiu-se a frequência de chaveamento (F_s) em 100 kHz. Com base nas informações de tensão e potência máxima na saída, foi possível calcular a resistência equivalente da carga (614 Ω).



Para o dimensionamento do indutor acoplado, foi utilizada como referência principal a dissertação de Lenon Schmitz (SCHMITZ, 2015), que serviu de base teórica para este trabalho. A partir dessa abordagem, foi estabelecido um valor de 30 μ H e chegou-se a uma relação de transformação de aproximadamente $n = 3,839$, valor que atende às exigências de ganho de tensão e compatibilidade com a topologia proposta. Com todos os parâmetros definidos, foi realizada a simulação no software PSIM utilizando componentes ideais, conforme metodologia apresentada por Araújo (SCHMITZ, 2015). Essa etapa teve como objetivo obter os valores das grandezas elétricas nos principais elementos do circuito, como tensões e correntes.

Após a finalização do projeto do conversor, foi implementado o algoritmo de rastreamento de ponto de máxima potência (MPPT) do tipo Perturba e Observa, diretamente na simulação realizada no PSIM na função C block, conforme metodologia descrita por Freitas Filho (FREITAS FILHO, 2017). Permitindo que o sistema operasse em malha fechada, ajustando dinamicamente o ciclo de trabalho do conversor conforme as variações de irradiância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar o desempenho do conversor, foram extraídos os dados da simulação em malha aberta realizada no software PSIM. Como esperado, os valores obtidos na simulação apresentaram pequena variação em relação aos cálculos teóricos sendo apresentado na tabela II, confirmando o comportamento previsto da topologia com célula de ganho.

Tabela 2: Parâmetros iniciais do projeto

	Projeto	Simulado
V_i	30,40 V	30,40 V
I_i	8,55 A	8,74 A
V_o	400,00 V	407,27 V
I_o	0,65 A	0,679 A
V_{S1pico}	60,43 V	64,5 V
$I_{D1medio}$	0,65 A	0,64 A
$I_{D2medio}$	0,65 A	0,64 A
$I_{Dcgmedio}$	0,65 A	0,64 A
ILk_{RMS}	11,42 A	12,42 A
ILm_{RMS}	6,06 A	6,37 A

Fonte: o autor



Por fim, foi implementado o algoritmo MPPT do tipo Perturba e Observa no PSIM, permitindo a operação do sistema em malha fechada. Foram aplicadas perturbações na irradiância, iniciando com 800 W/m^2 . Após 0,2 segundos, foi inserido um degrau negativo de -200 W/m^2 , reduzindo a irradiância para 600 W/m^2 . Aos 0,4 segundos, aplicou-se um degrau positivo de 400 W/m^2 , retornando à condição inicial de 1000 W/m^2 e a temperatura fixa em 25°C como mostrado na Figura 2.

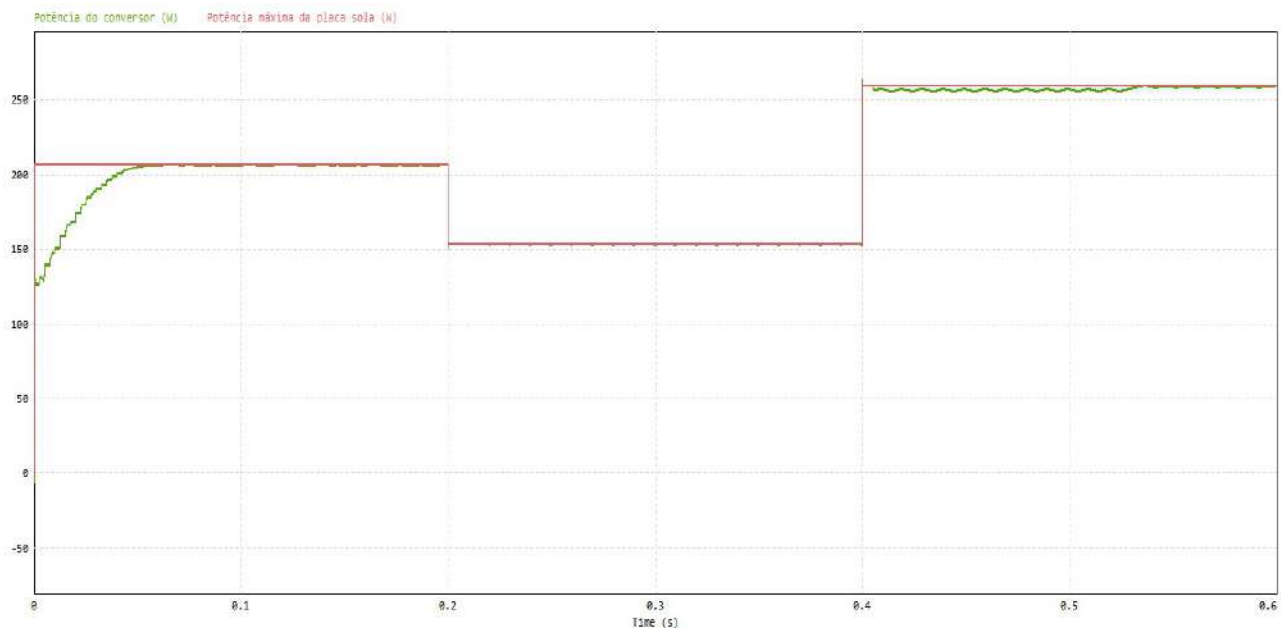


Figura 2: Gráfico de comparação entre a potência extraída do conversor x potência máxima da placa solar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi alcançado com êxito, validando a topologia boost com célula de ganho elevado. A simulação realizada no software PSIM apresentou resultados compatíveis com os valores teóricos, confirmando o desempenho esperado do conversor. A implementação do algoritmo MPPT do tipo Perturba e Observa demonstrou alta eficiência sob variações de irradiância, conforme ilustrado na Figura 2. A linha vermelha representa o ponto de máxima potência do módulo fotovoltaico, enquanto a linha verde indica a potência extraída pelo circuito. Observa-se que o sistema estabiliza em aproximadamente 0,05 segundos após o início da simulação. Quando ocorrem perturbações na irradiância, o algoritmo reage rapidamente,



ajustando o ciclo de trabalho do conversor e buscando o ponto de máxima potência. Após cerca de 0,4 segundos, nota-se pequenas oscilações em torno do MPP, que permanecem dentro de uma faixa aceitável. Dentre as dificuldades enfrentadas, a criação do controle e o estudo do comportamento do conversor com alto ganho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Túlio José de. Estudo de técnicas de modelagem para conversores CC-CC. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

FREITAS FILHO, José Fábio Brilhante de. Rastreamento de ponto de potência máxima em sistemas fotovoltaicos utilizando o método Perturba e Observa. 2017. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <<https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/18775>>. Acesso em: 25 set. 2025.

PEREIRA, Jorge de Medeiros. Energia solar como possibilidade decisória para solução de sustentabilidade em energia elétrica, utilizando o conceito de geração distribuída para o setor elétrico no Brasil: uma revisão integrativa. Altus Ciência, João Pessoa, v. 15, n. 15, 2022. Disponível em: <<http://revistas.fcjp.edu.br/ojs/index.php/altusciencia/article/view/47>>. Acesso em: 26 set. 2025.

RIBEIRO, Aline Lidiane. Energia solar fotovoltaica: viabilidade no segmento residencial. 2017. 152f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/827/dissertacao_ribeiro_2017.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

ROSAS, Isabella Pedroso. Conversores CC-CC de elevado ganho baseados na topologia boost empregando indutores acoplados e células multiplicadoras de tensão. 2021. 132f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26063/1/conversorelevadoganho.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2025.

SCHIAVON, Giordano Luigi. Conversores CC-CC de alto ganho utilizando indutores acoplados, células multiplicadoras de tensão e capacitores comutados. 2022. 110f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022. Disponível em: <<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29160/4/conversoresccccindutoresacoplados.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2025.

SCHMITZ, Lenon. Conversores CC-CC não-isolados de alto ganho e de alto rendimento destinados a aplicações fotovoltaicas e baseados no conversor boost com células de ganho. 2015. 261f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/158773/337506.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 set. 2025.



Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão:

Fortalecendo o conhecimento
científico e tecnológico

5º SEPETEC - 2025

IFSC Câmpus Jaraguá do Sul – Rau

23 e 24 de outubro de 2025

SCHMITZ, Lenon. Metodologia para concepção de conversores CC-CC de alto ganho baseados em topologias básicas com indutor acoplado e células multiplicadoras de tensão. 2020. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/216427/PEEL1949-T.pdf?sequence=1>>.
Acesso em: 24 set. 2025.



ESTUDO EXPERIMENTAL DA ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA EM TRANSFORMADORES DE ALTA FREQUÊNCIA COM NÚCLEO NEE POR MEIO DE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Maria Eduarda Baittinger¹; Rodrigo José Piontkewicz²; Jefferson William Zanotti³

¹maria.eb2001@aluno.ifsc.edu.br; ²rodrigo.piontkewicz@ifsc.edu.br²; ³jefferson.zanotti@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo experimental sobre a elevação de temperatura em transformadores de alta frequência com núcleo do tipo NEE, com o objetivo de validar equações utilizadas para estimar o aquecimento. As medições foram realizadas por meio de termografia infravermelha, técnica não invasiva que permitiu acompanhar em tempo real a distribuição térmica do transformador. Os dados obtidos foram comparados aos valores calculados, a fim de verificar a exatidão das equações analisadas. O transformador atingiu equilíbrio térmico após aproximadamente 20 minutos, com elevação de 10 °C em relação à temperatura ambiente. A metodologia A apresentou maior precisão, com diferença de apenas 1,37 °C em relação ao valor experimental, enquanto a de metodologia B apresentou diferença de 2,33 °C. Os resultados reforçam a importância do controle térmico em transformadores de alta frequência, contribuindo para a conservação da isolação dos mesmos e evitando problemas de superaquecimento e o aumento da vida útil dos dispositivos.

Palavras-chave: Transformadores, Termografia, Eficiência.

Instituição de fomento: Projeto de pesquisa interno IFSC-RAU (PIJGW4444-2025).

1 INTRODUÇÃO

Analizando o atual contexto de crises energéticas e o avanço dos desenvolvimentos eletrônicos, observa-se um crescimento em estudos voltados a eficiência energética e na demanda por componentes eletrônicos eficientes.

Um dos desafios técnicos importantes é o controle de perdas térmicas em componentes magnéticos, comuns em projetos de conversão de energia e componentes eletrônicos. O superaquecimento nesses elementos – como núcleos de ferrite – desencadeia uma série de efeitos prejudiciais, incluindo redução da vida útil do dispositivo, perda de eficiência energética e falhas prematuras em equipamentos. Esse fenômeno decorre de perdas por histerese, correntes de Foucault e efeito Joule nos condutores, todos responsáveis pelo aumento da temperatura

2 METODOLOGIA

Inicialmente, foram levantadas as equações que seriam utilizadas na comparação. Para esse estudo, selecionaram-se duas equações: a equação de Ivo Barbi, amplamente utilizada em projetos de transformadores de alta frequência (BARBI; ILLA FONT; ALVES, 2006), e a de Marian



K. Kazimierczuk (KAZIMIERCZUK, 2006). Outro critério previamente estabelecido referia-se às especificações do transformador: optou-se por um modelo NEE 30-15-14, com fio AWG 18 e 54 espiras.

Outra consideração que foi adotada para ambas das equações foi a desconsideração das perdas no núcleo. Além disso, realizar-se durante as medições de temperatura, a medição da tensão no transformador para o cálculo da sua resistência, a fim de determinar a perda no cobre.

Para o desenvolvimento das equações, como no caso da proposta por Ivo Barbi, inicia-se pelo cálculo da resistência térmica do núcleo, a partir da área da seção transversal e da área da janela, conforme apresentado na equação [1]. Em seguida, a resistência térmica calculada é multiplicada pelas perdas no cobre, como demonstrado na equação [2] resultando no ΔT (elevação de temperatura), de 12,33 °C.

$$R_{t_{núcleo}} = 23 \cdot (Ae \cdot Aw)^{-0,37} \quad [1]$$

$$\Delta T = (P_{cu} + P_{núcleo}) \cdot R_{t_{núcleo}} \quad [2]$$

Na equação de Marian K. Kazimierczuk, a lógica de desenvolvimento é semelhante à de Ivo Barbi. O equacionamento também parte do cálculo da área para a obtenção da resistência térmica do núcleo [3]. Entretanto, nesse caso, para determinar a área total utilizada na equação da resistência térmica, são considerados os critérios segundo Kazimierczuk (KAZIMIERCZUK, 2009, eq. 10.38). Com o valor da área total, procede-se à relação com as perdas no cobre e, por fim, aplica-se na equação [4] do ΔT (elevação de temperatura), obtendo-se como resultado 11,37 °C.

$$\psi = \frac{P_c}{A_t} \quad [3]$$

$$\Delta T = 450\psi^{0.826} \quad [4]$$

Após a obtenção dos resultados calculados, iniciaram-se os testes experimentais com o transformador conforme mostra a Figura 1. Inicialmente, aplicou-se uma corrente de 3 A, de modo a manter uma potência dissipada conhecida no enrolamento. Em seguida, controlou-se a elevação da temperatura nos primeiros 5 minutos, registrando os valores a cada 1 minuto. Após



esse período, as medições passaram a ser feitas a cada 3 minutos, coletando-se os resultados da temperatura e da tensão no transformador.

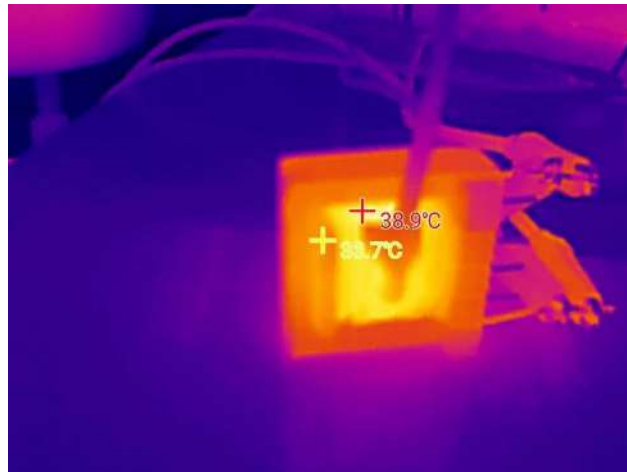


Figura 1 – Imagens da câmera

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos testes experimentais, foi possível obter, além do valor final, uma curva de resposta que mostra o comportamento do transformador desde o início da alimentação até o alcance da sua temperatura de equilíbrio apresentados na Figura 2.

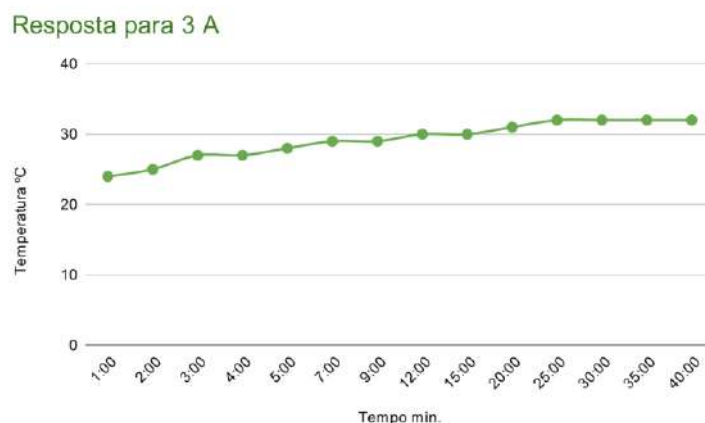


Figura 2 – Gráfico da Elevação de temperatura do transformador

Observando o gráfico, percebe-se que o transformador atinge sua temperatura de equilíbrio após 20 minutos, em torno de 32 °C. Neste dia, a temperatura ambiente aferida antes



do experimento foi de 22 °C, indicando, portanto, que a elevação de temperatura do núcleo do transformador foi de 10 °C.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados experimentais indicam que a equação de Marian K. Kazimierczuk apresentou maior precisão, com diferença de 1,37 °C em relação ao valor medido, enquanto a equação de Ivo Barbi apresentou diferença de 2,33 °C. Esses resultados reforçam a importância do controle térmico no núcleo do transformador, contribuindo para a redução de perdas magnéticas, a prevenção de saturação prematura e a ampliação da vida útil dos componentes. Além disso, o estudo fornece referências para futuros projetos de otimização de componentes eletrônicos e contribui para a formação prática e acadêmica dos envolvidos.

REFERÊNCIAS

BARBI, Ivo; ILLA FONT, Carlos Henrique; ALVES, Ricardo Luiz. Projeto físico de magnéticos. Florianópolis: Instituto de Eletrônica de Potência, 2006.

KAZIMIERCZUK, Marian K. High-Frequency Magnetic Components. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.



DESENVOLVIMENTO DE UM CONVERSOR BOOST PARA APLICAÇÃO DE MÉTODOS MPPT PARA OTIMIZAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Felipe Apolinario Schlickmann¹; Rogério Luiz Nascimento²; Marcos Antônio Salvador³

¹²³IFSC – felipe.as10@aluno.ifsc.edu.br; {rogerio.nascimento, marcos.salvador}@ifsc.edu.br

RESUMO: A demanda por fontes de energia limpa vem aumentando a cada ano e a energia solar fotovoltaica é uma alternativa acessível e que evolui constantemente. Nessa evolução, surgiram novas tecnologias como os métodos MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) que rastreiam o ponto em que o PV (módulo fotovoltaico) fornece a máxima potência. Uma forma de aplicá-los, é utilizando um conversor do tipo *Boost*, capaz de elevar a tensão de saída para níveis comerciais. Assim, este projeto teve como objetivo projetar, simular e montar um protótipo físico do conversor *Boost* com dois métodos MPPT aplicados separadamente, sendo eles, o Perturba e Observa (P&O) e o Condutância Incremental (CI). Para coleta de resultados, foram plotadas curvas em simulador para encontrar os valores teóricos de potência máxima em diferentes condições climáticas, além de coletar, nessas mesmas condições, os valores reais de potência máxima encontrados pelo protótipo físico. Ao final, foi feito um comparativo entre os dados simulados e os reais, verificando-se que o conversor e os métodos MPPT funcionam corretamente. Ademais, com esse projeto, foi possível determinar qual das duas técnicas MPPT estudadas é a mais eficiente.

Palavras-chave: MPPT, Conversor Boost, Módulo Fotovoltaico.

Instituição de fomento: IFSC.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de energia solar fotovoltaica está se tornando cada vez mais popular. De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (Irena, na sigla em inglês), em 2024, o Brasil ficou em 6º lugar no *ranking* mundial de geração de energia solar fotovoltaica, atingindo 53 GW de capacidade instalada (PORTALSOLAR, 2024).

Em um sistema fotovoltaico, é preciso buscar constantemente otimizar o funcionamento do PV. Entretanto, existem fatores que causam distúrbios no sistema, tais como variações de irradiância solar e temperatura ao longo do dia (NASCIMENTO, 2023). Por conta disso, os métodos MPPT, do inglês, Rastreamento do Ponto de Máxima Potência, procuram sempre a máxima potência que o PV é capaz de fornecer ao conversor, por conta das condições climáticas momentâneas. Entre os vários métodos estão o P&O e o CI, sendo estes os dois métodos trabalhados neste projeto.

Os conversores elevadores de tensão CC-CC (corrente contínua - corrente contínua), conhecidos como *Boost*, podem ser utilizados para a implementação do MPPT, já que permitem



que o algoritmo de cada método atue na variação do *duty cycle* (razão cíclica de trabalho) do conversor. O conversor *Boost* é sempre elevador, de tal forma que a tensão de saída será, no mínimo, igual a tensão de entrada. Isso se torna fundamental em sistemas onde é preciso que a tensão da fonte de alimentação seja elevada para níveis comerciais (MARTINS, BARBI, 2008).

Dessa maneira, o objetivo do trabalho é simular e desenvolver um conversor *Boost*, utilizando duas técnicas MPPT: Perturba e Observa (P&O) e Condutância Incremental (CI), sendo que ambas devem ser capazes de rastrear a máxima potência elétrica fornecida por um módulo fotovoltaico, independente das condições climáticas.

2 METODOLOGIA

Primeiramente, iniciou-se um estudo para escolha dos métodos MPPT a serem trabalhados, escolhendo-se pelo P&O e o CI, por serem muito estudados na literatura. Após isso, com o *datasheet* do módulo fotovoltaico instalado no câmpus, foi possível caracterizá-lo no *software* de simulações PSIM e, assim, iniciar o dimensionamento do conversor *Boost*. Com esta etapa finalizada, foi simulado, em *software*, a estrutura de potência do conversor com a aplicação dos métodos MPPT, possibilitando uma coleta de dados importantes para que, posteriormente, sejam comparados com dados reais.

Dessa forma, começou-se a projetar o circuito eletrônico do conversor real no *software* EasyEDA, abrangendo tanto a parte de condicionamentos sinais para leitura de tensão e corrente, quanto a estrutura de potência do conversor. Além disso, esse *software* permitiu a elaboração do *layout* da PCI (Placa de Circuito Impresso). Desse modo, foi realizada a montagem da placa com os componentes já dimensionados. Após isso, foi possível desenvolver e implementar os algoritmos de cada método MPPT. Esta etapa foi feita por meio da placa microcontroladora Arduino Uno, programável via *software* Arduino IDE. Assim, viabilizou realizar um comparativo entre os dados de simulação e os dados reais para validação do projeto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de verificar se o conversor e o algoritmo das técnicas MPPT implementadas estavam funcionando corretamente, foi realizado um comparativo entre valores de MPP (do inglês, Ponto de Máxima Potência) teóricos e reais. Os valores teóricos foram obtidos por meios de curvas construídas em *software* simulador. Já os valores reais foram coletados pelo display



LCD do conversor que mostra alguns dados como a potência máxima encontrada pelo método aplicado.

Com o método P&O, para uma irradiância solar de 402 W/m^2 , é possível perceber que o conversor está rastreando corretamente a máxima potência, já que o MPP simulado (Figura 1a) é de $102,8 \text{ W}$ e o real (Figura 1b) é de $102,2 \text{ W}$, sendo que ambos possuem valores muito próximos.

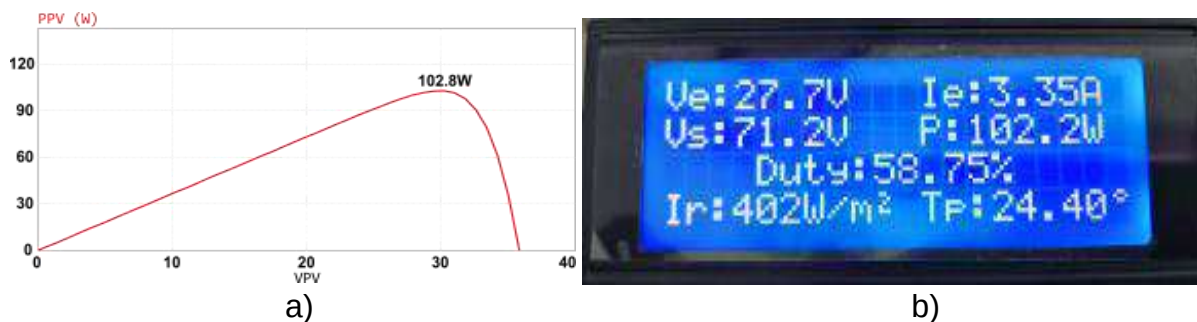


Figura 1: MPP simulado e real para irradiância solar de 402 W/m^2 .

Já para o método CI, a mesma observação pode ser feita, pois, para irradiância solar de 436 W/m^2 , a potência máxima simulada é de 112 W (Figura 2a) e a real (Figura 2b) é de 104 W .

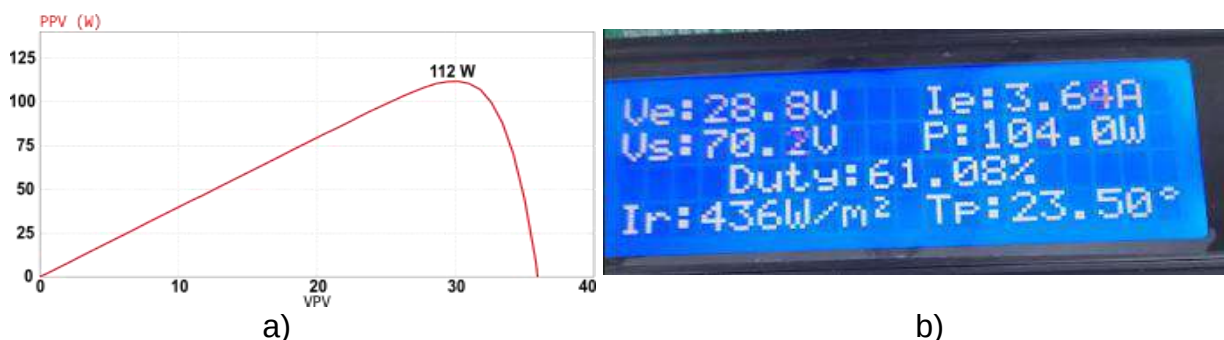


Figura 2: MPP simulado e real para irradiância solar de 436 W/m^2 .

A Figura 3 apresenta o protótipo físico do conversor *Boost* finalizado.

Para verificar a velocidade de resposta de ambos os métodos, em simulação, aplicou-se um degrau de irradiância solar de 400 W/m^2 para 600 W/m^2 . Isso, em uma situação real, representa uma nuvem que, inicialmente, está cobrindo o PV e, repentinamente, se move até descobrir totalmente o módulo fotovoltaico. Dessa forma, foi construída a Figura 4 que apresenta



a influência deste degrau no valor de PPV (potência fornecida pelo PV) utilizando as duas técnicas.



Figura 3: Conversor *Boost* finalizado.

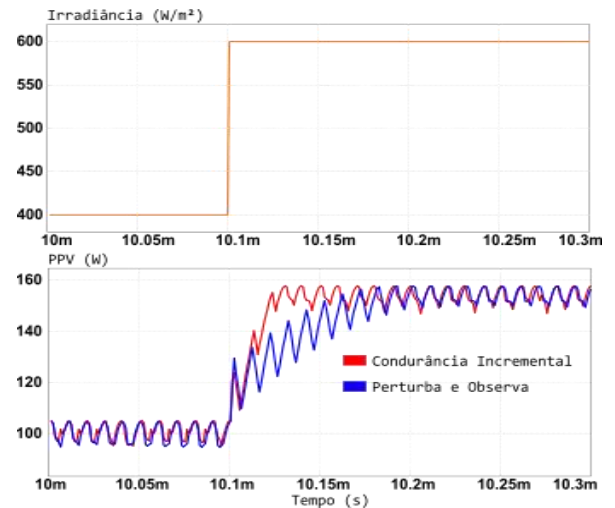


Figura 4: Degráu de irradiância solar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo inicial foi alcançado, pois, como mostrado anteriormente, ambos os métodos conseguiram encontrar o ponto de máxima potência fornecido pelo PV, considerando que a pequena diferença apresentada se deve a algumas perdas de potência no circuito que não são consideradas no MPP simulado. Além disso, também foi possível verificar que o método CI é mais rápido em resposta a um degráu de irradiância solar, aumentando, assim, a sua eficiência.

No câmpus Jaraguá do Sul – Rau, este projeto representou o início de estudos na área de geração de energia solar. Para atividades futuras, podem ser implementados outras técnicas MPPT, como, por exemplo, a Tensão Constante, que, assim como as técnicas P&O e CI, possui muitas referências de estudos na literatura.

REFERÊNCIAS

MARTINS, D. C.; BARBI, I. **Eletrônica de potência:** conversores CC-CC básicos não isolados. Florianópolis: Edição Dos Autores, 2006.

NASCIMENTO, V. U. **Estudo das técnicas de controle MPPT aplicado a sistemas fotovoltaicos,** Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal Catarinense - Câmpus Blumenau, Blumenau, 2023.

PORTAL SOLAR. “**Brasil é 6º colocado no ranking global de energia solar de 2024**”, 2025. Disponível: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-e-6o-colocado-no-ranking-global-de-energia-solar-de-2024>. Acesso: 20/05/2025.



PMSG DE 1 KW NOMINAL COM CONVERSOR BOOST MPPT HCC

Martin Weber Reichow¹; Matheus Luís Cardoso da Silva de Oliveira²; Maro Jinbo³;

Fernando H. G. Colaço⁴; Marlon Fontanive⁵

¹IFSC Instituto Federal de SC - martin.wr@aluno.ifsc.edu.br¹; Matheus.Iso@aluno.ifsc.edu.br²;
maro@ifsc.edu.br³; fernandogruber@ifsc.edu.br⁴; marlonf@ifsc.edu.br⁵

RESUMO: Este trabalho apresenta resultados experimentais em bancada de um *PMSG* (*Permanent Magnet Synchronouns Generator*) de 1KW nominal acionado por um motor de indução trifásico de 3 CV. Na saída do *PMSG* foi conectado um retificador trifásico ponte de Graetz e um conversor CC-CC do tipo *boost MPPT* (*Maximum Power Point Tracking*) *HCC* (*Hill Climbing Control*), técnica de rastreamento de máxima potência em um sistema de microgeração eólica. Para o controle *HCC* do conversor *boost* foi utilizado microcontrolador ATmega da plataforma Arduino UNO. Foram implementadas duas versões do algoritmo *MPPT HCC*, um com passo fixo e outro com passo adaptativo, visando à extração eficiente da potência gerada na saída sobre uma carga resistiva. Verificou-se que a versão adaptativa apresentou menor tempo para atingir o ponto de máxima potência, especialmente diante das variações na rotação do gerador em degrau. Mas o de passo fixo também rastreou de forma efetiva a máxima potência. Como carga foi utilizado a combinação de lâmpadas incandescentes de 100 W.

Palavras-chave: Microgeração eólica, *PMSG*, Conversores CC-CC boost, *MPPT HCC*.

Instituição de fomento: IFSC Câmpus Jaraguá do Sul – Rau. Edital 01/2024/COPI-Rau.

1 INTRODUÇÃO

A conexão direta de cargas à saída trifásica de um microgerador de ímãs permanentes (*PMSG*) impede a extração da máxima potência, exigindo um conversor com algoritmo *MPPT*. Este trabalho implementou o algoritmo *Hill Climbing Control* (*HCC*) para rastrear o ponto de máxima potência em um sistema experimental com motor de indução de 3 CV acionando um *PMSG* de 1KW nominal. A saída, retificada, alimenta um conversor *boost* controlado por Arduino UNO, cuja carga é lâmpadas incandescentes.

A Fig. 01 apresenta o diagrama do sistema de microgeração eólica implementada: gerador de ímãs permanentes (*PMSG*), retificador trifásico a diodos, circuitos de medição de tensão e corrente contínua (CC), conversor *boost*, controle *MPPT HCC* com modulação PWM aplicada ao MOSFET/ (IGBT) e carga resistiva. O *PMSG* é acionado por um motor de indução trifásico de 3 CV. O bloco “*MPPT Boost*” da Fig. 01 representa o algoritmo *HCC* (*Hill Climbing Control*), que ajusta a razão cíclica “D” do *boost* para rastrear o ponto de máxima potência elétrica gerada.

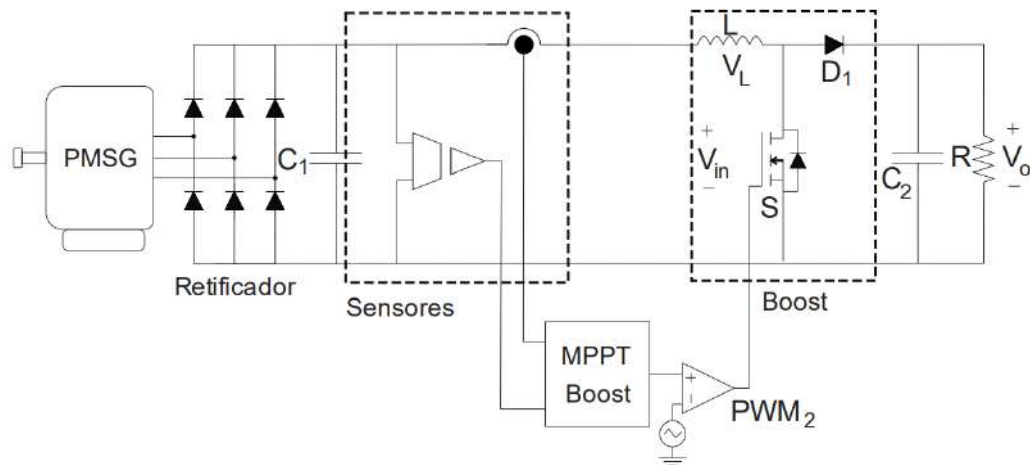


Figura 01: Sistema de microgeração eólica ensaiada com conversor *boost MPPT HCC*.

O fluxograma da Fig. 02 representa a lógica dos algoritmos *HCC* (passo fixo e adaptativo) executados pelo bloco *MPPT Boost* com a utilização do microcontrolador ATMega do Arduino UNO gerando um *PWM* (*Pulse Width Modulation*) sobre a chave (MOSFET/IGBT). Inicialmente faz-se as leituras da tensão CC e da corrente CC na entrada do *boost*, obtendo-se a potência P . A diferença entre as potências atual e anterior lidas em um determinado período de tempo, tem-se o ΔP . A tensão V_{ref} está relacionada com o D *duty* (razão cíclica). Assim o ΔV_{ref} representa a diferença entre o *duty* atual e anterior. De acordo com as lógicas do fluxograma da Fig. 02, o *duty* poderá ser decrementado ou incrementado com passo fixo ou variável, respectivamente, ΔV_{fixo} ou ΔV_{adap} .

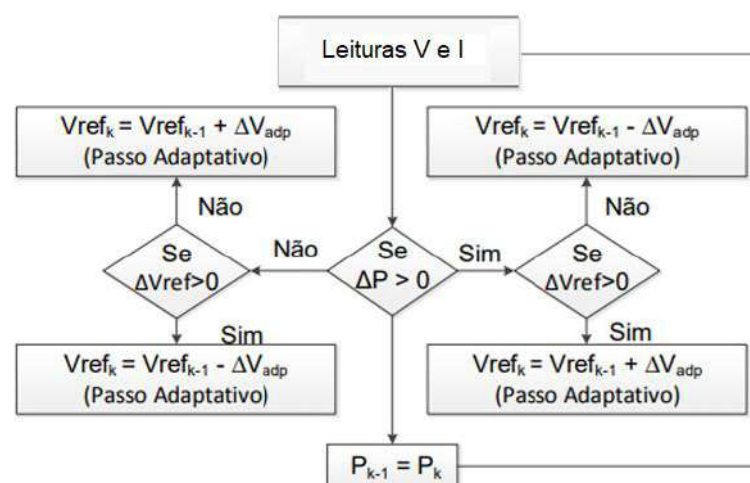


Figura 02: Fluxograma do algoritmo *HCC* de passo fixo ou adaptativo aplicado ao *Boost MPPT*.



2 METODOLOGIA

A Fig. 03 apresenta a bancada de ensaios do *PMSG* com *boost MPPT HCC* utilizado no presente trabalho. Diversos ensaios foram realizados com o conjunto completo, variando-se a rotação do motor de indução trifásico e permitindo que o conversor *boost MPPT HCC* rastreasse o ponto de máxima potência, conforme resultados experimentais apresentados na Tab. 01.



Figura 03: bancada de ensaio do *PMSG* de 1KW com *boost MPPT HCC*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram elaborados e testados dois tipos de algoritmos *MPPT* baseados em *HCC*: o de passo fixo e o de passo adaptativo. A Tab. 01 apresenta os resultados obtidos com o algoritmo de passo fixo, no qual a variação da razão cíclica ocorre por meio de incrementos ou decrementos fixos. Para a verificação dos pontos de máximas potências para cada velocidade de rotação do grupo *PMSG*/motor de indução, realizaram-se ensaios com o aumento gradativo da razão cíclica alterando manualmente no código do algoritmo e testando, confirmando assim que as máximas potências são de fato os valores máximos alcançados pelo algoritmo *MPPT HCC*.



Tabela 1: Ensaio com micro aerogerador *PMSG* de 1 kW acoplado a um motor de indução (3 CV), retificador trifásico, conversor boost com MPPT e carga resistiva (lâmpada 220V / 120W).

Frequência no inversor CFW08 [RPM]	Rotação do eixo do PMSG [RPM]	Tensão DC na saída do Retificador [V]	Corrente DC na saída do retificador apresentada no display 16x2 [A]	Tensão DC na saída do conversor boost [V]	Corrente DC na saída do conversor boost [A]	Potência na saída do conversor boost [W]
60	103	15,2	1,61	91,1	0,32	29,15
83	127	21,3	1,77	111,3	0,36	40,07
100	135	21,2	2,09	128,4	0,39	50,08
111	145	22,8	1,9	138,5	0,41	56,79
135	165	30,5	2,02	165	0,45	74,25
150	175	33	2,09	173,5	0,47	81,55
178	200	33,5	2,2	203,1	0,5	101,55
200	217	36,7	2,63	223,5	0,52	116,22
220	230	44,8	2,76	235,5	0,56	131,88
230	240	46,2	2,82	246,5	0,57	140,51

Fonte: os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os algoritmos *HCC* de passo fixo e de passo adaptativo mostraram-se eficazes no rastreamento da potência do sistema. Estes foram comparadas com os máximos obtidos incrementando-se manualmente a razão cíclica até atingir a potência máxima na saída do *boost*. A técnica do *Hill Climbing Control* conforme apresentado em literatura da área eólica são muito adequados para o rastreamento de máxima potência em sistemas de micro geração eólica.

REFERÊNCIAS

- BARBI, Ivo. Eletrônica de potência. 6. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- MARTINS, D. C.; BARBI, Ivo. Conversores CC–CC básicos não isolados. 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- M. Jinbo, F. A. Farret, G. Cardoso Junior, D. Senter, M. Franklin Lorensetti, “MPPT of Magnus wind system with DC servo drive for the cylinders and boost converter”, *Journal of Wind Energy*, vol. 2015, no. 1, p. 148680, 2015.



DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA DE INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE VELOCIDADE E POSIÇÃO DE MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

Aldo Zanella Junior¹; Maria Eduarda Baittinger²:

¹IFSC - azanella@ifsc.edu.br; ²IFSC - Maria Eduarda Baittinger mariaeduarda.baittinger19@gmail.com

RESUMO: O aprendizado na área de Instrumentação e Controle envolve diferentes aspectos que podem ser melhor desenvolvidos através de plantas físicas reais. Os motores elétricos são um exemplo de planta muito comum nos processos industriais e que podem servir de exemplo para análise e projeto de controladores, bem como para caracterização de sinais físicos. A proposta desse projeto foi desenvolver plantas industriais com diferentes características, de forma que se possa explorar ao máximo sua utilização em ensino e pesquisa. O projeto envolveu montagem e testes em motores e transdutores de velocidade e posição, de forma a simular tanto o funcionamento do sistema, quanto possíveis perturbações e defeitos. Apesar de não ter sido possível executar todas as atividades durante o projeto, foram desenvolvidos alguns estudos importantes relacionados às atividades de ensino e pesquisa da área de Instrumentação e Controle.

Palavras-chave: Controle de Processos, Motor CC, Controle de velocidade.

Instituição de fomento: IFSC – Campus Jaraguá do Sul - Rau.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as indústrias são obrigadas a investir em seus processos a fim de se tornar mais competitivas. O investimento não diz respeito apenas à tecnologia, mas também ao aumento da produtividade, melhoria da qualidade e otimização de custos. Dentre esses processos, destacam-se os processos ditos contínuos, que se caracterizam por terem geralmente alguma grandeza física contínua que deve ser controlada, como temperatura, pressão ou velocidade.

A área de Instrumentação e Controle busca estudar e otimizar dispositivos que consigam manter essas grandezas em determinado valor ou faixa de valores, a fim de garantir a qualidade do processo envolvido. Os Sistemas de Controle atuais operam em malha fechada, que segundo (Dorf; Bishop, 2024, p. 2), utiliza uma medida adicional da saída real para compará-la com a resposta desejada, sendo esta diferença o sinal de erro, que é utilizado pelo controlador para ajustar o sistema, buscando reduzi-lo ao mínimo possível.



Um sistema de controle normalmente possui um controlador, que corrige os desvios do sinal de erro, e um dispositivo que mede a grandeza medida, fornecendo a informação sobre a real condição do sinal de saída. O dispositivo que converte o sinal da variável controlada é o sensor ou transdutor, geralmente fornecendo um sinal em tensão elétrica. Os transdutores são dispositivos que convertem um sinal de uma forma física para um sinal correspondente de outra forma física (Balbinot; Brusamarello, 2019, V. 1, p. 10).

Muitos estudantes tem dificuldade de compreender alguns conceitos básicos sem o auxílio da demonstração prática de situações reais. Dessa forma, os recursos didáticos devem prover essa proximidade entre as atividades acadêmicas e os processos industriais, fortalecendo a aprendizagem, promovendo o êxito estudantil e combatendo a evasão.

Assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver um conjunto de plantas didáticas com motores de corrente contínua e transdutores de velocidade e posição, no intuito de fortalecer a relação entre teoria e prática para estudantes de Engenharia. Muitas atividades de ensino, pesquisa e extensão são desenvolvidas no câmpus que envolvem as áreas específicas de Instrumentação e Controle de Processos. Assim, a própria concepção desse projeto permite que se desenvolvam atividades relacionadas à pesquisa básica e aplicada em consonância com as atividades de ensino, como também poderão surgir propostas de atividades de pesquisa e extensão que permitam maior integração entre a comunidade acadêmica com o público externo, principalmente em eventos científicos e outros.

2 METODOLOGIA

O projeto iniciou-se com o estudo dos motores CC, buscando compreender seu modelo matemático, além dos transdutores de velocidade e posição, de forma a definir quais tipos seriam utilizados no projeto, suas especificações e os custos. Para isso, foi realizada uma pesquisa pelo bolsista em outros trabalhos desenvolvidos, como no estudo realizado por Santana, Silva e Oliveira (2008) e no trabalho de Santos (2017). Prosseguiu-se então para a busca e aquisição dos componentes que foram utilizados nas diferentes etapas, conforme estas foram desenvolvidas.

A segunda etapa consistia nos testes com os motores, como o levantamento de modelos matemáticos, a partir de ensaios realizados em bancada, inicialmente com os motores e depois com os transdutores de posição e velocidade. Como o foco principal foi o controle de



rotação dos motores, optou-se por modelar os motores determinando sua curva de resposta em malha aberta, ou seja, sua resposta livre ao degrau, através de ensaios. Para isso, utilizou-se equipamentos como multímetro, osciloscópio, fontes CC e instrumentos de aquisição de dados, a fim de validar os modelos e prosseguir para a última etapa do projeto.

Finalizados estes testes iniciais, foram adquiridos alguns componentes mecânicos no intuito de desenvolver a estrutura física das bancadas com auxílio do coordenador do projeto, bolsista e técnicos de laboratório. Infelizmente não foi possível concluir a montagem das bancadas durante o período de execução do projeto, ficando esta última etapa para ser desenvolvida em momento posterior.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa de modelagem dos motores envolveu uma discussão acerca da definição do modelo dos motores CC utilizados. Focou-se no modelo de motor com enrolamentos em série de baixa rotação. Estes são alimentados em $12 V_{CC}$ e possuem rotação nominal entre 60 e 500 RPM. São micromotores com caixa de redução, portanto de baixa corrente elétrica, o que não onera em nenhum momento as fontes de alimentação utilizadas.

O modelo destes motores é de segunda ordem, com dois polos reais, um determinado pelas características elétricas dos enrolamentos de armadura e outro pelas características mecânicas. A equação 1 apresenta o modelo genérico para esse tipo de motor.

$$\frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{K_m}{(L_a \cdot s + R_a) \cdot (J \cdot s + b)} \quad (1)$$

Os motores foram testados e foram obtidas suas curvas de resposta baseadas no modelo genérico apresentado. Essas curvas são utilizadas para definir os parâmetros dos controladores de posição e velocidade em experimentos futuros.

O sensores adquiridos também foram submetidos a ensaios a fim de obter suas curvas de resposta, porém não foi possível obter todas as curvas, já que houve dificuldade de isolar os sinais obtidos. Desta forma, será necessário implementar circuitos adicionais a fim de obter as curvas de resposta desses sensores e suas características.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal do projeto foi alcançado parcialmente, pois não foi possível obter todas as características de motores e sensores inicialmente projetados. Porém, foi possível elencar diversos fatores que podem resultar em futuros trabalhos e alavancar o estudo da área de Instrumentação e Controle na área de Engenharia principalmente. As maiores dificuldades no decorrer do projeto consistiram em aplicar na prática os testes, pois ocorreram diversos problemas relacionados principalmente na obtenção dos sinais, com presença constante de ruídos elétricos e outros de origem desconhecida.

Além disso, como esta era uma área não dominada pelo bolsista, houveram várias dificuldades de compreensão sobre os conceitos estudados, o que resultou no atraso do desenvolvimento do projeto. Este trabalho deve ser continuado, utilizando os recursos adquiridos de forma a completar os estudos e propiciar novas ferramentas que deverão facilitar a compreensão dos fenômenos envolvidos e gerar novos projetos de pesquisa e extensão.

REFERÊNCIAS

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELO, Valner João. Instrumentação e fundamentos de medidas. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019, V. 2. ISBN 978-85-216-3584-0.

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. Sistemas de controle modernos. Tradução de Jackson Paul Matsuura. 14. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2024. ISBN 978-85-216-3886-5.

FUJISAWA, Cassio Hideki. [et al.] .Instrumentação e automação industrial. Porto Alegre: SAGAH, 2021. ISBN 978-65-5690-208-1.

SANTANA, Douglas D. S. SILVA, Patricia A. OLIVEIRA, Ângela L. de. Sistema de controle de velocidade e posição para mesa coordenada cartesiana utilizada em máquinas ferramenta. Valinhos: Revista de Ciências Exatas e Tecnologia. Vol. III, N. 3, 2008.

SANTOS, Tallis Mendonça. Controle de velocidade de um motor de corrente contínua por realimentação de estados observados. Orientador: Prof. Dr. João Carlos Vilela de Castro. Monografia (Graduação). Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.



ROBÓTICA LÚDICA COM ARDUINO PARA CRIANÇAS

F. A. Schlickmann¹; G. F. Silvestro²; K. M. Nimet³; L. Broetto⁴; L. M. F. Stralio⁵; M. A. Laet⁶; R. L. Nascimento⁷; V. Câmara⁸

¹²³⁴⁵⁶⁷⁸IFSC - {felipe.as10, gabriely.s21, kamila.mn, livia.mfs, mairon.a2006, vinicius.c01}@aluno.ifsc.edu.br; {laline.broetto, rogerio.nascimento}@ifsc.edu.br

RESUMO: O projeto teve como propósito oferecer oportunidades de estudo e prática em robótica para crianças de 9 a 12 anos, por meio de atividades lúdicas que introduziram conceitos básicos de programação e eletrônica, estimulando o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade. Para isso, foram realizadas oficinas de robótica, ministradas por discentes do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul – Rau. Cada oficina foi composta por quatro aulas e destinada a três turmas de estudantes do ensino fundamental, selecionados por ordem de inscrição pública. Ao longo das oficinas, os participantes desenvolveram conhecimentos progressivos em programação e eletrônica, culminando na montagem de carrinhos com Arduino, controlados por aplicativo de celular via conexão Bluetooth. Os resultados foram bastante positivos: os alunos demonstraram engajamento durante todo o processo de aprendizagem e interesse em dar continuidade ao estudo da área. A experiência evidenciou o potencial da robótica como ferramenta de ensino-aprendizagem e ressaltou a relevância de métodos acessíveis e atrativos para a difusão do conhecimento em tecnologia.

Palavras-chave: Robótica, Aprendizado, Arduino.

Instituição de fomento: IFSC.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o avanço acelerado da tecnologia exige inovações no ensino e na aprendizagem, visando a necessidade das novas gerações perante novas demandas. A educação, nesse contexto, tem como objetivo possibilitar ao indivíduo conhecimento sobre o ambiente que vive, permitindo-lhe interagir com o meio e ampliando sua liberdade, comunicação e colaboração com os demais (ZILLI, 2004).

Diante dessa realidade, a robótica foi introduzida como uma ferramenta de metodologia educacional. Por ser capaz de oferecer um ambiente de aprendizagem mais atrativo para os alunos, justamente por envolver atividades práticas que estimulam o raciocínio lógico, a criatividade e o interesse pela área (FERNANDES *et al.*, 2018).

Dessa forma, este projeto de extensão teve como objetivo oferecer a crianças de 9 a 12 anos oportunidades de estudo e prática em robótica, unindo criatividade, ciência e tecnologia



por meio de atividades lúdicas. A proposta buscou ensinar conceitos de programação e eletrônica de maneira acessível, estimulando o pensamento crítico, a capacidade de resolver problemas e a criatividade.

2 METODOLOGIA

O projeto foi estruturado em cinco etapas principais, organizadas de modo a assegurar a participação ativa dos estudantes e a eficácia do processo de ensino-aprendizagem.

A primeira etapa consistiu na **divulgação do projeto**, realizada por meio dos canais institucionais de comunicação, como redes sociais, além de ações de promoção direta em escolas da região. As inscrições ocorreram por meio de formulário digital, permitindo a triagem e a formação de três turmas.

Na segunda etapa, ocorreu a **preparação das oficinas**. Foram elaborados roteiros de aula e atividades práticas utilizando a placa Arduino e componentes eletrônicos, tomando como referência as unidades curriculares do curso de Engenharia Elétrica e combinando fundamentos de eletrônica e programação.

A terceira etapa correspondeu à **execução das oficinas**. Cada turma participou de quatro encontros práticos, com duração de 2h30min, realizados em laboratórios de eletrônica da instituição. As atividades foram organizadas de forma progressiva, possibilitando a construção gradual dos conhecimentos. As oficinas foram desenvolvidas da seguinte forma:

- **Primeira aula:** introdução a circuitos elétricos, componentes eletrônicos, Arduino e comandos básicos de programação, seguida de atividade prática de acionamento de um LED com push-button.
- **Segunda aula:** exploração do uso de servo motor e sensor ultrassônico, além da montagem de um circuito simulando um semáforo com três LEDs e de uma cancela de trânsito utilizando o servo motor.
- **Terceira aula:** apresentação do display LCD, potenciômetro e novos comandos de programação, culminando na montagem de um circuito com exibição de informações no display.
- **Quarta aula:** montagem de carrinhos com Arduino, controlados via conexão Bluetooth por aplicativo de celular. Para a prática, foi montado no chão do laboratório um percurso que incluía semáforo e cancela desenvolvidos em aulas anteriores, de modo que cada



aluno teve a oportunidade de conduzir seu carrinho até o estacionamento. Ao final, aplicou-se um formulário de avaliação para verificar o aprendizado e a satisfação dos participantes.

A quarta etapa compreendeu a **elaboração do relatório final**, contendo a análise dos resultados obtidos a partir das avaliações e das observações dos discentes responsáveis pela ministração das oficinas.

Por fim, a quinta etapa envolveu a **divulgação dos resultados alcançados**, consolidando as práticas desenvolvidas e os aprendizados proporcionados pelo projeto à comunidade atendida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos neste projeto evidenciou que as crianças participantes das oficinas apresentavam idades e interesses diversos, o que contribuiu para o desenvolvimento de uma relação única com o curso e se refletiu em seus processos individuais de aprendizagem.

De modo geral, foi possível observar avanços significativos no desenvolvimento de competências relacionadas ao raciocínio lógico, à resolução de problemas e à criatividade. Além disso, os participantes adquiriram conhecimentos básicos sobre o funcionamento de circuitos elétricos e componentes eletrônicos. Destaca-se ainda o entusiasmo demonstrado por grande parte dos alunos, muitos dos quais manifestaram interesse em aprofundar seus estudos na área e solicitaram a continuidade das aulas.

Com base em um formulário de avaliação, composto por três questões de múltipla escolha referentes às expectativas em relação ao curso, à qualidade dos conteúdos apresentados e ao interesse nas atividades, foram coletadas as percepções dos estudantes. As opções de resposta disponíveis eram: *excelente*, *bom*, *regular* e *ruim*.

A análise dos dados revelou que aproximadamente 87% dos alunos elegeram a oficina dos carrinhos como a atividade favorita. Quanto à avaliação geral das oficinas, 70% classificaram as atividades como *excelentes* e 22% como *boas*. Em relação às expectativas iniciais, cerca de 83% afirmaram que foram plenamente atendidas, enquanto 13% consideraram que foram parcialmente atendidas.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto teve como objetivo oferecer a crianças de 9 a 12 anos oportunidades de estudo e prática em robótica, integrando criatividade, ciência e tecnologia por meio de atividades lúdicas voltadas à introdução de conceitos de programação e eletrônica.

A iniciativa foi concebida e executada de forma estruturada, assegurando a participação ativa dos estudantes em todas as etapas. Desde a divulgação até a publicação dos resultados, cada fase foi cuidadosamente planejada para garantir a eficácia do processo de ensino-aprendizagem e a criação de um ambiente educacional dinâmico e acessível.

Os resultados obtidos evidenciaram um alto índice de satisfação entre os participantes, refletido tanto nas avaliações quanto no interesse demonstrado em aprofundar os conhecimentos na área. Dessa forma, foi possível alcançar o objetivo de estimular o raciocínio lógico, a criatividade e o interesse pela tecnologia.

A introdução de conceitos relacionados ao Arduino e à robótica apresentou desafios importantes, exigindo a adaptação de conteúdos técnicos para uma linguagem acessível e de fácil compreensão. Além disso, considerando a faixa etária dos participantes, outro desafio relevante foi manter a atenção e o engajamento durante períodos prolongados de atividades.

Embora naturais no ensino voltado a crianças, tais desafios proporcionaram aprendizados valiosos, tanto para os participantes quanto para os discentes responsáveis pela condução das oficinas. A experiência reforça o compromisso com o desenvolvimento de práticas pedagógicas cada vez mais inclusivas e eficazes, contribuindo para tornar a tecnologia mais acessível, envolvente e transformadora.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, Manassés et al. Robótica educacional uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental. In: **Workshop de Informática na Escola (WIE)**. SBC, 2018. p. 315-322.

ZILLI, Silvana do Rocio et al. A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática. 2004.



CONVERSOR CC-CC BIDIRECIONAL EM PONTE H

Gabriel C. Ferreira¹; Guilherme de O. Tomaz²; Mateus Almeida S.C.³; Rodrigo Jose P.⁴

¹IFSC - gabrielcf1002@gmail.com; ²IFSC - guigooliver.go@gmail.com; ³IFSC - mateus.almeida2309@gmail.com; ⁴IFSC - rodrigo.piontkewicz@ifsc.edu.br

RESUMO: O presente trabalho apresenta a simulação de um conversor CC-CC bidirecional em ponte H, desenvolvida no software PSIM. O estudo tem como objetivo analisar o comportamento do conversor em diferentes condições de operação, contemplando os modos de tração nos sentidos direto e reverso, bem como a frenagem regenerativa. A modelagem do sistema foi realizada no PSIM, considerando parâmetros reais de componentes semicondutores e carga aplicada. A partir da estratégia de modulação por largura de pulso, foram obtidas formas de onda de tensão e corrente que permitem verificar o fluxo bidirecional de potência. Os resultados simulados evidenciam a capacidade do conversor em atender às demandas de variação de velocidade e torque. Dessa forma, o estudo valida o uso da ponte H como alternativa eficiente para aplicações didáticas e em sistemas de tração elétrica de pequeno porte com motores de corrente contínua, fornecendo base para implementações práticas futuras.

Palavras-chave: Ponte H, Conversor CC-CC, Simulação, PSIM.

1 INTRODUÇÃO

O avanço da eletrônica de potência tem possibilitado soluções cada vez mais eficientes para o controle e a conversão de energia elétrica em aplicações como sistemas de tração, veículos elétricos e estudos acadêmicos. Entre essas soluções, destaca-se o conversor em ponte H, que opera em quatro quadrantes e permite o controle completo do fluxo de potência. Essa configuração possibilita a aplicação de tensão e corrente em ambos os sentidos, viabilizando o funcionamento de motores de corrente contínua nos modos de tração direta, tração reversa, frenagem regenerativa direta e frenagem regenerativa reversa (Uezu, 2021).

A relevância deste estudo está em analisar, por meio de simulação computacional, o comportamento da ponte H sob diferentes condições operacionais. O conversor em quatro quadrantes é fundamental para aplicações que exigem reversão de rotação, controle de torque e recuperação de energia, características diretamente ligadas a demandas atuais de eficiência energética e sustentabilidade. Além disso, sua utilização em projetos acadêmicos fortalece o aprendizado prático em eletrônica de potência e contribui para a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

Dessa forma, o objetivo geral é realizar a simulação de um conversor CC-CC bidirecional em ponte H no software PSIM, avaliando seu desempenho em dois dos quatro quadrantes



de operação. Como objetivos específicos, destacam-se: (i) modelar o circuito com parâmetros reais de semicondutores e carga; (ii) implementar a estratégia de modulação por largura de pulso; (iii) analisar as formas de onda de tensão nos modos de tração direta e reversão; e (iv) validar a aplicabilidade da ponte H em sistemas de tração elétrica de pequeno porte e em aplicações didáticas.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de forma a possibilitar a reprodução integral do estudo, assegurando clareza nos materiais empregados, nas etapas de desenvolvimento e na caracterização dos atores envolvidos. O trabalho foi conduzido por estudantes do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), no contexto do Projeto Integrador III, sob orientação docente. Essa abordagem integra ensino, pesquisa e extensão, ao combinar a prática de simulação com a aplicação de conhecimentos teóricos em um problema de relevância tecnológica.

2.1 MATERIAIS E FERRAMENTAS

Para a simulação do conversor em ponte H utilizou-se o software PSIM, escolhido pela sua capacidade de modelagem de sistemas eletrônicos de potência e pela facilidade na análise de formas de onda. Foram definidos parâmetros reais de operação, tais como a tensão de entrada de 30 V, o modelo de MOSFET equivalente ao IRFZ44N, a frequência de chaveamento de 20 kHz, além de filtro indutivo e carga resistiva.

2.2 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

O procedimento metodológico foi organizado em quatro etapas principais:

1. **Modelagem do circuito:** construção do esquema da ponte H no PSIM, inserindo semicondutores, elementos passivos e fonte de alimentação.
2. **Configuração dos modos de operação:** definição de dois dos quatro quadrantes de funcionamento (tração direta, tração reversa).



3. **Implementação da modulação PWM:** aplicação de sinais modulados em largura de pulso para o controle dos transistores, incluindo o ajuste de duty cycle e a inserção de dead time para evitar curto-circuitos cruzados.
4. **Coleta e análise de resultados:** extração das formas de onda de tensão e corrente nos principais pontos do circuito.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentar os resultados obtidos na experiência prática e sua discussão, relacionando ao que foi anunciado na introdução.

A simulação realizada no software PSIM possibilitou a obtenção das formas de onda de tensão, corrente e duty cycle, bem como a coleta de valores médios de operação sintetizados na Tabela 1. Esses resultados permitem avaliar o desempenho do conversor em ponte H nos quatro quadrantes de funcionamento.

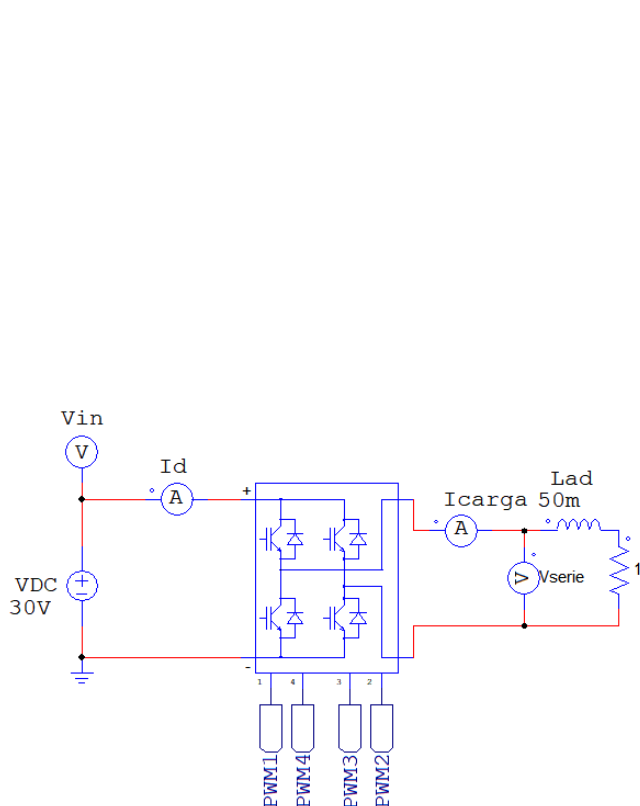
Tabela 1: Variação de Duty Cycle(D), para validação de reversão de rotação.

Time	X1	X2	Δ	Average	Average $ X $
	4.00	7.00	3.00		
Vin	30.00	30.00	0.00	30.00	30.00
D	0.80	0.20	-0.60	0.50	0.50
I_carga	17.93	-17.98	-35.91	0.67	14.86

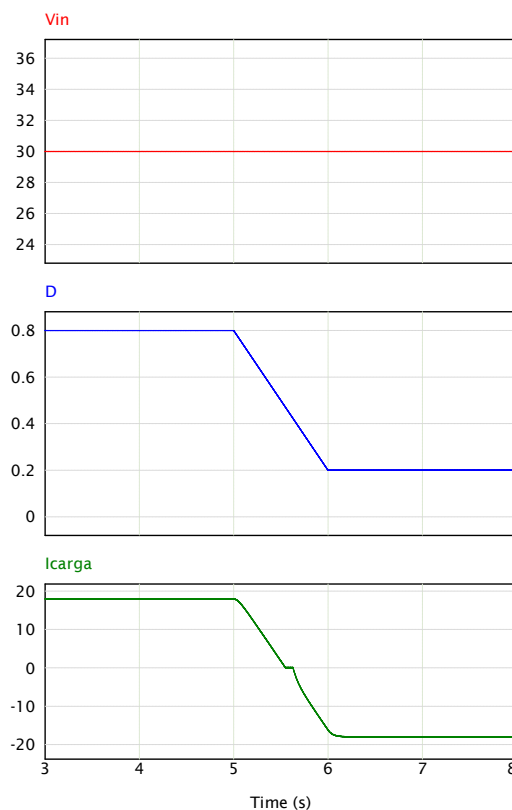
Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1, observa-se o modo de tração direta com $D=0,8$ em $X1=4s$, ocorre a mudança da variável D de $5s$ a $6s$, e então o modo tração reversa é simulado e valores apresentados no tempo $X2=7s$. Nota-se a inversão da corrente da carga (I_{carga}) após a mudança de quadrante de operação.

A Figura 1 apresenta o circuito elétrico de potência e as principais formas de onda extraídas do circuito, evidenciando o comportamento da tensão de entrada (V_{in}), do ciclo de trabalho (D) e da corrente na carga (I_{carga}). Observa-se que: No modo de tração direta, a corrente manteve-se positiva e proporcional ao duty cycle aplicado e no modo de tração reversa, a inversão de polaridade foi reproduzida de forma estável;



(a) Circuito elétrico de potência do conversor CC-CC bidirecional em ponte H.



(b) Formas de onda obtidas na simulação do conversor em ponte H.

Figura 1: Circuito de potência do conversor CC-CC em ponte H e simulação de modos de operação..

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados confirmam o comportamento teórico esperado do conversor em ponte H, com operação estável em dois dos quatro quadrantes de operação. A análise evidencia a eficiência da estratégia de modulação PWM na condução da potência e no controle da velocidade e torque. Ainda assim, a simulação valida a aplicabilidade da ponte H em sistemas de tração de pequeno porte, especialmente em cenários didáticos e acadêmicos, como ferramenta de ensino em eletrônica de potência.

REFERÊNCIAS

[Uezu 2021] UEZU, Rafael: *Controle de um motor CC usando conversores CC/CC*. 2021. – Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26091/1/controlomotorccconversores.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025



CAPACITAÇÃO E DIFUSÃO DE CONHECIMENTOS EM SEMICONDUTORES UTILIZANDO FERRAMENTAS DE FONTE ABERTA

Adan Kvitschal¹; Cristiano Venturi²

¹IFSC – adan.kvitschal@ifsc.edu.br; ²IFSC – cristiano.venturi@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho demonstra o resultado de uma formação em tempo mínimo utilizando o formato de workshop e concurso para exposição inicial de estudantes e profissionais de áreas relacionadas à eletrônica e computação ao mercado de semicondutores. Participantes de diversas áreas da sociedade desde o ensino médio até a graduação produziram layouts de circuitos integrados, sendo que dois destes foram enviados para fabricação em uma tecnologia CMOS 130nm. Durante o processo, os participantes tiveram contato com ferramentas de fonte aberta e assuntos de alta complexidade tratados de maneira totalmente prática.

Palavras-chave: Semicondutores, Eletrônica Digital, Fonte Aberta

Instituição de fomento: IEEE - Electron Device Society

1 INTRODUÇÃO

O mercado de semicondutores representa uma área estratégica para os países, pois os profissionais destas áreas são necessários para desenvolver produtos nas áreas de computação, telecomunicações e inteligência artificial, entre diversos outros. A capacidade de desenvolvimento destes produtos em solo nacional é essencial para garantir a soberania tecnológica, além de equilibrar a balança comercial que atualmente pesa desfavoravelmente para o país em termos de importação de produtos com tecnologia agregada (ABISEMI, 2016).

O Brasil vem investindo em programas para formação destes profissionais através de incentivos do governo federal e programas como o CI Brasil, CI Inovador (SOFTEX, 2024), entre outros, porém esta área ainda é pouco conhecida e somente uma pequena parcela dos alunos de graduação de cursos de tecnologia de ponta virão eventualmente a atuar como projetistas de circuitos integrados.

A indústria de semicondutores é dominada por grandes empresas, uma vez que o investimento no desenvolvimento de circuitos integrados só se justifica para produtos comercializados em grande volume. Isso se dá principalmente por três fatores. O primeiro fator é o custo de produção, pois o desenvolvimento passa por ciclos de prototipagem que vão de centenas a milhões de Reais dependendo da tecnologia empregada. O segundo fator é o alto custo das



licenças de softwares e a complexidade burocrática para obter informações técnicas das chamadas *foundries*, que são os fabricantes dos circuitos integrados propriamente ditos, sem as quais é impossível desenvolver as etapas de simulação e layout dos projetos. Por fim, o alto custo dos profissionais desta área, que geralmente precisam de treinamento além do curso de graduação, soma-se ao total criando uma barreira milionária para empresas que desejam investir nesse setor.

Diversas instituições e indivíduos vêm notando que o desenvolvimento continuado da área de semicondutores precisará de uma revisão da metodologia e modelo comercial (FATH, 2024). Entre as propostas de mudança está a abertura das informações e criação de ferramentas de mais baixo custo e complexidade para o projeto auxiliado por computador (CAD) destes dispositivos.

As iniciativas de fonte aberta já produziram softwares confiáveis de ampla aplicação na indústria, onde destaca-se o *kernel Linux*, que foi um importante contraponto na época de sua concepção para o mercado de sistemas operacionais que era dominado por tecnologias proprietárias. Há um movimento similar ocorrendo atualmente na área de semicondutores. Existem diversas iniciativas isoladas promovidas por grupos de indivíduos e universidades desde os anos 80 que produziram ferramentas para simulação e edição de esquemáticos e layout de circuitos integrados e que podem ser utilizadas para desenvolvimento a nível acadêmico. Alguns grupos e instituições vêm aprimorando estes softwares para permitir um fluxo de trabalho completo para o projeto de circuitos integrados digitais e analógicos de nível comercial.

A abertura das informações de processos, os chamados Process Design Kits (PDKs) é uma tendência recente. Alguns processos como o SkyWater 130nm e o Global Foundries 180nm foram pioneiros na abertura de informações para a comunidade de projetistas de fonte aberta. Juntamente com as ferramentas de fonte aberta, esse fato viabiliza que um indivíduo desenvolva seus circuitos integrados independentemente e potencialmente a custo zero. Ainda, através de programas de redução de custos da fabricação, como o programa TinyTapeout (VENN, 2024), o acesso ao mercado de semicondutores vem se tornando cada vez mais próximo da realidade para pequenas instituições.



2 METODOLOGIA

Este trabalho visou capacitar um pequeno grupo de indivíduos na área de semicondutores em tempo mínimo, utilizando apenas ferramentas de fonte aberta. Foi utilizado o formato de workshop para atrair um público diverso a realizar atividades totalmente práticas que fazem parte do projeto de circuitos integrados digitais. O workshop proposto aproveita materiais na língua inglesa desenvolvidos pela empresa TinyTapeout no programa “Zero to ASIC”, que foram traduzidos e receberam pequenas adaptações para a cultura de ensino institucional. Os participantes recebem cerca de 2 horas de conteúdos expositivos com enfoque nas tecnologias de fabricação de semicondutores e realidade geopolítica do país nesse setor, bem como alguns assuntos técnicos relacionados a transistores e portas lógicas digitais.

De maneira intercalada com os conteúdos expositivos, são realizadas três tarefas práticas. Na primeira, os participantes são introduzidos ao desenho de transistores MOSFET utilizando a ferramenta educacional Siliwiz. Nesse momento, desenvolve-se a noção das camadas de um transistor e como o projetista realiza o dimensionamento. Na segunda tarefa, utiliza-se o simulador educacional de circuitos digitais Wokwi para que os participantes possam desenhar seus próprios circuitos digitais a partir de portas lógicas. Na última etapa, apresenta-se a plataforma GitHub e a ferramenta de fonte aberta para síntese de circuitos digitais OpenROAD. Um modelo de repositório (*template*) serve como base para partir rapidamente para a prática, sendo que na terceira tarefa, os participantes conseguem produzir um layout completo de um circuito integrado que implementa o projeto que foi realizado na segunda etapa. Por fim, os participantes formam grupos e recebem o prazo de uma semana para trabalhar nos projetos propostos. Dois trabalhos são selecionados para fabricação no programa TinyTapeout, que disponibiliza uma área em silício de 100 x 160 μm na tecnologia SkyWater 130nm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Workshop recebeu inscrições de setores diversos da sociedade com participantes de vários níveis de formação do ensino médio à graduação, além de alguns representantes de empresas de tecnologia. Dois projetos foram produzidos, sendo um deles um somador binário síncrono de 4 bits visto na Figura 1 e outro um verificador de paridade de 8 bits. Apesar da simplicidade dos trabalhos realizados, importantes barreiras de contato com ferramentas relativamente complexas foram vencidas em um período de apenas uma semana.

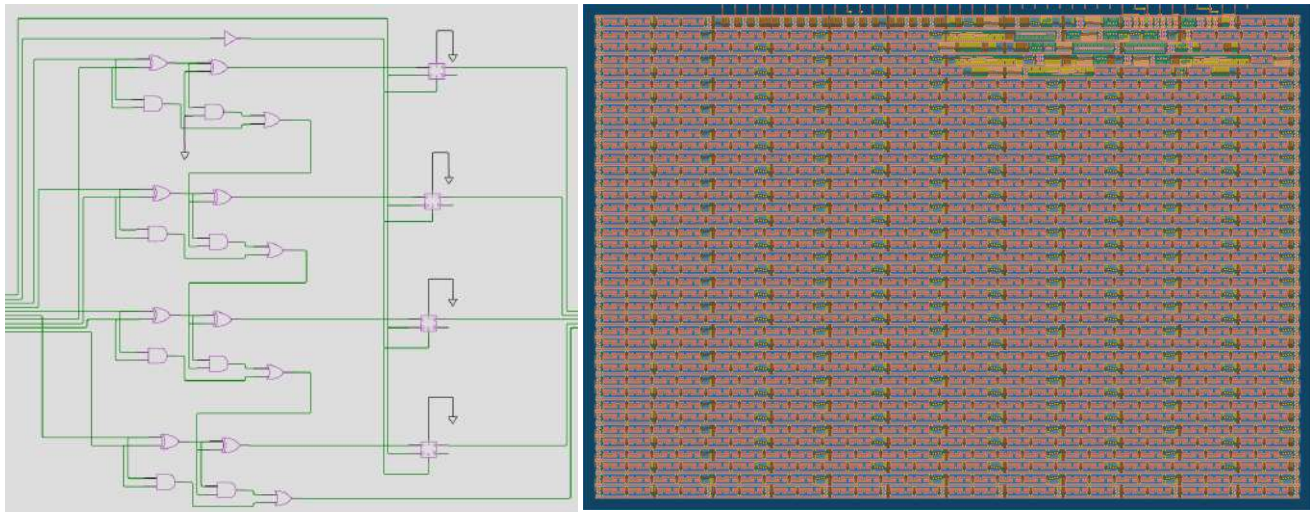


Figura 1: Esquemático (esquerda) e resultado da síntese digital (direita) do projeto “tt-4bits-adder” enviado para fabricação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de semicondutores ainda é uma realidade distante para os brasileiros, mesmo considerando um grupo selecionado entre os cursos de tecnologia, porém, o contato relativamente precoce com a área pode favorecer o interesse em buscar formação específica, potencialmente ressonando com as iniciativas do governo federal e das comunidades de fonte aberta esperadas nos próximos anos. A introdução prática e rápida às ferramentas de fonte aberta é possível e pode ajudar a fortalecer a comunidade de projetistas de circuitos integrados e fomentar projetos de fonte aberta na área.

REFERÊNCIAS

ABISEMI - Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores. Panorama da Indústria de Semicondutores no Brasil. Brasília: 2016.

FATH, Patrick et al. Open-source design of integrated circuits: An open-sourced 1.44-MS/s 703- μ W 12-bit non-binary SAR-ADC using 448-aF capacitors in 130-nm CMOS. *e+ i Elektrotechnik und Informationstechnik*, v. 141, n. 1, p. 76-87, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00502-023-01195-5>

SOFTEX - Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro. CI BRASIL INOVAÇÃO Nº 003/2024: Processo Seletivo de Ingresso no Programa de Residência em Microeletrônica. Brasília: 2024.

VENN, Matt. "Tiny Tapeout: A shared silicon tape out platform accessible to everyone," *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, vol. 16, no. 2, pp. 20-29, Spring 2024, DOI: 10.1109/MSSC.2024.3381097



ANÁLISE DAS PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE SIMULAÇÕES AUTOMATIZADAS DO IMPACTO DA POTÊNCIA E CAPACIDADE DE BESS

John J. A. Saldanha^{1,2}; Ademir Nied²

¹*Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul-Rau - john.saldanha@ifsc.edu.br;*

²*Universidade do Estado de Santa Catarina - ademir.nied@udesc.br*

RESUMO: Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliar a influência da variação da potência ativa e da capacidade de sistemas de armazenamento em bateria (BESS) nas perdas ativas em sistemas de distribuição de energia elétrica. Para isso, utilizou-se a integração entre os softwares MATLAB® e OpenDSS, permitindo a execução automatizada de simulações no alimentador IEEE de 13 barras. A abordagem proposta demonstrou eficiência na análise extensiva de cenários, evidenciando que o dimensionamento adequado do BESS pode reduzir significativamente as perdas ativas. A partir da abordagem proposta e da disponibilização dos arquivos utilizados, espera-se contribuir para o avanço das pesquisas sobre integração de recursos distribuídos em redes elétricas de distribuição complexas.

Palavras-chave: Armazenamento de energia, Sistema elétrico de distribuição, Simulação.

Instituição de fomento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) (processo 3247/2024) e CNPq (310447/2021-6).

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas elétricos de distribuição de energia são caracterizados por uma grande quantidade de componentes, como linhas, cargas, transformadores e capacitores. Recentemente, novos recursos têm sido incorporados para auxiliar na operação, como os sistemas de armazenamento de energia em bateria (BESS). Com o dimensionamento adequado desses sistemas, a rede elétrica pode se beneficiar de diferentes formas, incluindo a redução das perdas ativas de energia (SABER; KABIR; KHANDELWAL, 2025).

Entre as diferentes formas de avaliar a adequação de BESS em uma rede elétrica, utilizam-se frequentemente softwares de simulação, como o OpenDSS. Este software tem sido amplamente empregado na área de distribuição devido à sua capacidade de modelar redes extensas e complexas, permitir a inserção de recursos distribuídos e se comunicar com outras plataformas, como Python e MATLAB® (KAREEN *et al.*, 2025). Essa integração com outros softwares possibilita a criação de rotinas automatizadas para simulações extensivas, permitindo análises de cenários complexos a partir da variação de diferentes parâmetros.



Neste contexto, este resumo expandido apresenta uma proposta para controlar a simulação do OpenDSS a partir do MATLAB, com o objetivo de verificar a influência da variação da potência ativa e da capacidade de um BESS nas perdas ativas de um sistema de distribuição.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em dois softwares: OpenDSS e MATLAB. No primeiro, modela-se o sistema de distribuição de energia elétrica de interesse, inserindo os elementos necessários, como fonte de tensão, linhas de distribuição, cargas, transformadores, entre outros. No segundo, implementa-se um script para comunicar e controlar a simulação do circuito modelado. O script desenvolvido segue as etapas apresentadas na Figura 1 e descritas a seguir.

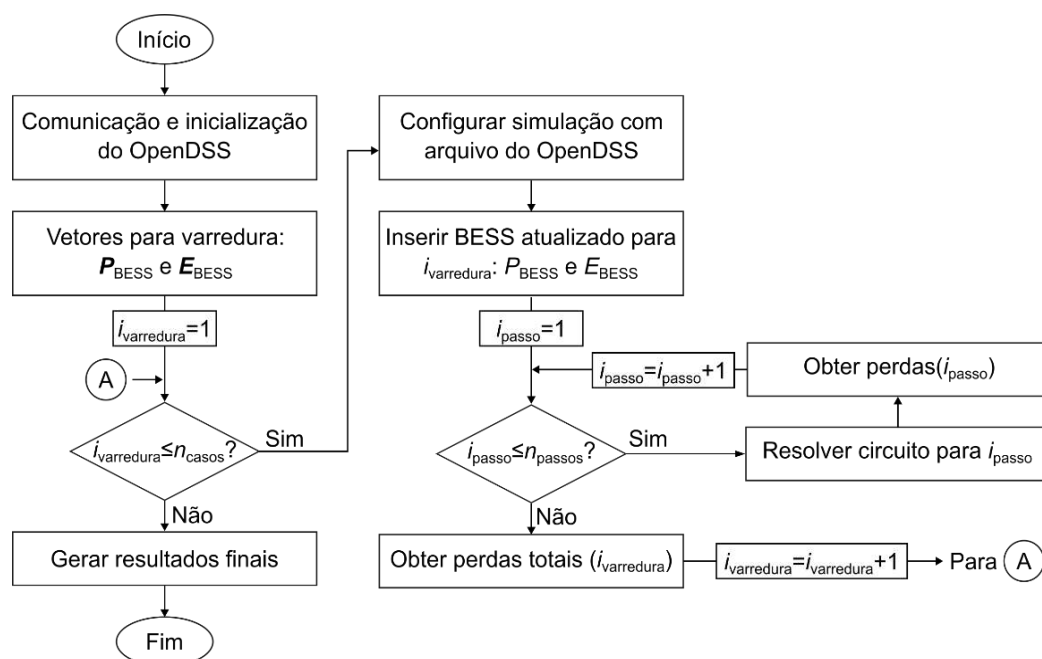


Figura 1: Fluxograma do script desenvolvido no MATLAB.

Inicialmente, realiza-se a comunicação do MATLAB com o OpenDSS. Nessa etapa, o OpenDSS é iniciado e identificadores são fornecidos para possibilitar a troca de informações entre os softwares. Em seguida, definem-se os vetores com os valores para a realização da varredura da potência ativa (P_{BESS}) e da capacidade do BESS (E_{BESS}). De acordo com os vetores, determina-se a quantidade casos de simulação, n_{casos} .



Para cada instância da varredura, $i_{\text{varredura}}$, realiza-se o seguinte, na ordem apresentada:

i) o arquivo base do OpenDSS com o modelo do sistema elétrico é configurado conforme os requisitos de interesse; ii) o BESS é inserido no circuito com os valores P_{BESS} e E_{BESS} correspondentes à varredura atual; iii) o circuito é solucionado para cada passo de simulação (i_{passo}) e as perdas ativas são obtidas. Após a solução de todos os passos (n_{passos}), as perdas ativas totais para a varredura atual são calculadas a partir da Eq. (1). Na sequência, o próximo caso é carregado e as etapas descritas são repetidas.

$$\text{Perdas totais}(i_{\text{varredura}}) = \sum_{i_{\text{passo}}=1}^{n_{\text{passos}}} \text{perdas}(i_{\text{passo}}) \quad (1)$$

Após todas as instâncias da varredura terem sido executadas, os resultados finais são gerados e o procedimento é finalizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo proposto, utiliza-se o sistema de 13 barras do IEEE (SONI; MOHAPATRA; SINGH, 2025). A curva de carga diária padrão do OpenDSS (*daily=default*) é aplicada em cada carga do modelo e um BESS é inserido na barra trifásica 671. Demais informações, como a curva de eficiência do inversor e a curva de despacho do BESS, estão definidas nos arquivos utilizados e disponibilizados em: https://github.com/johnjasaldanha/MATLAB_OPEN_SEPETEC2025.git. Adicionalmente, o script implementado pode ser acessado pelo link.

Definem-se os intervalos de variação de [200, 1500] kW para P_{BESS} , com passo de 10 kW, e de [2.000, 15.000] kWh para E_{BESS} , com passo de 100 kWh. Com base nisso, 17.161 casos serão simulados automaticamente no OpenDSS a partir do script no MATLAB para testar todas as combinações possíveis entre os vetores.

A Figura 2 apresenta as perdas ativas totais em função da variação de P_{BESS} e E_{BESS} . Para os intervalos analisados, as menores perdas registradas foram de 1.766,33 kWh, correspondendo a uma potência ativa de 830 kW e capacidade de 5.200 kWh. Assim, obtêm-se os valores necessários do BESS a partir de dezenas de milhares de simulações automatizadas no MATLAB.

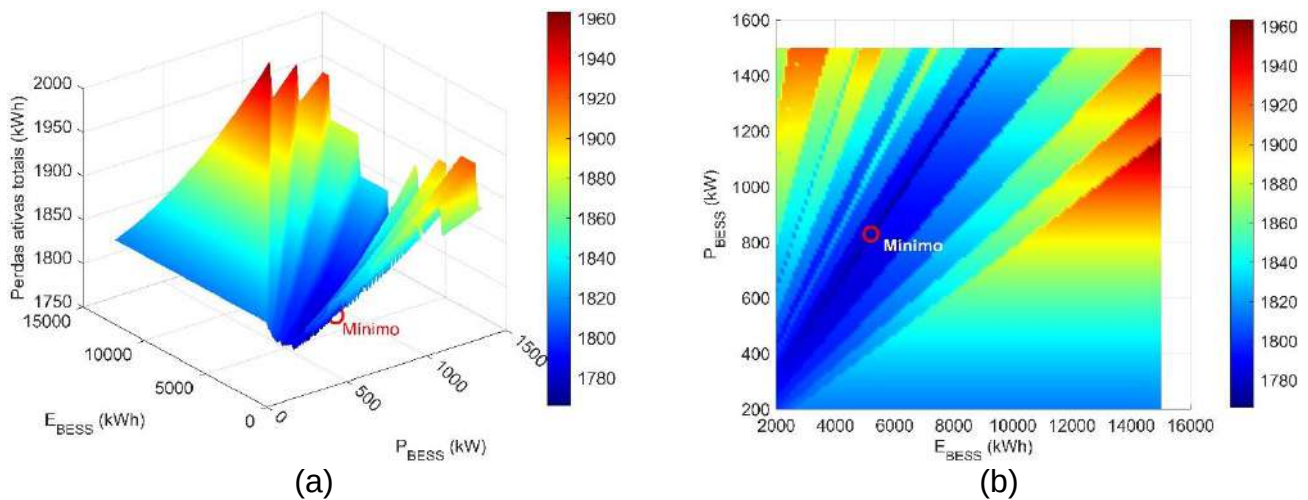


Figura 2: Perdas totais em função da variação de P_{BESS} e E_{BESS} : visualizações (a) 3D e (b) 2D.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida atingiu os objetivos propostos, evidenciando a influência da variação da potência ativa e da capacidade de um BESS nas perdas de energia de um sistema de distribuição. Os resultados foram obtidos de forma eficiente por meio da implementação de um script em MATLAB, responsável pelo controle de simulações no OpenDSS. Todos os arquivos utilizados foram disponibilizados online, de modo a contribuir para o avanço das pesquisas em simulação de sistemas de distribuição envolvendo recursos distribuídos em redes extensas e complexas. Para continuidade dos estudos, sugere-se a ampliação das variáveis controladas (por exemplo, os *taps* de reguladores de tensão) e das grandezas tratadas pelo MATLAB (como as potências fornecidas pelo alimentador).

REFERÊNCIAS

- KAREEM, Ibrahim G. A.; DUA, Gagandeep S.; RIZVI, Syed M. H.; SADANANDAN, Sajan K.; GHAOUD, Tareg. An Open-source Automated Analysis and Real-time Active Network Management Tool (RANMAT) for DER Integrated Distribution Networks. *IEEE Transactions on Industry Applications*, [S.L.], *early access*, p. 1-11, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIA.2025.3601100>.
- SABER, Ahmed Y.; KABIR, Kazi M.; KHANDELWAL, Tanuj. Optimum Resource Sizing and Operation in Virtual Power Plant Framework. *IEEE Electrification Magazine*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 66-74, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/MELE.2025.3534336>.
- SONI, Atul K.; MOHAPATRA, Abheejeet; SINGH, Sri N. Optimal Over-Current Protection Coordination in AC Microgrid via Novel Pickup Scaling Coefficient. *IEEE Transactions on Power Delivery*, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 2118-2130, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2025.3571816>.



DO GIMBAL LOCK ÀS ROTAÇÕES POR QUATÉRNIOS

Luiz Alberto Radavelli¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina – luiz.radavelli@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho analisa diferentes representações de rotações em sistemas tridimensionais, destacando limitações dos ângulos de Euler, como o *gimbal lock*, e a robustez dos quatérnios para interpolação suave e controle preciso de orientação. A metodologia combina revisão matemática e simulações em Matlab, permitindo ilustrar singularidades e comparar desempenho das abordagens.

Palavras-chave: rotações, gimbal lock, quatérnios

1 INTRODUÇÃO

As **rotações** são fundamentais na modelagem de sistemas tridimensionais, sendo cruciais em áreas como robótica [Sciavicco et al. 2009], computação gráfica [Vince 2011] e visão computacional [Kuipers 1999]. Um dos principais desafios é definir uma representação para controlar a **orientação de objetos**, de modo que seja intuitiva para o planejamento de trajetórias e, ao mesmo tempo, confiável para o controle preciso de movimentos.

Entre as representações mais utilizadas estão a rotação ângulo-eixo, os *ângulos de Euler* e os quatérnios. Durante décadas, os ângulos de Euler foram preferidos pela sua interpretação direta e intuitiva. Contudo, na missão Apollo 11 (1969) um incidente evidenciou a vulnerabilidade de tal representação, quando os astronautas enfrentaram o risco de perder a navegação inercial devido ao *gimbal lock* [Hoag 1963].

O *gimbal lock* ocorre sempre que, na composição de rotações, dois eixos tornam-se paralelos (Figura 1a), compromete a capacidade de controle da orientação, introduzindo ambiguidades. Outro problema das representações matriciais é que elas estão sujeitas a inconsistências numéricas relacionadas à precisão e normalização, especialmente quando envolvem interpolações sucessivas.

Por outro lado, os quatérnios constituem uma extensão dos números complexos no espaço tridimensional, elementos da forma $q = t + xi + yj + zk$ com $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$ as unidades imaginárias, introduzidos por Hamilton em 1843, oferecem uma solução robusta: eles interpolam suavemente entre duas orientações, permitindo transições estáveis e sem degradação numérica, além de contornarem o risco de perda de graus de liberdade.



2 METODOLOGIA

A metodologia proposta desenvolve-se em duas etapas principais: uma revisão matemática e uma análise computacional. Na primeira, foram examinadas as representações de rotação mais utilizadas — matrizes de rotação, números complexos (para 2D) e quatérnios (para 3D) — considerando suas propriedades e restrições. Na segunda, implementações no Matlab foram desenvolvidas para simular rotações sucessivas e interpolações, com atenção especial a singularidades, como o gimbal lock. A análise comparativa, realizada tanto em nível teórico quanto experimental, envolveu a dedução das expressões responsáveis por essas singularidades e sua ilustração por meio de exemplos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No espaço tridimensional, as rotações são descritas pelo grupo $SO(3)$, constituído por matrizes ortogonais 3×3 de determinante 1. Uma forma clássica de representá-las é por meio dos **ângulos de Euler**: uma sequência de três rotações elementares sucessivas R_1 , R_2 e R_3 de magnitude (ângulos) ϕ (roll), θ (pitch) e ψ (yaw), em torno de eixos X , Y e Z , respectivamente:

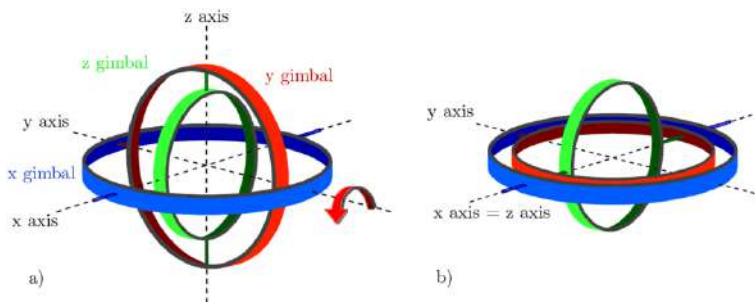
$$R_1(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, R_2(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, R_3(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

As rotações ocorrem de tal modo que dois eixos consecutivos não se repitam. Assim, o mapeamento $R(\phi, \theta, \psi) : \mathbb{R}^3 \rightarrow SO(3)$ define a matriz dos ângulos de Euler e é dada pela composição $R = R_{e_1}(\phi)R_{e_2}(\theta)R_{e_3}(\psi)$ com $\{e_1, e_2, e_3\}$ sendo uma das 12 possibilidades possíveis: $\{(1, 2, 1), (1, 2, 3), (1, 3, 1), (1, 3, 2), (2, 1, 2), (2, 1, 3), (2, 3, 1), (2, 3, 2), (3, 1, 2), (3, 1, 3), (3, 2, 1), (3, 2, 3)\}$.

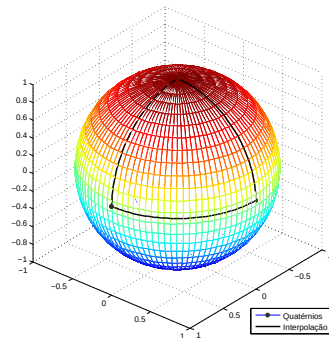
De outro lado temos os quatérnios que formam um corpo não comutativo, simbolizado por $\mathbb{H}$. Um quatérnio é um elemento abstrato da forma $q = t + \mathbf{u}$ onde $t = \text{Re}(q)$ (parte real) e $\mathbf{u}$ (parte imaginária) e que tem seu conjugado dado por $q^* = t - \mathbf{u}$. Um quatérnio unitário pode ser escrito como $q = \cos(\theta/2) + \mathbf{s} \sin(\theta/2)$, onde $\mathbf{s}$ é um vetor unitário que define o eixo e θ é o ângulo de rotação. O conjunto dos quatérnios unitários, denotado S^3 (uma hipersfera em $\mathbb{R}^4$), é o responsável por executar as rotações em $\mathbb{R}^3$. A rotação de um vetor puramente imaginário $\mathbf{v} \in \mathbb{R}^3$ é realizada pela operação de conjugação $\mathbf{v}' = q\mathbf{v}q^*$. Essa representação é compacta e evita o problema das singularidades (gimbal lock). A multiplicação entre quatérnios



é a operação fundamental desta representação, e é definida em termos dos produtos interno $(\cdot)$ e externo $(\times)$ de $\mathbb{R}^3$: $q_1 q_2 = t_1 t_2 - \mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_2 + t_1 \mathbf{u}_2 + t_2 \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_1 \times \mathbf{u}_2$.



(a) Gimbal: rotações em torno dos eixos X,Y,Z.
Fenômeno do gimbal lock à direita.



(b) Interpolação de quatérnios.

4 RESULTADOS

Vamos considerar o caso do ângulo em torno do eixo intermediário igual a $\theta = 90^\circ$. A sequência $R = R_3(\psi)R_2(\theta)R_1(\phi)$ resulta em

$$R_2(90^\circ) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow R = R_3(\psi)R_2(\theta)R_1(\phi) = \begin{pmatrix} \cos(\psi + \phi) & 0 & \sin(\psi + \phi) \\ \sin(\psi + \phi) & 0 & -\cos(\psi + \phi) \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

O sistema de coordenadas perde a capacidade de rotacionar entre os eixos X e Z .

Por outro lado a composição de quatérnios $q = q_3(\psi)q_2(\theta)q_1(\phi)$ é livre de singularidades e mantém três graus de liberdade para todas as configurações. Note que para q_1, q_2 e q_3 temos $s = (1, 0, 0)$, $s = (0, 1, 0)$ e $s = (0, 0, 1)$, respectivamente. Neste caso, a composição resulta

Uma das principais vantagens dos quatérnios reside na interpolação. A interpolação esférica linear (Slerp), crucial para a animação e robótica, garante que o caminho entre q_1 e q_2 permaneça na S^3 [Duarte 2014]

$$q_{Slerp}(q_1, q_2) = \frac{\sin[(1-t)\phi]}{\sin(\phi)} q_1 + \frac{\sin(t\phi)}{\sin(\phi)} q_2$$

onde ϕ é o menor ângulo entre q_1 e q_2 , e $t \in [0, 1]$ é o parâmetro de interpolação. Esta fórmula garante uma transição suave, evitando os “saltos” ou o travamento de eixos que caracterizam as singularidades nas representações matriciais angulares. Ao aplicar a mesma sequência de rotações, os quatérnios mantêm um ponto bem definido na hipersfera S^3 (ver Figura 1b).



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fenômeno do *Gimbal Lock* é uma limitação intrínseca das rotações baseadas em sequências de eixos fixos, como os ângulos de Euler. Quando dois eixos tornam-se colineares, ocorre o alinhamento indesejado que provoca a perda de um grau de liberdade, comprometendo o controle da orientação e a estabilidade numérica dos sistemas envolvidos.

Os quatérnios, por sua vez, oferecem uma alternativa matematicamente consistente e computacionalmente estável. Sua formulação permite representar rotações de forma contínua, sem a necessidade de composições sequenciais, eliminando a possibilidade de alinhamento de eixos e, conseqüentemente, o *Gimbal Lock*. Também, os quatérnios generalizam o modelo bidimensional dos números complexos, no qual uma rotação é descrita por $v' = e^{i\theta}v$, com $v \in \mathbb{R}^2$. A mesma fórmula Slerp (*Spherical Linear Interpolation*) utilizada para interpolar complexos no círculo unitário estende-se naturalmente ao espaço tridimensional.

Os resultados discutidos confirmam a superioridade dos quatérnios como ferramenta fundamental na modelagem e no controle de rotações em sistemas que exigem robustez e precisão, como o planejamento de trajetórias, a cinemática robótica e a computação gráfica. Além de eliminar singularidades, sua estrutura algébrica permite interpolações suaves e consistentes, garantindo movimentos naturais e contínuos. Cabe salientar, contudo, que combinações lineares arbitrárias de quatérnios unitários não preservam a unidade, exigindo normalização para manter a coerência da rotação.

REFERÊNCIAS

- [Duarte 2014]DUARTE, M. V. *Dos Complexos aos Quatérnios*. Monografia (Monografia (Graduação em Matemática)), Florianópolis, 2014.
- [Hoag 1963]HOAG, D. *Considerations of Apollo IMU Gimbal Lock*. Cambridge, MA, 1963. Documento técnico sobre limitações do sistema inercial Apollo. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/history/alsj/e-1344.htm>>.
- [Kuipers 1999]KUIPERS, J. B. *Quaternions and Rotation Sequences: A Primer with Applications to Orbits, Aerospace, and Virtual Reality*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1999. ISBN 978-0691102986.
- [Sciavicco et al. 2009]SCIAVICCO, L. et al. *Robotics: Modelling, planning and control*. London: Springer-Verlag, 2009. ISBN 978-1-84628-641-4.
- [Vince 2011]VINCE, J. *Rotation transforms for computer graphics*. London: Springer, 2011. ISBN 978-0-85729-153-0.



Fresamento no Hardox® 450 Utilizando Diferentes Sistemas de Lubrificação

Tiago Rosa da Silva; Jardel Jacobi; Giovani Conrado Carlini
tiago1998rosa@gmail.com; jardeljacobi@gmail.com; giovani.carlini@ifsc.edu.br

RESUMO: Este trabalho investigou o fresamento do aço Hardox® 450 com foco exclusivo no desgaste das ferramentas de corte, analisando diferentes estratégias de lubrificação. Foram testados três métodos (a seco, fluido sintético e tubo de vórtice), dois avanços por dente (0,12 e 0,18 mm/dente) e duas velocidades de corte (110 e 160 m/min), em planejamento fatorial completo. A análise de variância (ANOVA) demonstrou que tanto a velocidade de corte quanto o método de lubrificação foram fatores estatisticamente significativos para o desgaste VBmax. A condição a seco apresentou o menor desgaste (0,155 mm), seguida pelo tubo de vórtice (0,208 mm), enquanto o fluido sintético resultou no maior desgaste (0,245 mm). O aumento da velocidade de corte de 110 para 160 m/min reduziu em aproximadamente 22% o desgaste de flanco máximo. Os resultados indicam que, no fresamento do Hardox® 450, a escolha da estratégia de lubrificação pode determinar a durabilidade da ferramenta, sendo a usinagem a seco a condição mais favorável entre as avaliadas.

Palavras-chave: Fresamento, Hardox® 450, Desgaste de ferramenta.

Instituição de fomento: IFSC.

1 INTRODUÇÃO

O fresamento de aços de alta dureza exige soluções capazes de prolongar a vida útil das ferramentas, reduzindo falhas prematuras associadas ao desgaste. O aço Hardox® 450, amplamente empregado nos setores agrícola, de mineração e transporte, apresenta dureza nominal de 450 HB, o que eleva as tensões mecânicas e térmicas durante a usinagem.

Nesse cenário, o desgaste da ferramenta representa um dos principais desafios. O controle desse fenômeno pode ser influenciado por parâmetros de corte e, especialmente, pela escolha da estratégia de lubrificação. Métodos tradicionais com fluidos sintéticos promovem refrigeração eficiente, mas podem induzir choques térmicos que aceleram a falha da ferramenta. Já a usinagem a seco, embora ambientalmente favorável, tende a gerar maior carga térmica, enquanto o tubo de vórtice surge como alternativa intermediária ao fornecer ar frio pressurizado.

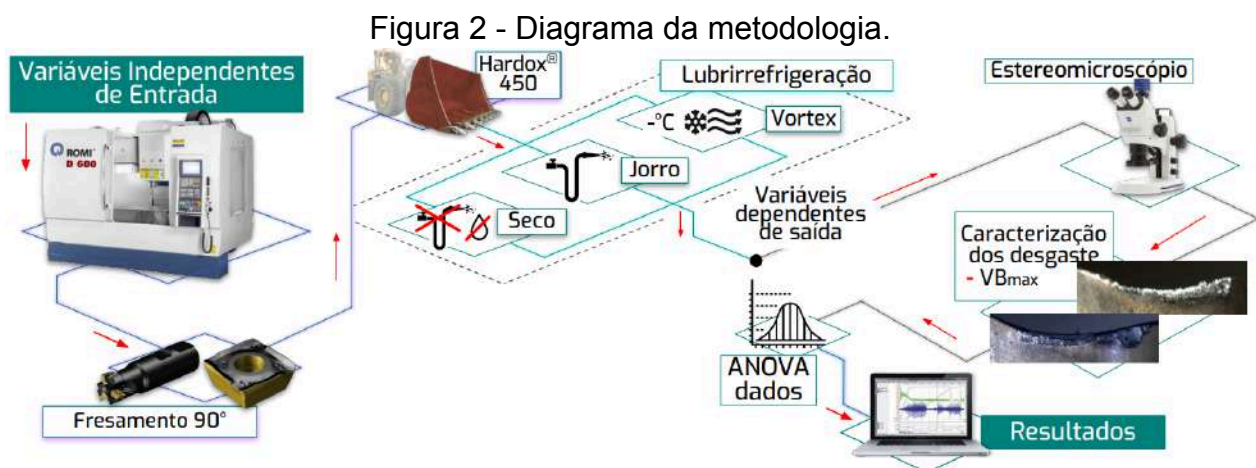


O presente trabalho buscou avaliar o efeito desses três sistemas de lubrificação, combinados a diferentes velocidades de corte e avanços por dente, sobre o desgaste de ferramentas no fresamento do Hardox® 450.

2 METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em corpos de prova de Hardox® 450 (185 × 85 × 50 mm), utilizando fresas Sandvik 490R-08T312M-PM 4220 com revestimento CVD. O centro de usinagem empregado foi um ROMI D600.

O planejamento experimental adotou fatorial completo: três condições de lubrificação (a seco, fluido sintético e tubo de vórtice), duas velocidades de corte (110 e 160 m/min) e dois avanços por dente (0,12 e 0,18 mm/dente).



Fonte: Autores (2025).

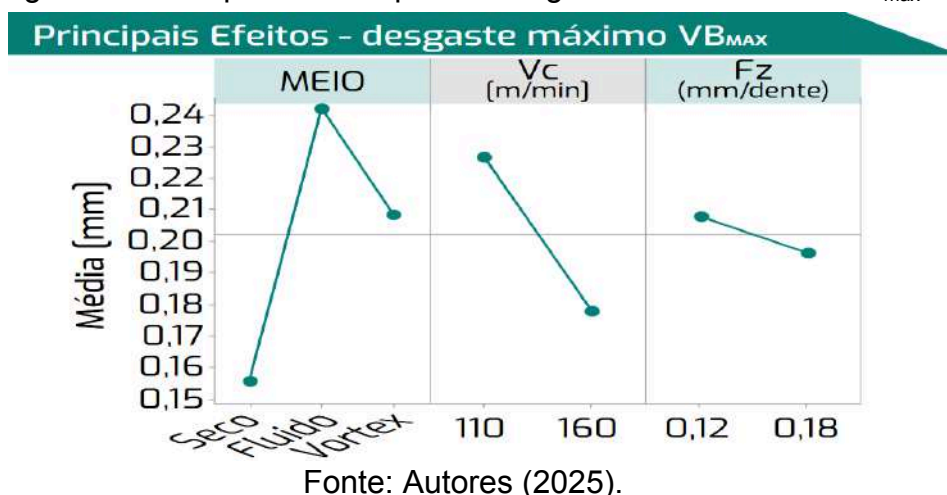
O desgaste de flanco (VBmax) foi avaliado conforme ISO 3685 (1993), utilizando estereomicroscópio óptico Stemi 2000-c e software AxioCam ERc 5S. Para análise estatística dos resultados, aplicou-se ANOVA com nível de significância de 5%, utilizando o software Minitab®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ANOVA indicou que a velocidade de corte e o tipo de lubrificação foram estatisticamente significativos no desgaste das ferramentas.



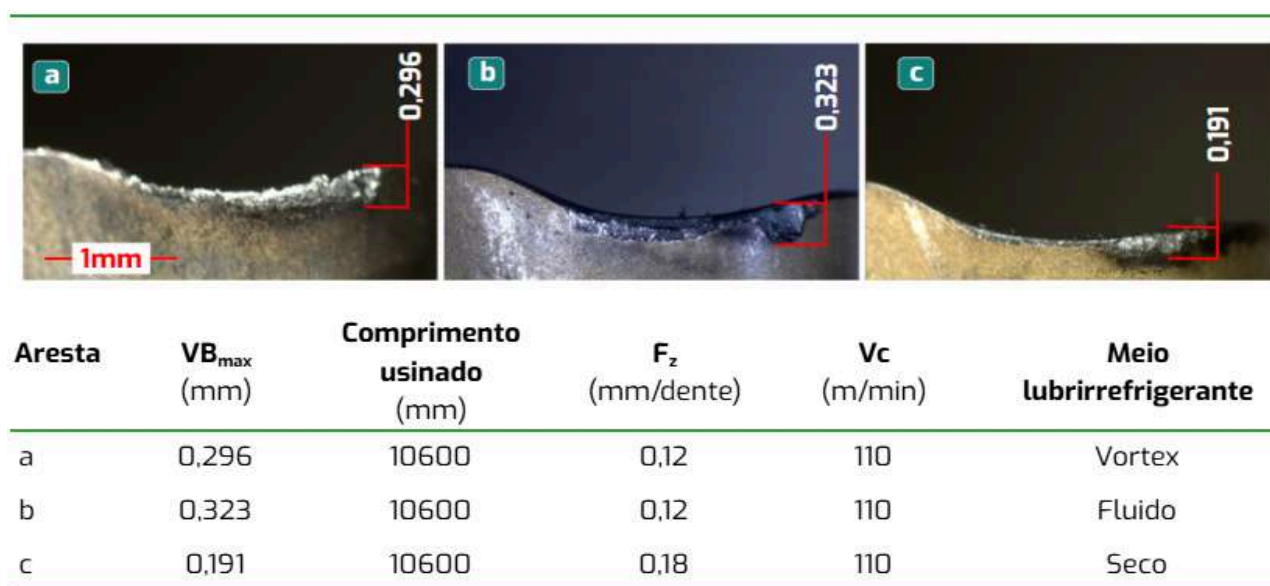
Figura 3 - Principais efeitos para o desgaste da ferramenta VB_{max} .



Influência da lubrificação: A condição a seco apresentou o menor desgaste (0,155 mm), seguida pelo tubo de vórtice (0,208 mm), enquanto o fluido sintético ocasionou o maior desgaste (0,245 mm). O desempenho inferior do fluido pode estar associado a choques térmicos intermitentes e dificuldade na evacuação dos cavacos.

Influência da velocidade de corte: O aumento de 110 para 160 m/min reduziu o desgaste em aproximadamente 22%. Esse resultado está alinhado a estudos que demonstram que maiores velocidades podem melhorar a evacuação do cavaco e reduzir a formação de aresta postiça de corte.

Figura 1 - Caracterização do maior VB_{max} em cada condição de lubrificação



Fonte: Autores (2025).



Influência do avanço por dente: O avanço não se mostrou estatisticamente significativo para VBmax, mas apresentou tendência de menor desgaste em 0,18 mm/dente, possivelmente pela redução do tempo de contato cavaco-ferramenta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desgaste de flanco máximo (VBmax) foi significativamente influenciado pela velocidade de corte e pelo método de lubrificação.

A usinagem a seco apresentou os menores valores de desgaste, sendo a condição mais favorável entre as testadas.

O tubo de vórtice apresentou desempenho intermediário, demonstrando potencial como alternativa sustentável ao uso de fluidos.

O fluido sintético resultou nos maiores desgastes, evidenciando limitações quando aplicado ao fresamento do Hardox® 450.

O aumento da velocidade de corte reduziu o desgaste em até 22%, indicando que, em determinadas condições, maiores velocidades podem contribuir para prolongar a vida da ferramenta.



REFERÊNCIAS

BERTOLLI, V. R. et al. Estudo do desgaste de fresas sob diferentes condições de usinagem. *Máquinas e Metais*, São Paulo, 2023.

KLOCKE, F. et al. Characterization of Tool Wear in High-Speed Milling of Hardened Powder Metallurgical Steels. *Advances in Tribology*, v. 2011, p. 1–13, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2011/154350>. Acesso em: 22 set. 2025.

MAC, T.-B.; LUYEN, T.-T.; NGUYEN, D.-T. The Impact of High-Speed and Thermal-Assisted Machining on Tool Wear and Surface Roughness during Milling of SKD11 Steel. *Metals*, v. 13, n. 5, 971, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/met13050971>..

PASSARI, É. S. Investigação do fresamento frontal do aço Hardox® 450 sob diferentes condições lubrificantes. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SANDVIK Coromant. Conhecimento sobre usinagem – guia técnico. Sandvik, 2025. Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com>.



PROJETO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO PARA ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO

Cassiano Rodrigues Moura¹; Felipe Davi de Carvalho Tramontini²; Florevani Nunes Pereira³; Giovanni Cesar Luppi Balan⁴

¹IFSC – cassiano.moura@ifsc.edu.br; ²IFSC - felipedtramontini@gmail.com; ³IFSC - florevani76nunes@gmail.com; ⁴IFSC - giovannicesarluppibalan9191@gmail.com

RESUMO: Este trabalho apresenta o projeto detalhado de um dispositivo para medição de ângulos de inclinação e conicidades, desenvolvido com base na metodologia do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). O objetivo é oferecer uma solução de baixo custo e alta precisão, alternativa às máquinas de medição por coordenadas (CMM), que apresentam elevado custo e complexidade operacional. O dispositivo combina prisma articulado, blocos-padrão e relógio comparador, permitindo medições confiáveis e repetitivas de peças cônicas. O projeto detalhado inclui definição de componentes, funções, materiais e descrição funcional, evidenciando simplicidade construtiva, modularidade e adaptabilidade. Os resultados indicam que o equipamento é aplicável em ambientes industriais e acadêmicos, fornecendo medições precisas de ângulos e conicidades com baixo custo de implementação. Como perspectivas futuras, destaca-se a construção do protótipo físico e a realização de testes práticos para validação metrológica e ajustes finos, garantindo maior confiabilidade e robustez do dispositivo.

Palavras-chave: medição de ângulos; metrologia; projeto detalhado.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria metalmeccânica, a qualidade dimensional é fator crítico para a confiabilidade, funcionalidade e competitividade dos produtos fabricados. Parâmetros como os ângulos de inclinação e conicidades aparecem frequentemente em componentes de precisão, e erros nessas medições podem resultar em rejeições, desgaste precoce ou mau desempenho funcional. Estudos recentes demonstram que o tipo de instrumento utilizado exerce influência significativa nos resultados obtidos, mostrando que métodos mais simples podem comprometer a confiabilidade da medição. Na usinagem, por exemplo, verificou-se que diferentes ângulos de ferramentas de corte afetam diretamente o acabamento superficial e a eficiência do processo, reforçando a importância do controle preciso desses parâmetros (SANTOS *et al.*, 2013).

Uma revisão sobre tecnologias de medição de ângulos evidencia que, embora métodos ópticos e interferométricos apresentem alta precisão, eles demandam custos elevados e infraestrutura sofisticada, o que dificulta sua aplicação em empresas de pequeno e médio porte (WANG *et al.*, 2024). Complementarmente, pesquisas no setor metalúrgico brasileiro mostram que muitas indústrias ainda encontram barreiras para adoção de práticas mais avançadas de controle de qualidade, seja por limitações financeiras, seja por falta de capacitação tecnológica (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2021; MOREIRA; VIDOR, 2024).



Diante desse cenário, é necessário desenvolver alternativas que aliem precisão metrológica e viabilidade econômica, permitindo que empresas menores tenham acesso a instrumentos confiáveis sem depender exclusivamente de CMMs. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto detalhado de um dispositivo para medição de ângulos de inclinação e conicidades, concebido com foco em simplicidade construtiva, baixo custo e confiabilidade.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se na abordagem do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), com foco na etapa de projeto detalhado. As fases iniciais do PDP, como concepção, geração e seleção de alternativas já foram apresentadas em pesquisas anteriores, especificamente no estudo de Moura *et al.* (2024), e, portanto, não serão discutidas neste trabalho.

O trabalho trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com enfoque tecnológico. O caráter do trabalho é descritivo e propositivo, apresentando o dispositivo em estágio de detalhamento construtivo. O desenvolvimento do projeto detalhado incluiu as seguintes etapas: projeto detalhado – elaboração do modelo técnico do dispositivo, com representação em software CAD 3D, detalhamento de vistas, definição dos componentes e suas funções; funcionamento e aplicação – com a apresentação do princípio de funcionamento, mostrando como o prisma articulado, em conjunto com blocos-padrão, permite realizar medições confiáveis e repetitivas.

Dessa forma, a metodologia adota um enfoque prático e incremental dentro do PDP, documentando detalhadamente a solução final do produto e agregando contribuição inédita ao apresentar o projeto detalhado do dispositivo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a montagem do produto final, desenvolvida no software *SolidWorks*. Nesta podem ser observados os principais componentes do dispositivo: base principal, articulação, prisma e base magnética (ver fig.1-a). Detalhes adicionais estão disponíveis na Figura 1(b), que apresenta a vista lateral, e na Figura 1(c), que mostra a vista frontal, permitindo uma análise completa da geometria e da disposição dos componentes.

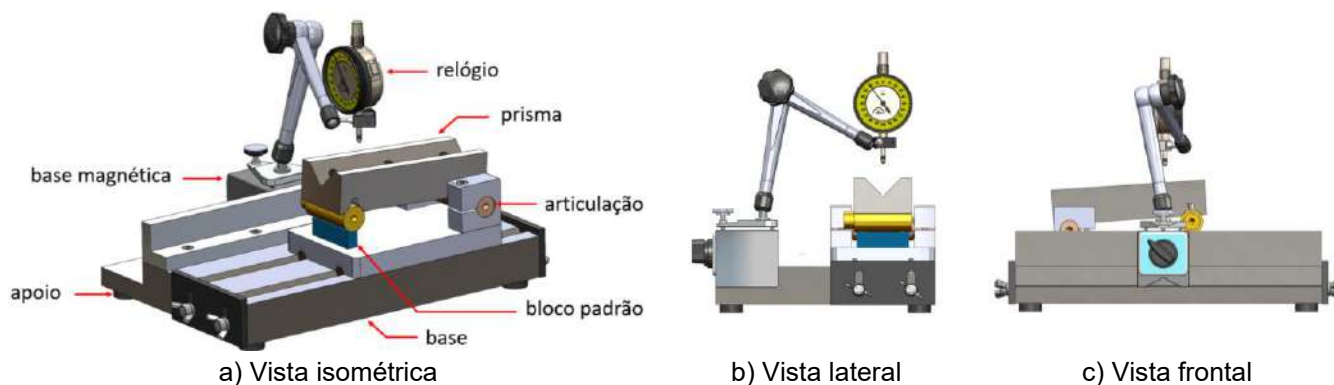


Figura 1: Vistas lateral, frontal e superior do dispositivo projetado.

O dispositivo projetado possui uma base principal com pés niveladores, garantindo estabilidade, e uma régua de seno prismática para posicionamento das peças a serem medidas. A inclinação é ajustada com blocos-padrão e a medição realizada com relógio comparador ou apalpador, permitindo leituras precisas, repetitivas e confiáveis. O equipamento conta ainda com uma superfície retificada e base magnética, evidenciando simplicidade construtiva, modularidade e adaptabilidade, possibilitando ajustes e manutenção para diferentes tipos de peças.

O dispositivo permite a medição de peças cônicas, como o cone Morse, mostrado em operação na Figura 3(a), enquanto a Figura 3(b) apresenta o desenho técnico da peça. O uso de componentes padronizados assegura precisão e confiabilidade, alinhando-se aos princípios da metrologia descritos por Silva Neto (2012).



Figura 2: Dispositivo em operação realizando a medição de um cone Morse.

Para medir a peça, determina-se o número de blocos-padrão necessários para inclinar o dispositivo, mantendo a peça horizontal, e realiza-se a leitura do relógio comparador, obtendo o ângulo ou conicidade de forma precisa e repetitiva. O método garante medições confiáveis e reproduzíveis, aplicáveis em ambientes acadêmicos e industriais. A modularidade e o uso de componentes padronizados permitem ajustes rápidos para diferentes tipos de peças cônicas, oferecendo alternativa de baixo custo frente às máquinas tridimensionais de medição (CMM).



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o projeto detalhado de um dispositivo para medição de ângulos de inclinação e conicidades, baseado no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), com foco na etapa de projeto detalhado. As fases iniciais do PDP foram abordadas em trabalhos anteriores. O dispositivo combina prisma articulado, blocos-padrão e relógio comparador, permitindo medições precisas e repetitivas de peças cônicas a um custo reduzido em comparação às máquinas de medição por coordenadas (CMM). O projeto evidencia simplicidade construtiva, modularidade e adaptabilidade, tornando o equipamento aplicável tanto em ambientes industriais quanto acadêmicos.

Como perspectiva futura, recomenda-se a construção do protótipo físico e a realização de testes práticos para validação metrológica e avaliação da precisão e repetibilidade do dispositivo. Portanto, o trabalho contribui para o desenvolvimento de instrumentos de medição acessíveis e confiáveis, fortalecendo a integração entre pesquisa, desenvolvimento tecnológico e aplicação prática em metrologia.

REFERÊNCIAS

- MOREIRA, Luis Fernando; VIDOR, Gabriel. Assessing the readiness for Industry 4.0 of metalworking companies: evidence in the south of brazil. *International Journal Of Technological Learning, Innovation And Development*, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 384-424, 2024. Inderscience Publishers.
<http://dx.doi.org/10.1504/ijtlid.2024.140317>
- MOURA, C. R.; TRAMONTINI, F. D. C.; PEREIRA, F. N.; WARMLING, D. M. F. Projeto conceitual de um dispositivo para medição de ângulos de inclinação. In: SEPETEC - Seminário de Ensino de Pesquisa e Extensão, 2024, Jaraguá do Sul. *Anais do Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão – SEPETEC*, IFSC, 2024.
- OLIVEIRA JUNIOR, Gilberto Cassoli de; PINTO, Jefferson de Souza; RAMPASSO, Izabela Simon; LEAL FILHO, Walter; SERAFIM, Milena Pavan; ANHOLON, Rosley. Insertion of Sustainable Practices in Small and Medium-Sized Companies: analysis of the main barriers in the brazilian metalworking sector. *Sustainability*, [S.L.], v. 13, n. 20, p. 11488, 18 out. 2021. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/su132011488>.
- SANTOS, A. T.; ALVARENGA, S. D.; AUATT, S. S. M.; VALE, M. S.; SOUZA, F. P.; OLIVEIRA, O. R. Análise da influência dos ângulos de uma ferramenta de corte no torneamento do aço inoxidável AISI 410. *Exatas & Engenharias*, Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 1, p. 55-68, 2013.
- SILVA NETO, João Cirilo da. *Metrologia e controle dimensional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. ISBN 978-85-352-5579-9.
- WANG, Shengtong; MA, Rui; CAO, Feifan; LUO, Linbin; LI, Xinghui. A Review: high-precision angle measurement technologies. *Sensors*, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1755, 8 mar. 2024. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/s24061755>.



SISTEMA PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES EM MÁQUINAS ROTATIVAS SUBMETIDAS A DESALINHAMENTOS E DESBALANCEAMENTOS

Gil Magno Portal Chagas¹; Nicolas Silva Duarte²

^{1,2}IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - gilchagas@ifsc.edu.br - nicolas.sd2001@aluno.ifsc.edu.br

RESUMO: O monitoramento de vibrações é uma técnica fundamental na manutenção preditiva industrial, permitindo o diagnóstico precoce de falhas em equipamentos. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada didática de baixo custo para o estudo e análise de vibrações em sistemas rotativos. A metodologia abrangeu o projeto da máquina em ambiente CAD, a construção do protótipo e a implementação de um sistema de aquisição de dados baseado na plataforma Arduino e acelerômetro do tipo MEMS. Os dados coletados foram processados com a utilização de um código em MATLAB, onde foram analisados nos domínios do tempo e da frequência. A aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) foi realizada para decompor os sinais de vibração e gerar seus espectros de frequência. Os resultados mostraram a capacidade do sistema identificar as características vibracionais da máquina, demonstrando a viabilidade de utilizar ferramentas acessíveis para a aplicação de conceitos de engenharia de manutenção.

Palavras-chave: VIBRAÇÕES, ACELERÔMETROS MEMS, ANÁLISE MODAL.

Instituição de fomento: IFSC.

1 INTRODUÇÃO

Máquinas rotativas, como motores, bombas e compressores, são componentes essenciais na vasta maioria dos processos industriais (Wang et al., 2023). Contudo, durante sua operação, estes equipamentos estão frequentemente sujeitos a falhas como desalinhamento de eixos, desbalanceamento de componentes e desgaste natural, que geram vibrações excessivas e podem comprometer drasticamente a durabilidade, a confiabilidade e a segurança operacional. Diante desse cenário, o monitoramento contínuo e o diagnóstico precoce de falhas tornam-se cruciais para a manutenção da eficiência produtiva.

Uma das técnicas mais eficazes para a manutenção preditiva é a análise de vibrações, que permite avaliar o estado de funcionamento da máquina e identificar a necessidade de intervenção antes que ocorram falhas catastróficas. Estudos como o de Chu et al. (2024) demonstram a eficiência do método para diagnosticar com precisão problemas como desbalanceamento, desalinhamento e as condições de rolamentos, transformando os sinais de vibração do domínio do tempo para o domínio da frequência, por meio da Transformada Rápida de Fourier (FFT). Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma bancada didática de baixo custo, para simular defeitos e realizar o diagnóstico por meio da análise de vibrações, com a utilização de acelerômetros microeletromecânicos (MEMS).



2 METODOLOGIA

O projeto iniciou com a concepção e modelagem 3D de uma máquina giratória modular em software CAD, projetada para permitir desalinhamento, desbalanceamento e a fixação de sensores, bem como a variação da rotação do motor (Figura 1). Em seguida, a máquina foi construída através de usinagem e montagem dos seus componentes.

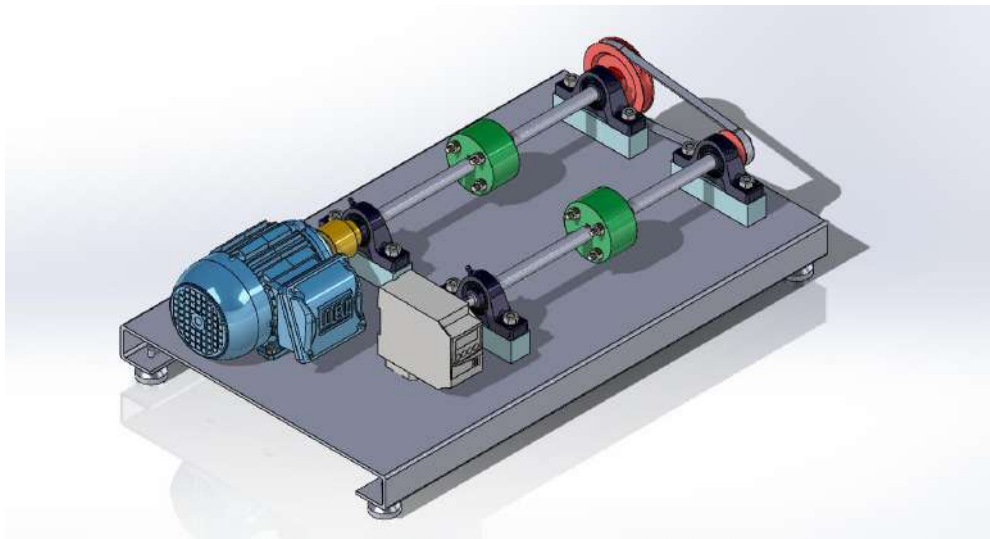


Figura 1: Projeto da Máquina Giratória.

Para a coleta de dados, foi implementado um sistema de aquisição com Arduino e utilização de acelerômetro do tipo MEM ADXL335. A análise dos dados de vibração foi realizada no MATLAB, onde um código foi desenvolvido para importar os dados, gerar gráficos de aceleração versus tempo e aplicar a Transformada Rápida de Fourier (FFT) para converter os sinais para o domínio da frequência, permitindo a identificação de falhas. Para a variação da rotação do motor WEG W22 0,25 Cv IV pólos foi utilizado um inversor de frequência WEG CFW300.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A máquina giratória se provou funcional e didática, apresentando facilidade de manuseio, opção de desbalanceamento e desalinhamento, a critério do operador, possibilitando a análise de diversas vibrações em diferentes parâmetros, com velocidade de rotação controlada através do inversor de frequência.



A placa de dados Arduino MEGA 2560 juntamente com o acelerômetro MEMS ADXL335 foi capaz de executar, em Arduino Cloud, uma coleta de dados de 200 amostras por segundo, garantindo uma resolução temporal adequada para a análise das frequências de interesse. Com um comando dentro do programa, é possível obter em texto uma tabela com os dados coletados.

No software MATLAB, a análise foi feita definindo a frequência no inversor em 60hz (equivalente a 1740 rotações por minuto), os dados obtidos em uma variável "A" dentro do código, permitiu gerar os gráficos solicitados de vibração no domínio do tempo e no domínio da frequência (Figura 2 e 3). Os dados apresentados foram coletados com o acelerômetro fixo no motor, sem desbalanceamento provocado na bancada.

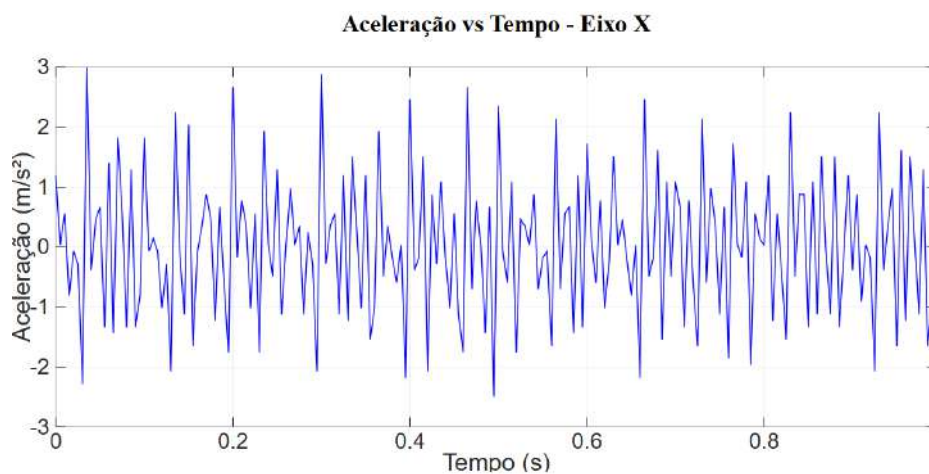


Figura 2: Gráfico de vibração no domínio do tempo a 1740 rpm.

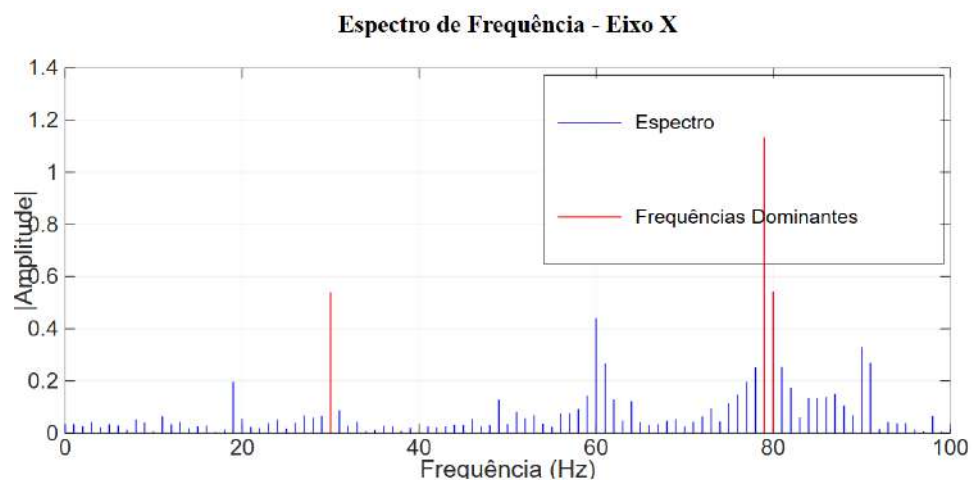


Figura 3: Gráfico de vibração no domínio da frequência a 1740 rpm.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho atingiu com sucesso o objetivo de desenvolver uma bancada experimental de baixo custo para o estudo de vibrações. Apesar de desafios, o projeto foi validado através da integração bem-sucedida do projeto em CAD, construção do protótipo, aquisição de dados via Arduino e análise de frequência com a Transformada Rápida de Fourier (FFT) em MATLAB.

A utilização de acelerômetro do tipo MEMS proporciona um baixo custo com eficiência para a aplicação na aquisição de dados de vibração, conforme relatado por Veranis et al. (2018), e confirmado neste trabalho.

A experiência foi fundamental para a formação profissional dos envolvidos, desenvolvendo competências em solução de problemas e na aplicação prática de conceitos teóricos de engenharia. O projeto contribui como um modelo didático e prático para o estudo da manutenção preditiva, demonstrando que é possível realizar análises complexas com ferramentas acessíveis.

Como projeção, a bancada serve de base para trabalhos de análise de vibrações em componentes mecânicos e manutenção preditiva. Futuramente, a bancada poderá ser utilizada na implementação de algoritmos de aprendizado de máquina (machine learning) para o diagnóstico automatizado de falhas.

REFERÊNCIAS

CHU, T., NGUYEN, T., YOO, H., WANG, J. A review of vibration analysis and its applications. **Heliyon**, 2024.

FENG, G.; WANG, C. Examining the misalignment of a linear guideway pair on a feed drive system under different ball screw preload levels with a cost-effective MEMS vibration sensing system. **Precision Engineering**, v. 50, p. 467-481, 2017.

VERANIS, M.; SILVA, A.; MERELES, A.; PEDERIVA, R. MEMS accelerometers for mechanical vibration analysis: a comprehensive review with applications. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**. 2018.



DESENVOLVIMENTO DE GABARITO FUNCIONAL PARA INSPEÇÃO DE PEÇAS COM TOLERÂNCIAS GD&T

Charles Lingnau¹; Cassiano Rodrigues Moura²

¹IFSC - clgnau@gmail.com; ²IFSC - cassiano.moura@ifsc.edu.br

RESUMO

Este estudo avalia a aplicação do Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T) aliada a gabaritos funcionais para inspeção de peças com geometria complexa. O trabalho é baseado em um estudo de caso de um gatilho de acionamento, cujas tolerâncias críticas de perfil e posição apresentavam limitações em medições convencionais. A metodologia incluiu o detalhamento técnico da peça, o projeto e a validação teórica do gabarito funcional, em conformidade com normas internacionais (ASME Y14.5:2018 e ISO 1101:2017). Os resultados demonstraram medições mais rápidas e confiáveis, simulação das condições reais de montagem e redução de peças não conformes, com ganho de 70% na eficiência do processo de usinagem e montagem. Conclui-se que a integração do GD&T com gabaritos funcionais é eficaz para otimizar o controle dimensional, a produtividade e a confiabilidade na manufatura.

Palavras-chave: GD&T; gabarito funcional; inspeção dimensional; eficiência industrial.

1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos produtos industriais tem ampliado a importância do *Geometric Dimensioning and Tolerancing* (GD&T) como uma linguagem fundamental para a engenharia de precisão, assegurando tanto a funcionalidade quanto a intercambialidade de componentes em diferentes contextos produtivos. O GD&T consiste em um sistema de símbolos e regras padronizadas destinado a descrever a geometria nominal dos produtos e estabelecer a variação aceitável de suas características geométricas, atuando como elo de comunicação entre projetistas, fabricantes e metrologistas (PEI; KABIR; BREŁKI; GODEC; NORDIN, 2022).

As tolerâncias lineares tradicionais tornaram-se insuficientes diante das geometrias complexas viabilizadas pelas tecnologias de fabricação contemporâneas. Nesse contexto, o GD&T se destaca como uma solução robusta, permitindo especificar de forma precisa tolerâncias de forma, orientação, posição e perfil. Tal recurso assegura que os componentes se encaixem e desempenhem suas funções conforme projetado, mesmo considerando as variações inerentes aos processos produtivos. Normas internacionais, como a ASME Y14.5:2018 – Dimensioning and Tolerancing (ASME, 2018) e a ISO 1101:2017 – Geometrical Product Specifications (GPS) –



Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out (ISO, 2017), consolidaram-se como referências globais na aplicação do GD&T em projetos e processos de fabricação.

Entretanto, a medição de geometrias complexas associadas a tolerâncias restritas representa um desafio significativo para a metrologia convencional. Instrumentos de uso generalizado, como paquímetros e micrômetros, mostram-se frequentemente ineficazes, resultando em maiores incertezas de inspeção e aumento do índice de não conformidades. Para superar essa limitação, uma alternativa promissora é a utilização de gabaritos funcionais, dispositivos projetados para simular condições reais de montagem e operação da peça. Essa abordagem metrológica possibilita um processo de verificação mais ágil e confiável, especialmente em linhas de produção em que a complexidade geométrica está diretamente associada a recorrentes problemas de qualidade.

Diante desse cenário, o presente estudo apresenta um estudo de caso aplicado a uma peça denominada “gatilho de acionamento”, que se caracteriza por desafios relevantes quanto à repetibilidade de usinagem e à precisão de medição. O objetivo principal é o desenvolvimento de um gabarito funcional para inspeção dessa peça, de modo a contribuir para a confiabilidade do processo de verificação dimensional e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade do produto final.

2 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza descritiva e exploratória, conduzida por meio de um estudo de caso. A abordagem combina métodos qualitativos e quantitativos, contemplando tanto a análise técnica da peça quanto a sua avaliação dimensional.

Inicialmente, apresenta-se a peça em estudo e seu respectivo detalhamento técnico, no qual são evidenciadas as principais características funcionais. Conforme ilustrado no desenho técnico da Figura 1, a peça demandava um método de inspeção capaz de validar tais características de forma precisa e eficiente simultaneamente, requisito que os instrumentos de medição convencionais não atendiam de maneira satisfatória. Na Figura 1(a) é apresentada a vista frontal, enquanto a Figura 1(b) mostra a vista superior da peça.

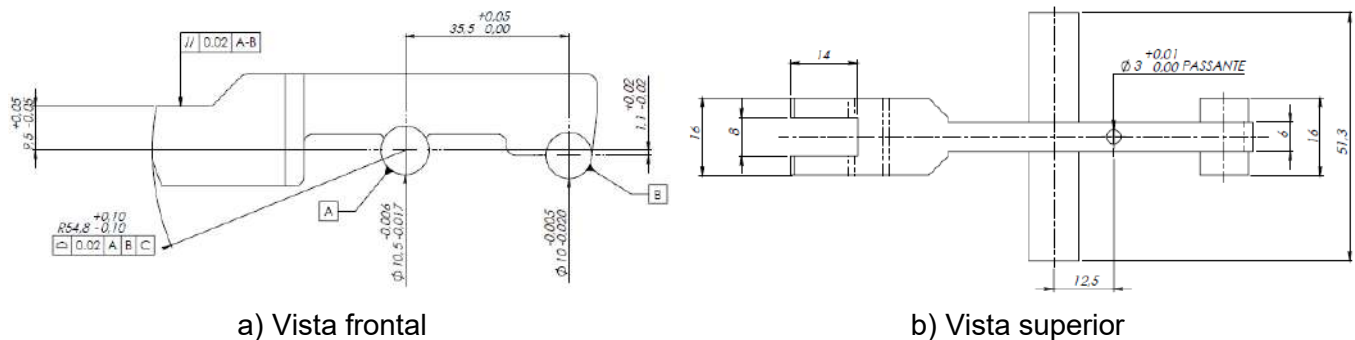


Figura 1: Detalhamento técnico da peça em estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2(a) é apresentado o projeto do gabarito funcional desenvolvido para a inspeção da peça em estudo, destacando-se o sistema de apoio da peça padrão utilizado para o ajuste dos relógios comparadores. Já na Figura 2(b) observa-se o protótipo construído, no qual é possível visualizar o processo de inspeção aplicado à peça.

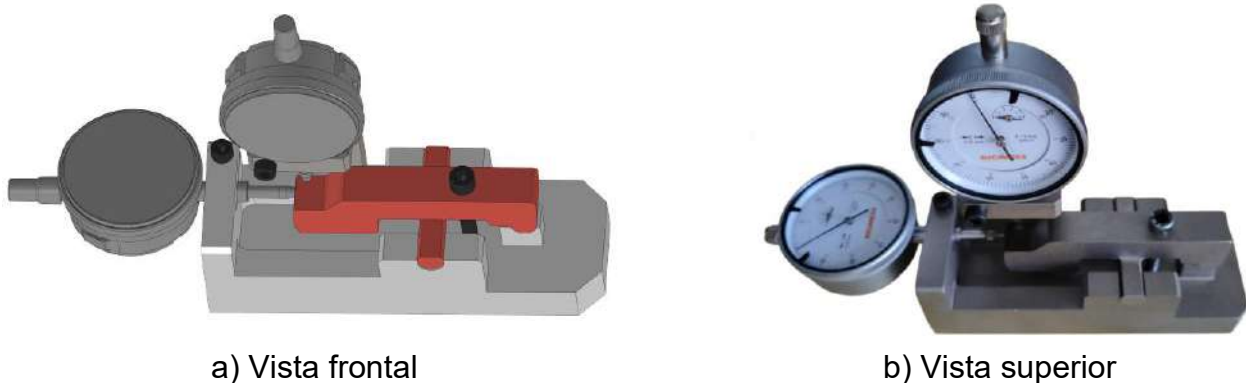


Figura 2: Projeto do gabarito funcional.

A implementação do gabarito funcional como solução metrológica para o gatilho de acionamento resultou em melhorias substanciais no processo de fabricação e montagem. A complexidade geométrica da peça, com tolerâncias GD&T críticas de perfil e posição, representava um desafio significativo. A solução proposta, baseada na criação e utilização do dispositivo funcional, permitiu uma verificação rápida e acurada da conformidade do gatilho com as especificações de projeto.

A análise dos dados de produção pré e pós-implementação demonstrou um ganho na ordem de 70% na eficiência global da usinagem e da montagem final. Esse resultado foi alcançado devido à redução drástica do tempo de inspeção, à padronização dos pontos de referência para a usinagem e à diminuição do índice de peças não conformes, que anteriormente



exigiam retrabalho ou descarte. A capacidade do gabarito de simular as condições de montagem garantiu que apenas peças verdadeiramente funcionais avançassem para as etapas finais do processo.

Dessa forma, o uso do gabarito funcional não apenas otimizou a qualidade do produto final, mas também impactou diretamente a produtividade e a redução de custos, evidenciando que a metrologia funcional é um componente-chave para a manufatura moderna. Em comparação com métodos tradicionais, o dispositivo demonstrou vantagens claras em termos de confiabilidade, repetibilidade e eficiência, corroborando a importância de soluções metrológicas específicas para peças com geometria complexa e tolerâncias restritas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo confirma a importância da metrologia funcional como um pilar essencial para a manufatura moderna. A integração do GD&T com o desenvolvimento de dispositivos de medição funcionais mostrou-se uma estratégia eficaz para superar os desafios impostos por geometrias complexas. A aplicação no estudo de caso evidenciou que essa abordagem não apenas aprimora o controle de qualidade e a precisão dimensional das peças, mas também proporciona ganhos expressivos em eficiência e produtividade, impactando positivamente o desempenho da linha de produção como um todo.

Além disso, os resultados obtidos reforçam a relevância de investir em soluções metrológicas adaptadas a peças críticas, sugerindo que a implementação de gabaritos funcionais pode ser estendida a outros componentes industriais com geometria complexa. Estudos futuros podem explorar a otimização do projeto de dispositivos de medição e sua integração com sistemas automatizados, ampliando ainda mais o potencial de redução de não conformidades e aumento da eficiência nos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

ASME. Dimensioning and tolerancing. ASME Y14.5:2018. New York: American Society of Mechanical Engineers, 2018.

ISO. Geometrical product specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out. ISO 1101:2017. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.

PEI, Eujin; KABIR, Israt; BREĀKI, Tomislav; GODEC, Damir; NORDIN, Axel. A review of geometric dimensioning and tolerancing (GD&T) of additive manufacturing and powder bed fusion lattices. Progress In Additive Manufacturing, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 1297-1305, 6 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40964-022-00304-8>.



APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA PARA ANÁLISE DE POSTO DE TRABALHO DE EMBALAGEM

Alessandra Rosa de Santana¹; Danilo Anderson Rocha²; Denis Alves Siqueira³; Jean Lucas Krueger⁴; Edson Sidnei Maciel Teixeira⁵

¹IFSC - alessandra.s03@aluno.ifsc.edu.br; ²IFSC 2 - danilo.ar1992@aluno.ifsc.edu.br; ³IFSC - jean.lk@aluno.ifsc.edu.br; ⁴IFSC - denis.sa@aluno.ifsc.edu.br; ⁵IFSC - edson.teixeira@ifsc.edu.br

RESUMO: O processo de embalagem é uma etapa muito importante na cadeia de entrega de um produto ao cliente. E as posturas do trabalhador neste processo podem colocá-lo em risco de lesões. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a postura do trabalhador durante as fases de montagem e embalagem. Para isso, analisou com a metodologia RULA um trabalhador no processo de embalagem de equipamentos em caixas de grande e médio portes. Os resultados obtidos demonstram a necessidade de introduzir mudanças significativas nas fases do trabalho, pois a natureza predominantemente manual da atividade pode resultar em dores e no aumento do risco de desenvolvimento de doenças ocupacionais, especialmente se a execução for feita de maneira incorreta.

Palavras-chave: Ergonomia, RULA, Análise Ergonômica do Trabalho.

1 INTRODUÇÃO

A Ergonomia busca entender as interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, como máquinas e o ambiente, aplicando métodos que promovam o bem-estar humano e melhorem o desempenho geral do sistema (IEA, 2020). Seu foco está na prevenção de acidentes, correção de erros e redução de riscos, com o objetivo principal de aumentar o conforto, a saúde e a segurança dos trabalhadores. Um dos aspectos centrais da ergonomia é a análise das posturas, movimentos corporais, equipamentos e fatores físicos do ambiente de trabalho. Ao considerar todas essas variáveis, a ergonomia busca promover uma integração eficiente entre o sistema e os trabalhadores, possibilitando intervenções que resultem em maior eficiência organizacional e aumentos na produtividade da empresa. (BEECORP, 2021).

Existem diversos métodos de análise postural, entre os quais o método RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), que avalia os possíveis danos aos membros superiores causados por posturas inadequadas ou movimentos repetitivos. Esse sistema utiliza diagramas para as posições do corpo, observando partes como braços, antebraços, pulsos, pescoço e tronco, além de cargas externas e esforço muscular (MCATAMNEY; CORLETT, 1993).

Para realizar uma análise ergonômica do trabalho, deve-se considerar ainda a Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 1978) que indica as condições de trabalho adequadas às



características dos trabalhadores, prevenindo doenças ocupacionais e lesões relacionadas à má ergonomia, e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

2 METODOLOGIA

O presente estudo tem como objetivo analisar a ergonomia do posto de trabalho na linha de montagem de equipamentos de grande e médio porte. A pesquisa avaliou os movimentos e a postura dos três de seis trabalhadores do total (com estatura média de 1,60m) alocados em dois turnos. A análise focou na montagem das caixas de madeira compensadas, um processo que ocorre ao nível do solo, conforme Figura 1, também no acondicionamento do produto com seus respectivos acessórios (plástico de proteção, manual/CD, bobina de papel e etiquetas de identificação).

Para tal, foi identificado o uso dos equipamentos e ferramentas da linha de produção, auxiliando em todo o processo. Ao iniciar a união das placas compensadas foi verificado o uso de grampos e martelo para o encaixe conforme Figura 2, tendo uma movimentação repetitiva ao fixar os quatros cantos da embalagem totalizando 32 grampos.

Com isso os trabalhadores ficam com uma curvatura excessiva tanto na cervical, torácica e lombar conforme Figura 3, sendo então identificados os pontos críticos dessa postura não-ergonômica que impacta diretamente na saúde e no desempenho dos trabalhadores.



Fig.1: Caixa montada.



Fig.2: Grampo

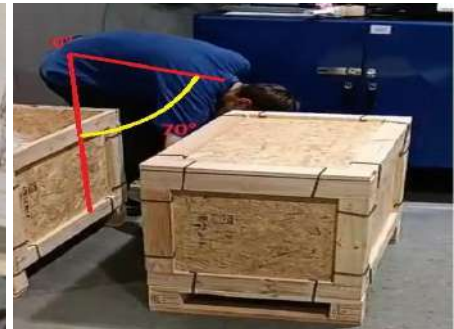


Fig.3: Postura não-ergonômica

Também foram analisados os movimentos com os respectivos tempos e quantidades, chegando-se à verificação que o trabalhador pode executar 1480 movimentos por tipo de embalagem por turno, conforme Quadro 1.



Tipo Caixa	Qdt grampo	Qdt movimento	Tempo de operação	Qdt produzida/dia	Total de movimento	Inclinação do tronco em graus
Grande	32	37	16:56s	40	1480	70°
Média	12	37	6 min	40	1480	70°

Quadro 1: Resumo de tempos e movimentos.

Para auxílio da análise utilizou-se a ferramenta de Método RULA do software Ergolândia 8.0 disponível em <https://www.fbfsistemas.com/ergonomia.html>

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise ocorreu após a coleta de dados com vídeos e fotos da postura não-ergonômica atual e simulando com o software Ergolândia 8.0 (Método RULA). O software avalia a ergonomia do trabalho com base em quatro níveis de ação e sete faixas de pontuação, como mostra a Figura 4. A partir das informações preenchidas sobre as atividades do operador conforme Figura 5, foi identificado que a movimentação do tronco é um ponto crítico. Essas movimentações receberam uma pontuação 6, o que corresponde ao Nível de Ação 3, ou seja, é necessário investigar a situação e considerar mudanças.

PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: **6**

PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável.
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Fig.4: Tabela de pontuação RULA.

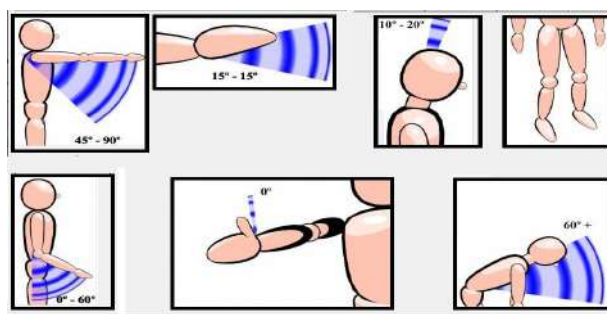


Fig.5: Informações preenchidas

A partir disso, realizou-se a proposta de utilizar uma paleteira com elevação até 80cm, atendendo altura de 75 a 85 cm da NR17, que permite ao operador ajustar sua postura de forma adequada, conforme a necessidade da atividade. Na função analisada, foi observado que seria possível posicionar o equipamento em uma altura que facilitasse tanto a fixação dos grampos quanto a colocação do produto dentro da caixa, prendendo-o diretamente na base.



Essa solução elimina a inclinação acentuada da postura não-ergonômica. Os resultados esperados dessa aplicação encontram-se nas Figuras 6 e 7 a seguir.

PONTUAÇÃO FINAL DO MÉTODO RULA: **3**

PONTUAÇÃO	NÍVEL DE AÇÃO	INTERVENÇÃO
1 ou 2	1	Postura aceitável.
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Fig.6: Resultado de pontuação RULA.

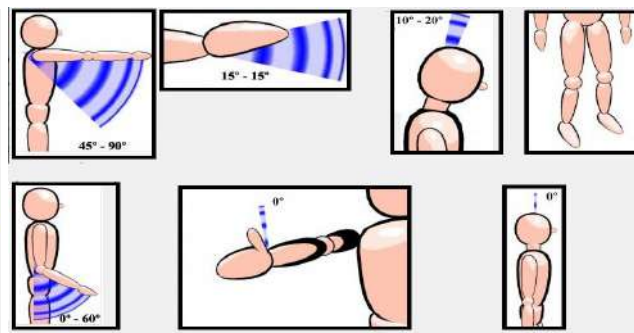


Fig.7: Nova postura preenchida

Com isso, a proposta de alteração do processo considerando a postura não-ergonômica analisada reduz os riscos de lesão no posto de trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia RULA, demonstrou que a flexão excessiva do tronco durante a fixação dos grampos e o acondicionamento dos itens na caixa é o principal ponto crítico não-ergonômico da atividade analisada na análise ergonômica do trabalho.

A proposta de implementação de uma paleteira com elevação regulável, que permita ao operador ajustar a altura da superfície de trabalho conforme suas necessidades posturais tem medida potencial para reduzir a inclinação do tronco, melhorar o conforto durante a execução das tarefas e minimizar os riscos associados ao trabalho repetitivo.

5 REFERÊNCIAS

- BEERCORP BEM ESTAR CORPORATIVO (BEECORP). 2021. Disponível em: <<https://beecorp.com.br/ergonomia/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2025.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 17: Ergonomia. 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2022.pdf>>. Acesso em: 25 setembro 2025.
- IEA. International Ergonomics Association. Definição Internacional de Ergonomia. 2020. Revista Ação Ergonômica, v. 3, n.2. Disponível em <<https://www.revistaacaoergonomica.org/revista/index.php/ojs/article/view/78>> Acesso em: 25 setembro 2025.
- MCATAMNEY, Lynn; CORLETT, E. Nigel. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied ergonomics, v. 24, n. 2, p. 91-99, 1993.



REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS DE LINHA DE PRODUÇÃO DE PRÉ-FORMA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

Andre Pegoraro¹; Gabriel Rank²; Lucas Alexandre Paholski³; Marcelo Lemes Rodrigues⁴; Edson Sidnei Maciel Teixeira⁵

¹IFSC - andrepdvalle@gmail.com; ²IFSC - gabrielrank8@gmail.com; ³IFSC - lucaspaholski@gmail.com; ⁴IFSC - marcelolr16.mlr@gmail.com; ⁵IFSC - edson.teixeira@ifsc.edu.br

RESUMO: A melhoria de processos produtivos traz vantagens competitivas quando devidamente estruturadas para agregar valor ao cliente final. No estudo de caso apresentado foi acompanhado o processo de pré-forma do componente B32. Após uma coleta de dados em campo e com base na Manufatura Enxuta foram apresentadas melhorias focadas na redução de tempo de setup e deslocamento do colaborador que são atividades que não agregam valor durante o processo. Com essas alterações sugeridas foi possível reduzir tempo de setup em 50% e distâncias e deslocamentos em aproximadamente 60% nas etapas analisadas.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, Componentes eletrônicos, Redução de desperdícios.

1 INTRODUÇÃO

Manufatura Enxuta é uma filosofia de gestão originada do Sistema Toyota de Produção (STP). Seu princípio fundamental é a eliminação de desperdícios, focando na redução dos desperdícios identificados no modelo de produção em massa. Além disso, visa a maximização do valor para o cliente, por meio da implementação de um novo conceito de fluxo produtivo, denominado produção puxada, e de um fluxo otimizado de fornecimento e abastecimento de componentes. Essa abordagem foi desenvolvida com o objetivo de reduzir custos operacionais e aumentar a produtividade ao eliminar os desperdícios (LIKER, 2004; OHNO, 1997).

Ohno (1997) descreve os sete tipos de desperdícios de produção conforme Quadro 1.

Superprodução: Produção além da demanda, o que gera estoques excessivos, dificultando o controle de produção e inventário. Além disso, resulta em custos adicionais com armazenamento e pode comprometer a qualidade do produto.	Espera: Refere-se ao tempo ocioso dos processos, quando a linha de produção está ativa, mas não agrega valor ao produto. Isso pode ser causado por falta de matéria-prima, insumos, falhas de comunicação, problemas com equipamentos ou necessidade de manutenção não planejada.	Movimentação: Envolve movimentos desnecessários de operadores e/ou produtos durante a atividade produtiva, originados pela falta de padronização nas atividades e fluxos de processos ineficazes, que não agregam valor ao produto final.	Transportes: Refere-se à movimentação excessiva de matéria-prima, além do necessário, o que não contribui para a criação de valor no produto.
Super Processamento: Ocorre quando há um excesso de processamento de um produto, resultando em operações desnecessárias, que podem consumir esforço humano ou de máquinas e causar atrasos no fluxo produtivo.	Excesso de Estoque: Consiste em uma reserva excessiva de matéria-prima e/ou produtos acabados, gerando custos adicionais com armazenamento, falhas na logística entre produção, fornecedores e clientes, além de perdas por obsolescência ou vencimento de produtos.	Defeitos: Refere-se a unidades de produto que não atendem aos requisitos mínimos de qualidade ou apresentam inconformidades. Esses produtos precisam ser reproprocessados, resultando em desperdício de tempo e esforço.	

Quadro 1. Os sete desperdícios da Manufatura Enxuta



Segundo Pagliosa et al. (2021), a Manufatura Enxuta é uma metodologia adotada pelas empresas para melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a produtividade e atender à demanda, valorizando as etapas que agregam valor (Vaa). Trata-se de uma abordagem focada em eliminar desperdícios, definidos como atividades que não agregam valor (Nvaa) ao cliente e que são desnecessárias em um processo. Assim, desperdício pode ser definido como atividade que consome recursos, mas não gera valor ao cliente, de acordo com Womack e Jones (2004).

2 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é estudo de caso e a primeira etapa consistiu em coletar dados com auxílio de câmera de vídeo. Foram realizadas filmagens e a partir deste momento foi possível identificar cada etapa do processo, seus tempos e distâncias, conforme Figura 1.



Figura 1. Coleta de dados dos processos analisados

Após, foi identificado o fluxo do produto apresentado na Figura 2.

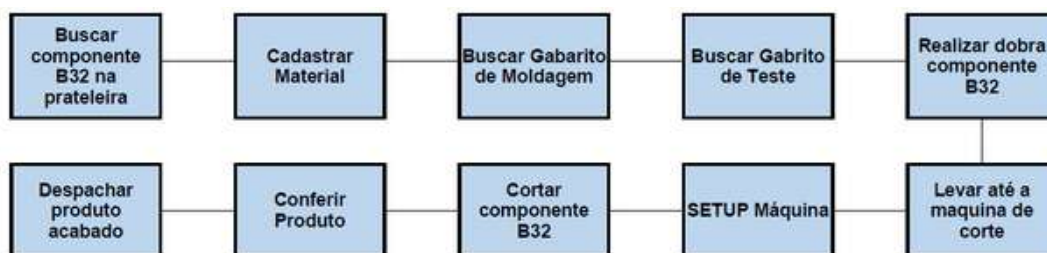


Figura 2. Fluxo de produção do componente



O produto analisado é o componente eletrônico resistor B32, utilizado na montagem de placas eletrônicas. Esse produto passa por uma etapa de pré-forma, onde é realizada a dobra manual e o corte utilizando um dispositivo com gabarito de corte. Após, é encaminhado para a linha de placas, onde é montado.

Com base nos conceitos da Manufatura Enxuta, foram identificados os tempos de cada etapa, as distâncias percorridas e a quantidade de repetições executadas. Esses dados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Análise de tempos de operação.

Descrição da atividade	Repetições	Tempo(s)	Distância(m)	Nvaa
Buscar B32 na prateleira	1	20	5	Nvaa
Cadastrar material	1	10	0	Nvaa
Buscar gabarito	1	11	2	Nvaa
Buscar gabarito de teste	1	22	5	Nvaa
Dobrar B32	500	5	0	Vaa
Levar até a máquina corte	1	14	10	Nvaa
Setup máquina	1	28	0	Nvaa
Cortar produto	500	10	0	Vaa
Verificar produto	10	45	0	Nvaa
Despachar produto	1	10	0	Nvaa

Fonte: Elaboração própria.

Os processos que agregam valor (Vaa) e os processos que não agregam valor (Nvaa) foram identificados na produção, assim como suas principais características.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em análise ao processo, foram identificados potenciais de redução e melhoria de etapas. Uma das principais perdas identificadas foi o deslocamento dos operadores pela célula sem agregar valor ao produto. Outro ponto de perda observado foi o setup de troca dos gabaritos das guilhotinas de corte, que apresenta tempo demasiadamente grande para afrouxar os parafusos e depois recolocá-los.

A proposta apresentada foi modificar o *layout* da célula para que os operadores pudessem fazer ambas as operações no mesmo lugar sem a necessidade de deslocamento conforme Figura 3. Além disso, desenvolveu-se novo o gabarito de corte com oblongos, acelerando o processo de troca, conforme Figura 4.

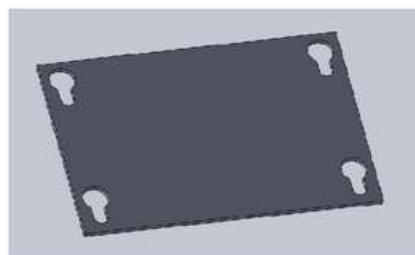


Fig.3: Layout proposto.

Fig.4: Proposta de gabarito de corte

Com as alterações no processo, em simulação da nova condição, houve uma redução de 50% do tempo de setup do gabarito de corte, reduzindo para 14 segundos. Os deslocamentos ainda não foram testados na prática, mas a análise preliminar indica uma redução de até 60% na soma das distâncias e tempos de deslocamentos que não agregam valor ao cliente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo de caso realizado, analisou-se a agregação de valor na linha de produção do processo de pré-forma do resistor B32, realizando um acompanhamento do processo e apresentando propostas de melhoria. O estudo identificou a importância da análise que permitiu propor alterações que reduzem processos que não agregam valor ao cliente em mais de 50% no total. Sendo assim, a análise dos resultados mostra a relevância do estudo por evidenciar os pontos de desperdício dentro de uma linha de produção de pré-forma de componentes eletrônicos e propor modificações de redução de perdas.

REFERÊNCIAS

- LIKER, J. K. The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New Jersey: Mcgraw-Hill, 2004
- OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997
- PAGLIOSA, Marcos; TORTORELLA, Guilherme; FERREIRA, Joao Carlos Espindola. Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 32, n. 3, p. 543-569, 2021.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.



**Seminário de Ensino,
Pesquisa e Extensão:**

Fortalecendo o conhecimento
científico e tecnológico

Resumos Simples



INVESTIGANDO E APRENDENDO: A EXPERIÊNCIA DO 5º ANO NA FEIRA DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Kelly Cristiane da Silva Pereira¹

¹IFSC - profkelly1501@gmail.com

O presente trabalho apresenta a experiência pedagógica desenvolvida com os alunos do 5º ano da EMEB Rodolpho Dornbusch, durante a preparação para a Feira de Ciências e Matemática. O projeto teve como objetivo principal proporcionar aos estudantes o contato com o processo de pesquisa científica, partindo de problemáticas reais observadas no cotidiano escolar e social. A metodologia envolveu a elaboração e aplicação de questionários, coleta, análise e tabulação de dados, além da produção de textos informativos, experimentos e materiais digitais. Entre os trabalhos desenvolvidos destacaram-se: *O Infarto e o AVC Infantil – Uma Realidade*, voltado à conscientização sobre hábitos saudáveis; *A Química do Nosso Corpo*, que utilizou experimentos simples para compreender os efeitos das doenças no organismo; *Manual Digital: Aprendendo a usar a tecnologia para contar histórias e apresentar ideias*, que resultou em uma cartilha digital com orientações sobre o uso de ferramentas tecnológicas na pesquisa escolar; e *Era uma vez... Um Resgate da Leitura*, que incentivou o gosto pela leitura e a produção autoral com apoio de recursos digitais. Como resultados, observou-se o desenvolvimento de habilidades investigativas, de comunicação, colaboração e pensamento crítico, além do fortalecimento do protagonismo estudantil e da interdisciplinaridade entre Ciências, Matemática, Língua Portuguesa e Tecnologia. A participação na Feira despertou grande interesse e entusiasmo nos alunos, que se mostraram motivados ao apresentar seus trabalhos e conhecer outras produções, evidenciando o impacto positivo da pesquisa e da tabulação de dados na formação científica e cidadã dos participantes.

Palavras-chave: Pesquisa Escolar, Interdisciplinaridade, Protagonismo Estudantil.

Instituição de fomento: EMEB Rodolpho Dornbusch / Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul.



CIÊNCIA E CIDADANIA: RELATO DA AÇÃO DE EXTENSÃO REALIZADA NA ESCOLA ALVINO TRIBESS

Matheus de Luna¹; Arthur Garcia Bartsch²

¹*Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - matheus.l102@aluno.ifsc.edu.br;*

²*IFSC - arthur.bartsch@ifsc.edu.br*

Em setembro de 2025, foi realizada uma ação de extensão que previa uma visita à Escola Alvino Tribess, em Jaraguá do Sul - SC, nas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, com o objetivo de apresentar dois projetos desenvolvidos por alunos do 1º e 5º semestre do curso de Engenharia Elétrica do IFSC – Campus Rau, dentro do contexto de Extensão Curricularizada, da unidade curricular Engenharia, Sociedade e Cidadania (ESC). A apresentação foi conduzida por um estudante de ESC, no curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, do campus Jaraguá do Sul - Rau. O primeiro experimento teve como objetivo demonstrar a diferença entre circuitos em série e em paralelo, utilizando LEDs. O segundo abordou a condução elétrica por meio de diferentes materiais: madeira, borracha, ferro e alumínio. Ao tocar os materiais condutores, o sistema emitia um sinal visual e sonoro, permitindo uma compreensão prática do conceito. A apresentação teve início com certa dificuldade, pois alguns alunos demonstraram desinteresse. No entanto, à medida que os experimentos foram apresentados, a atenção da turma aumentou significativamente. Alunos que inicialmente estavam dispersos passaram a demonstrar curiosidade, principalmente quando tiveram a oportunidade de interagir diretamente com os experimentos. Observou-se que muitos estudantes apresentavam dificuldades com os conceitos básicos de eletricidade, como resistores e circuitos, conteúdos abordados no currículo do terceiro ano do Ensino Médio. Foi necessário retomar alguns desses conceitos para facilitar a compreensão do funcionamento dos experimentos apresentados. Ao final das visitas, os alunos demonstraram interesse por diversas áreas profissionais, como Engenharia, Moda, Direito, entre outras, evidenciando a importância de ações como essa para a orientação e o estímulo vocacional dos estudantes. Assim, a ação de extensão foi importante para a divulgação do conhecimento científico para a comunidade externa, através do protagonismo discente de um estudante do IFSC. Espera-se que esta ação continue a estimular seu público-alvo (estudantes de ensino médio) a aprimorar seus conhecimentos na área de eletricidade e na melhoria da educação, de modo geral, como exercício da cidadania.

Palavras-chave: Extensão, Eletricidade Básica, Educação.



CAIXA DA VIDA: IDENTIDADE, CORPO E PERTENCIMENTO NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Nicole da Silva¹ -¹Instituto Federal de Santa Catarina - nicole.s1999@alunos.ifsc.edu.br;

O presente trabalho apresenta a experiência pedagógica intitulada *Caixa da Vida*, desenvolvida com turmas do 1º ano do Ensino Fundamental em uma escola municipal de Jaraguá do Sul (SC). O projeto partiu da questão: *como promover o autoconhecimento e a valorização da identidade pessoal e familiar das crianças, articulando conteúdos sobre corpo humano, saúde e pertencimento?* Teve como objetivos estimular a construção da identidade e autoestima, compreender noções básicas de anatomia e cuidados com a saúde, valorizar as histórias familiares e fortalecer vínculos afetivos entre escola e comunidade. A metodologia foi pautada na interdisciplinaridade entre Ciências, História e Língua Portuguesa, utilizando estratégias lúdicas e investigativas. Cada estudante personalizou uma caixa de sapato onde reuniu elementos de sua trajetória, incluindo pesquisas em família (árvore genealógica, história do nome e linha do tempo), registros artísticos (desenhos, produções escritas, avatares) e objetos significativos. As ações pedagógicas envolveram experiências práticas como a construção de um esqueleto de marionete, a cabana dos cinco sentidos, a observação científica de micro-organismos em pão, além de rodas de conversa e atividades de leitura e oralidade. A parceria com famílias e profissionais da saúde ampliou a relevância social do projeto. Os resultados apontam para maior engajamento dos alunos, fortalecimento da autoestima, valorização da diversidade familiar e compreensão inicial de conceitos científicos relacionados ao corpo e aos cuidados de higiene. Conclui-se que a *Caixa da Vida* constitui-se em uma prática pedagógica integradora, capaz de articular currículo, afetividade e ciência, favorecendo o desenvolvimento integral das crianças e o sentimento de pertencimento à comunidade.

Palavras-chave: Identidade, Corpo Humano, Pertencimento, Interdisciplinaridade.



CONTROLE DE VELOCIDADE DE MOTOR CC

Tainan Willy Leão Liscano, Rodrigo Jose Piontkewicz

Tainan.w@aluno.ifsc.edu.br, Rodrigo.piontkewicz@ifsc.edu.br

Este trabalho apresenta o projeto de um circuito para controle de velocidade de um motor de corrente contínua de excitação independente, por meio da variação da tensão de armadura. O circuito regulador de velocidade é composto por um retificador monofásico em ponte com filtro capacitivo, responsável por filtrar e transformar a tensão da rede em CC, e um circuito tipo Buck, utilizado para realizar o controle da tensão aplicada aos terminais a fim de ajustar a rotação por meio de chaveamento PWM aplicado a um IGBT comandado por potenciômetro. Foi realizada a modelagem matemática da dinâmica do motor, o dimensionamento do retificador e do conversor Buck, o desenvolvimento do circuito de condicionamento de sinal, a elaboração do layout da PCB e a implementação da instrumentação para medição de tensão, corrente e velocidade. A metodologia compreendeu: (i) análise teórica e equacionamento eletromecânico; (ii) simulações do conversor e do sistema motor–carga; (iii) projeto esquemático e layout da placa. Resultados preliminares de simulação no software PSim indicam que o retificador converte 220 VCA em cerca de 311 VCC e que o conversor Buck reduz essa tensão para aproximadamente 170 V CC com ondulação compatível com os requisitos do projeto, permitindo variação contínua da rotação por meio do potenciômetro; a modulação PWM possibilitou obtenção de curvas de velocidade versus tensão. A discussão aponta discrepâncias entre modelo e experimento atribuíveis às perdas e simplificações adotadas nas equações. Conclui-se que o projeto atende aos requisitos funcionais para controle de rotação e constitui base sólida para o desenvolvimento do protótipo físico, com possibilidades de melhorias.

Palavras-chave: Motor CC, Conversor Buck, Controle PWM.

Instituição de fomento: IFSC- Instituto Federal de Santa Catarina.



DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM FILTRO LC APLICADO À SAÍDA DE INVERSORES TRIFÁSICOS

E. Martins^{1*}; G. Serenini^{1*}; M. W. Schmitt^{1*}; R. J. Piontkewicz^{1*}; A. G. Bartsch¹

¹*Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau;*

**emmily.m04@aluno.ifsc.edu.br; *gustavo.s18@aluno.ifsc.edu.br; *michael.ws@aluno.ifsc.edu.br*

Os inversores de fonte de tensão com modulação por largura de pulso senoidal (SPWM) são amplamente utilizados em acionamentos de motores e integração de fontes renováveis, porém o chaveamento eletrônico inerente a esses dispositivos introduz harmônicas de alta frequência, ocasionando perdas, interferências eletromagnéticas e redução da vida útil dos equipamentos. Para mitigar tais efeitos, a utilização de filtros passivos na saída dos inversores apresenta-se como solução eficiente, pois promove a atenuação seletiva das componentes indesejadas e assegura a qualidade da forma de onda aplicada à carga. Para o projeto em questão, dimensionou-se um filtro passa-baixa LC, sendo estabelecidos os parâmetros iniciais do sistema em 380 V para entrada, 220 V de saída e potência nominal de 500 W. O dimensionamento seguiu critérios de projetos que recomendam estabelecer a frequência de corte em uma década acima da fundamental e uma década abaixo da frequência de chaveamento, garantindo mínima atenuação do sinal útil e elevada supressão das harmônicas de comutação. Considerando a fundamental de 60 Hz e a frequência de chaveamento de 10 kHz, o filtro foi projetado para 1 kHz. Além disso, adotou-se fator de amortecimento de 0,8, valor adequado para evitar ressonâncias e consequente amplificação de harmônicas nas proximidades da frequência de corte. A partir destes critérios, determinou-se a resistência de carga de 96,8 Ω , a capacitância de 1,03 μF e a indutância de 24,65 mH. A validação foi realizada por simulação no software PSIM, contemplando retificador trifásico, inversor de dois níveis, filtro LC e carga resistiva. A análise evidenciou resultados satisfatórios na qualidade do sinal, com destaque para a redução do THD da tensão de saída de 165,3% para 6,27%, representando atenuação em torno de 26 vezes. Assim, comprovou-se a efetividade da metodologia adotada. O filtro projetado demonstrou capacidade de atenuar de forma eficiente as harmônicas geradas pela modulação PWM, convertendo a forma de onda chaveada em uma tensão essencialmente senoidal. Os resultados confirmam a relevância do filtro LC para aplicações industriais, garantindo desempenho adequado e confiabilidade em sistemas modernos de conversão de energia.

Palavras-chave: Inversor, Filtro LC, Eletrônica de Potência.



DESENVOLVIMENTO DE UM RETIFICADOR MONOFÁSICO CONTROLADO DE ONDA COMPLETA

E. RANK¹; L. TROMBETTA²; R. J. PIONTKIEWICZ³

IFSC Câmpus Jaraguá do Sul – ¹eduardo.r2001@aluno.ifsc.edu.br; ²leonardo.t21@aluno.ifsc.edu.br;

³rodrigo.piontkewicz@ifsc.edu.br

No contexto da eletrônica de potência, o retificador monofásico controlado de ponte completa é um circuito amplamente utilizado em sistemas que demandam controle da tensão de saída contínua a partir de uma fonte alternada. Esse tipo de conversor é composto por dispositivos semicondutores controláveis, como tiristores (SCRs), que funcionam como interruptores e possibilitam a regulação da potência entregue à carga por meio do ajuste do ângulo de disparo. Trata-se de uma tecnologia de grande importância para aplicações em fontes de alimentação variáveis, acionamento de motores, cargas resistivas controladas e sistemas de aquecimento, entre outros. Por conta dessas características, o retificador controlado apresenta ampla aplicabilidade, sendo fundamental em processos que requerem precisão e eficiência no controle de energia elétrica. Este projeto teve como objetivo geral o desenvolvimento de um retificador monofásico controlado de ponte completa para aplicações didáticas e laboratoriais. Para alcançar esse objetivo, foram realizadas: revisão bibliográfica sobre topologias de retificação controlada, cálculos de projeto para uma entrada de 220 V e frequência de 60 Hz, e simulações para diferentes ângulos de disparo. O circuito foi modelado com quatro tiristores dispostos em ponte e um circuito de disparo baseado na detecção de passagem por zero da tensão de entrada. Os cálculos e análises foram realizados com auxílio de planilha SMath, e as simulações desenvolvidas utilizando o software PSIM. Durante os testes de simulação, observou-se o comportamento esperado: para ângulos de disparo menores, a tensão média de saída aumentou, e para ângulos maiores, a condução dos tiristores diminuiu, reduzindo a potência entregue à carga. Para um ângulo de disparo de 45°, obteve-se uma corrente média de 9,06 A e tensão média de 167,61 V; já para um ângulo de 90°, a corrente média na carga foi de 5,29 A e a tensão de saída foi de 98 V, confirmando a influência direta do controle de disparo sobre os parâmetros da carga. Os resultados confirmam a viabilidade do projeto, atendendo aos requisitos propostos e abrindo precedentes para o desenvolvimento da PCI e montagem física do circuito.

Palavras-chave: Eletrônica de potência, Retificador controlado.

Instituição de fomento: IFSC.



INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DA SENSIBILIDADE DE DISJUNTORES DIN E NEMA SOB CONDIÇÕES DE SOBRECARGA E CURTO-CIRCUITO

A.C.V. BLANGER¹; B.M.HENNEMANN²; C.VENTURI³; I.M.SILVANI⁴; R.A.GASPARETTO⁵
*IFSC Campus Chapecó - anaclaravieira.blanger@gmail.com¹; betina.m09@aluno.ifsc.edu.br²
cristiano.venturi@ifsc.edu.br³; isabeli.ms@aluno.ifsc.edu.br⁴; rafael.a2006@aluno.ifsc.edu.br⁵*

É comum que profissionais mais antigos da área de instalações elétricas ainda tenham preferência pelos disjuntores fabricados conforme a norma NEMA. Esses disjuntores possuem a fama de serem mais robustos que os disjuntores conforme a norma DIN, além de muitas vezes terem sido o primeiro contato do profissional com esse tipo de equipamento. A ABNT NBR 5410 não lista os disjuntores NEMA como possíveis de serem aplicados em instalações elétricas de baixa tensão. A justificativa para isso refere-se à diferença entre os mecanismos de atuação, pois, enquanto os disjuntores da norma DIN apresentam disparadores termomagnéticos, os da norma NEMA possuem apenas disparador térmico. Portanto, uma investigação experimental sobre a sensibilidade desses disjuntores em diferentes níveis de corrente elétrica, objetivo deste trabalho, mostra-se pertinente como tema de iniciação científica. A investigação foi realizada submetendo disjuntores de 10 A, normas DIN e NEMA, a valores de sobrecarga entre duas e cinco vezes a corrente nominal e a valores de curto-circuito, acima de cinco vezes a nominal. Utilizou-se uma bancada de testes previamente desenvolvida, composta por um transformador rebaixador e um banco de resistências para ajuste de corrente elétrica. Todos os testes foram realizados com disjuntores em temperatura ambiente (partida a frio). Em todos os ensaios, os disjuntores DIN foram mais rápidos, cerca de duas vezes no intervalo de 2 a 7 vezes a corrente nominal, e aproximadamente sete vezes mais rápidos para múltiplos superiores, atuando quase instantaneamente. O estudo demonstrou de forma prática que os disjuntores DIN são mais sensíveis que os disjuntores NEMA. O tipo de mecanismo de atuação mostrou-se significativo, principalmente em níveis de curto-circuito. A fama de robustez do NEMA pode estar relacionada a menos desarmes em condições equivalentes, situação em que, incorretamente, a insensibilidade é tratada como sinônimo de robustez. Assim, o estudo permitiu verificar experimentalmente um dos motivos pelos quais a ABNT NBR 5410 não indica os disjuntores da norma NEMA, além de contribuir para o ensino e a pesquisa na área de instalações elétricas.

Palavras-chave: Disjuntores, Sensibilidade, Normas Técnicas.

Instituição de fomento: IFSC - Edital PROEX 16/2025



CONVERSOR CC-CC FLYBACK COM MÚLTIPLAS SAÍDAS

Ana Carolina Moreira¹; Daniel Fanzlau Scheer²; Rodrigo Jose Piontkewicz³

¹IFSC Campus Jaraguá do Sul - Rau - ana.cm1996@aluno.ifsc.edu.br; ²IFSC Campus Jaraguá do Sul - Rau – daniel.fs1997@aluno.ifsc.edu.br; ³IFSC Campus Jaraguá do Sul - Rau - rodrigo.piontkewicz@ifsc.edu.br

Visando atender à crescente demanda por fontes de alimentação compactas e acessíveis, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de conversor CC-CC Flyback com múltiplas saídas, uma topologia que se destaca pela simplicidade e baixo custo em aplicações de baixa potência, mas que impõe desafios como a regulação cruzada entre as saídas. A principal meta foi desenvolver um conversor que consiga gerar quatro saídas independentes e isoladas, cada uma com 20 V e 3 W, a partir de uma entrada que varia entre 12 V e 15 V, usando o circuito integrado UC3845 para controlar a malha e produzir o sinal PWM. A metodologia consistiu no dimensionamento teórico completo do conversor, de modo que funcionasse em modo de condução descontínuo com uma frequência de chaveamento de 100 kHz. Foi realizado o projeto minucioso do transformador de acoplamento magnético, onde se definiram as características do núcleo, as relações entre as espiras e a indutância de magnetização, garantindo assim uma transferência de energia adequada. A etapa de filtragem de saída foi igualmente projetada para manter a ondulação de tensão dentro do limite de 1% especificado. Para validar o projeto, uma simulação computacional do circuito foi feita sob condições nominais de operação e carga total. A simulação mostrou que o conversor alcançou um estado permanente estável em cerca de 3 ms, e os semicondutores estavam operando dentro dos limites de corrente de pico projetados. Os resultados mostraram que a tensão de saída se estabilizou em cerca de 18 V, com uma corrente de 140 mA em cada carga, apresentando uma ondulação residual muito baixa, o que confirma a eficiência do projeto. Portanto, a simulação confirmou o dimensionamento teórico e a viabilidade de construção do protótipo, proporcionando uma base consistente para a montagem prática do conversor Flyback multi-saídas.

Palavras-chave: Conversor Flyback, Múltiplas Saídas, Fonte Chaveada.

Instituição de fomento: Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul – Rau.



DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO DIDÁTICO PARA ANÁLISE PRÁTICA DE DISJUNTORES

C.VENTURI¹; M.U.M.CORREA²; R. PERIN³

*IFSC- Campus Chapecó – cristiano.venturi@ifsc.edu.br¹; uilianmcorrea@gmail.com²;
ricardo.perin@ifsc.edu.br³*

Os disjuntores são dispositivos utilizados para proteção e manobra em instalações elétricas. Seu correto dimensionamento e utilização são cruciais para garantir a confiabilidade e a segurança dessas instalações. Entretanto, a abordagem desse conteúdo nos cursos técnicos é predominantemente teórica. Como os disjuntores atuam em condições que geralmente representam riscos de natureza elétrica, a prática experimental de seus mecanismos de funcionamento é limitada. Nesse contexto, o desenvolvimento de um equipamento que assegurasse a segurança dos envolvidos nas práticas, evitasse a atuação dos dispositivos de proteção presentes nos laboratórios elétricos, tivesse aplicabilidade em diferentes experimentos e custo de aquisição viável frente às limitações orçamentárias, mostrou-se um tema pertinente de pesquisa — objetivos que nortearam este trabalho. O desenvolvimento do equipamento ocorreu ao longo de dois semestres letivos, na disciplina de Projetos Integradores do curso técnico em Eletroeletrônica. Inicialmente, elaborou-se um circuito conceitual para os testes, que posteriormente foi aprimorado com a criação de um protótipo. A segurança e a não atuação dos dispositivos de proteção foram obtidas por meio de um transformador rebaixador de 220V/24V, o que possibilitou a obtenção de correntes mais elevadas. Foi desenvolvido um banco de resistores de potência, ligados em paralelo e acionados individualmente, permitindo ajustar diferentes níveis de corrente elétrica. Adicionalmente, instalou-se um *dimmer* no primário do transformador para maior precisão no ajuste. O equipamento mostrou-se útil para testes em disjuntores monofásicos de 2A a 16A (sobrecarga e curto-circuito) e até 32A (sobrecarga). Foi possível levantar as curvas de atuação dos disjuntores de 2A, 4A (curva C) e 6A (curvas B e C), além de investigar o efeito da temperatura do disjuntor em sua velocidade de acionamento. Assim, o equipamento desenvolvido neste projeto contribuiu para preencher uma lacuna no ensino de Instalações Elétricas, além de possibilitar o ensino e a pesquisa sobre o comportamento de cabos, emendas, conectores, tomadas e terminais em diferentes condições de funcionamento, de forma segura.

Palavras-chave: Disjuntores, Instalações Elétricas, Equipamento Didático.

Instituição de fomento: IFSC



Análise do Desempenho de Sensores de Temperatura na Detecção de Aquecimento em Motor Trifásico

Felipe Apolinario Schlickmann¹; Julio Cesar Lopes de Oliveira²; Davi Bernardo Silva³

¹²³IFSC - felipe.as10@aluno.ifsc.edu.br; {julio.oliveira, davi.bernardo}@ifsc.edu.br

Os motores elétricos vêm conquistando espaço em aplicações na indústria, de modo que, uma falha inesperada em um motor elétrico pode ser prejudicial, não só pelo custo de manutenção, mas também por representar uma pausa no processo produtivo. Anomalias elétricas e mecânicas estão relacionadas ao superaquecimento interno do motor, isto causa a danificação do estator, torção do rotor e problemas na lubrificação dos rolamentos. Logo, sensores de temperatura são uma alternativa importante para indicar algum superaquecimento em um motor elétrico, podendo ser utilizados para medição de temperatura dos enrolamentos do estator. Assim, este trabalho teve o objetivo de realizar um comparativo entre os sensores de temperatura DHT11 e DS18B20 para identificar os níveis de aquecimento de um motor trifásico em operação. Por meio do microcontrolador Arduino UNO, foi possível programar os sensores para descobrir como ambos se comportam em diferentes situações de superaquecimento. O sensor modelo DHT11 realiza medições de temperatura e umidade relativa do ar em tempo real, trabalhando com sinais digitais que podem, facilmente, serem interpretados por microcontroladores, como, por exemplo, Arduino UNO. A faixa de medição de temperatura deste sensor é de 0 °C a 50 °C com precisão de ± 2 °C. O sensor DS18B20 permite o monitoramento de temperatura em equipamentos e máquinas, além de viabilizar sistemas de controle de temperatura. Este sensor possui faixa de medição de temperatura que vai de -55 °C a 125 °C e possui precisão de $\pm 0,5$ °C entre -10 °C e 85 °C. Desse modo, elaborou-se uma programação, para a placa microcontroladora Arduino UNO, que permite visualizar as coletas de temperatura, em tempo real, por meio do monitor serial. Após isso, realizou-se a montagem do circuito em *protoboard* para ligação dos sensores ao microcontrolador. Para executar o experimento, os sensores de temperatura foram acoplados na carcaça do motor trifásico. Este motor é conectado ao inversor de frequência (CFW09) que lê e apresenta dados de operação do motor. No eixo do motor, há um freio mecânico que controla a carga imposta ao motor. Assim, o experimento consistiu em realizar incrementos na carga e, consequentemente, no torque até a sobrecarga do motor, enquanto os sensores e o inversor coletavam dados para análise posterior. Dessa forma, foi possível tratar esses dados e, então, verificar que o sensor DS18B20 possui uma resposta mais rápida ao aumento de temperatura, comparado ao DHT11. Isto é perceptível quando a temperatura de sobrecarga coletada pelo DS18B20 foi 52,75 °C, enquanto para o DHT11 foi de 49,20 °C. Vale ressaltar que o DHT11 parece ser mais robusto, quando comparado ao DS18B20, já que este último apresentou falha em uma de suas leituras. Por fim, como o DS18B20 possui encapsulamento metálico, ele consegue captar com mais facilidade a temperatura da carcaça do motor, diferentemente do DHT11 que possui encapsulamento plástico. Dessa maneira, este experimento possibilitou concluir que o sensor DS18B20 é mais indicado para medir temperatura de motores trifásicos em operação, quando comparado ao sensor DHT11, já que, por exemplo, a leitura máxima do DHT11 é 50 °C, sendo esta uma temperatura que a carcaça do motor em sobrecarga alcança com facilidade.

Palavras-chave: MICROCONTROLADOR, MOTOR, SUPERAQUECIMENTO.

Instituição de fomento: CNPq, IFSC.



USO DE ÁGUA DEIONIZADA E HIDROCARBONETO COMO DIELÉTRICO NA REMOÇÃO DO Ti5553 POR WEDM

Vinícius Silveira de Carvalho¹; Cassiano Rodrigues Moura²; Cristiano da Silva³; Giovani Conrado Carlini⁴

¹IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - vinicius.c2004@aluno.ifsc.edu.br; ²IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - cassiano.moura@ifsc.edu.br; ³IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - cristiano.silva@ifsc.edu.br; ⁴IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - giovani.carlini@ifsc.edu.br

A usinagem por eletroerosão a fio (WEDM) representa uma alternativa tecnológica de alta relevância para a manufatura de materiais de difícil usinabilidade, como o metal duro (WC-Co) e a liga de titânio Ti5553. Diferentemente dos processos convencionais de usinagem, a WEDM remove material por meio de descargas elétricas controladas em um dielétrico, eliminando mecanismos tribológicos e possibilitando a obtenção de geometrias complexas com elevada precisão. No caso da liga Ti5553, caracterizada por elevada resistência mecânica, à corrosão e à fadiga, os desafios de usinagem são particularmente acentuados. Neste estudo, avaliou-se a eficiência da WEDM por meio da velocidade de avanço do fio (V_f) em cinco regimes de energia de descarga (We), utilizando-se dois dielétricos distintos: água deionizada e solução de hidrocarboneto a 8% (HC8%). Os resultados evidenciaram diferenças expressivas no comportamento dos fluidos. Para a água deionizada, a velocidade média variou entre 0,72 e 3,05 mm/min, enquanto para o HC8% foram registradas taxas entre 0,89 e 7,59 mm/min. Em termos globais, a solução de hidrocarboneto apresentou um desempenho médio aproximadamente 110% superior à H_2O . Essa diferença se intensificou em condições de maior energia, nas quais o HC8% atingiu velocidade média de 6,99 mm/min, contra 2,69 mm/min obtidos com a água, representando um ganho de cerca de 160%. Outro aspecto relevante foi a estabilidade do processo. Os desvios padrão associados ao avanço do fio mostraram-se consistentemente mais baixos para a água deionizada (0,11 a 0,34 mm/min), sugerindo maior regularidade no comportamento das descargas. Por sua vez, o HC8% apresentou maior dispersão dos resultados, com desvios variando de 0,17 a 0,50 mm/min, indicando oscilações mais acentuadas na resposta do processo. Assim, enquanto o HC8% se destaca em produtividade, a água deionizada demonstra vantagem em termos de estabilidade operacional.

Palavras-chave: WEDM, Ti5553, Dielétrico.

Instituição de fomento: IFSC Edital nº 03/2025/PROPI – PIBITPI / JGW4318-2025



CORTE A LASER PARA CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 E AISI 316 EM AMBIENTE INDUSTRIAL: PROPOSTA DE TCC

Muriél Deretti¹ e Giovani Conrado Carlini²

*¹IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau - deretti123@hotmail.com ; ²IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau
giovani.carlini@ifsc.edu.br*

Este trabalho propõe uma investigação aplicada sobre o processo de usinagem a laser em chapas dos aços inoxidáveis AISI 304 e 316, analisando a inovação tecnológica no contexto de uma colaboração entre indústria e a academia sob o formato de trabalho de conclusão do curso superior em fabricação mecânica. O corte a laser é um processo térmico de alta precisão que utiliza um feixe de luz coerente e gases assistentes para fundir e ejetar o material, onde se concentra o objetivo principal do estudo. A pesquisa abordará o princípio de funcionamento do laser de fibra e o papel crítico dos gases oxigênio e nitrogênio, cuja seleção é um fator determinante para a qualidade geométrica, o acabamento superficial e a economicidade do processo. A metodologia experimental prevê a caracterização metalográfica dos aços e a realização de uma bateria de ensaios de usinagem em ambiente industrial, utilizando um equipamento laser em regime produtivo. Os testes consistirão na usinagem de amostras com um desenho técnico específico, variando-se parâmetros como a energia do feixe, velocidade de deslocamento e o tipo de gás assistente. As amostras produzidas serão submetidas a um conjunto de técnicas de medição para avaliar o desempenho do processo, incluindo análise de perfil de dureza na zona afetada pelo calor, medição do tamanho da rebarba, avaliação do chanfro resultante, medição da largura do *kerf*, quantificação da rugosidade superficial e um levantamento de custos, considerando os impactos dos diferentes gases e velocidades de usinagem. Espera-se, com os resultados, obter dados quantitativos e qualitativos que permitam uma análise crítica do desempenho, correlacionando os parâmetros de entrada com a qualidade final das peças. A adição de uma análise estatística por ANOVA deve ser implementada. Adicionalmente, pretende-se formular uma equação para estimar o custo do processo por unidade, integrando as variáveis de gás consumido e velocidade de usinagem. O objetivo final da pesquisa é gerar um protocolo otimizado para a tomada de decisão na aplicação industrial, validando a eficiência e a viabilidade econômica da usinagem a laser para esses materiais e fortalecendo o conhecimento acadêmico e as necessidades da manufatura moderna.

Palavras-chave: Usinagem a Laser, Aço inoxidável AISI, Gases assistentes.



PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA BALANÇA PARA A OBTENÇÃO DAS FORÇAS AERODINÂMICAS EM CORPOS SUBMETIDOS AO ESCOAMENTO DE AR EM UM TÚNEL DE VENTO SUBSÔNICO

João Vitor Gonçalves Blanco¹; Anderson José Antonietti²

¹IFSC-Rau - noispvp9@gmail.com; ²IFSC-Rau – anderson.jose@ifsc.edu.br

O túnel de vento é um equipamento indispensável para o estudo prático de problemas envolvendo forças de sustentação/arrasto e momentos gerados pelo fluido sobre um corpo sólido. Essas grandezas são fundamentais para se determinar o desempenho aerodinâmico do corpo e podem ser obtidas com o auxílio de uma balança aerodinâmica. Assim, o objetivo deste trabalho é projetar e desenvolver uma balança, a ser utilizada na análise das forças e momentos aerodinâmicos em geometrias submetidas ao escoamento de ar em um túnel de vento subsônico. Inicialmente foi realizada uma pesquisa sobre os tipos de balanças aerodinâmicas, células de carga e sensores que as compõem, bem como o código em Arduino para o tratamento dos dados. A balança aerodinâmica selecionada foi a do tipo externo, de seis eixos, atuando com células de carga de cisalhamento. O microcontrolador responsável pela leitura e obtenção dos dados foi o ESP32 associado ao módulo de conversão HX711. O projeto tridimensional da balança foi realizado no software SolidWorks, o que permitiu definir as dimensões e selecionar os elementos necessários para sua construção. A calibração das células de carga foi realizada com a utilização de pesos padrão e um código computacional próprio para a obtenção do fator de calibração de cada célula. A balança aerodinâmica será alocada em uma caixa de dimensões de 400x300x200mm, que comporta seis células de carga, o sistema eletrônico de obtenção dos dados e o sistema mecânico para a transferência de forças. O projeto se encontra em andamento, na fase de montagem, sendo a última etapa relativa aos testes experimentais. Espera-se que, ao final deste trabalho, a balança seja capaz de fornecer as forças de sustentação, arrasto e lateral, além dos momentos de rolagem, arfagem e guinada. Este projeto corresponde à segunda etapa para a instrumentação do Túnel de Vento do Laboratório de Fenômenos de Transporte (LABFET), que possibilitará a realização de novas pesquisas e uma satisfatória melhora nos métodos de ensino da engenharia no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

Palavras-chave: Arrasto, *Strain gauge*, HX711.

Instituição de fomento: IFSC.



Engenharia Mecânica nas Escolas: Aplicação Prática de Conceitos da Física para Estudantes do Ensino Médio

Gil Magno Portal Chagas¹; Iara Maite Campestrini Binder²; Lidiane Gonçalves de Oliveira³;

Rayssa Sarmento Cardias⁴; João Vitor Gonçalves Blanco⁵

^{1,2,3,4,5}IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau- gilchagas@ifsc.edu.br; iara.campestrini@ifsc.edu.br;

lidiane@ifsc.edu.br; rayssacardiass@gmail.com; joao.gb26@aluno.ifsc.edu.br

A engenharia mecânica é, dentre as engenharias, a que contém uma amplitude de trabalho e de conhecimento mais ampla, atuando em diversas áreas. Ela utiliza conceitos da física para desenvolver equipamentos úteis para a sociedade, dessa forma, facilitando o trabalho, aumentando a produtividade, introduzindo na sociedade uma série de facilidades que estão à disposição para melhorar a vida das pessoas. No entanto, muitos estudantes do ensino médio têm dificuldade em perceber a aplicabilidade dos conteúdos de física em situações reais, o que pode gerar desinteresse pela disciplina e pelas carreiras tecnológicas. Diante desse cenário, este trabalho apresenta uma atividade de extensão realizada por estudantes extensionistas de graduação e professores do curso de Engenharia Mecânica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau, junto a Escola Estadual Abdon Batista, em Jaraguá do Sul. O objetivo foi demonstrar, de forma prática e lúdica, a aplicação de conceitos físicos, como o princípio de Pascal em fluidos, o golpe de aríete e o parafuso de Arquimedes. As atividades, desenvolvidas durante a aula de física na escola de ensino médio, envolveram a realização de experimentos elaborados pelos estudantes de engenharia mecânica, como o labirinto hidráulico, acionado pelo princípio de Pascal, a bomba de aríete, de baixo custo, capaz de bombear água sem energia elétrica e utilizada em áreas rurais com fontes em desnível para bombeamento de água para irrigação e para os animais. Também foi apresentado o princípio e aplicação do parafuso de Arquimedes para transporte de água e grãos. Os alunos do ensino médio participaram dos experimentos, compreendendo os princípios físicos envolvidos, a forma como foram produzidos os equipamentos, seu funcionamento e sua relevância para a sociedade. O contato entre os estudantes de graduação do IFSC e os estudantes de ensino médio contribuiu para esclarecer dúvidas sobre a engenharia mecânica, sua área de atuação e o papel da tecnologia na sociedade. Os resultados indicam que a aproximação entre teoria e prática contribuiu para a compreensão dos conceitos de física e promoveu o despertar do interesse dos estudantes pelo desenvolvimento tecnológico, bem como maior engajamento na disciplina de física, ampliando as perspectivas de aprendizagem e formação na área tecnológica. O projeto reforça a importância das atividades de extensão universitária como ferramenta de divulgação científica e aproximação entre o IFSC e a sociedade, promovendo uma educação mais significativa e contextualizada.

Palavras-chave: Extensão Universitária. Engenharia Mecânica. Física Aplicada.

Instituição de fomento: IFSC edital PROEX N. 22/2024



DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA LOCAÇÃO DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO

Carlos Tadeu Godoi Filho¹; Anderson José Rozwot²; Raquel Nitsche dos Santos³; Frank Juergen Knaesel⁴

¹IFSC - carlosgodoi@gmail.com; ²IFSC - eloirozwot@gmail.com ; ³FSC – raquel.nitsche@ifsc.edu.br;

⁴FSC - frank.knaesel@ifsc.edu.br

Nas grandes cidades o tempo gasto na busca por uma vaga de estacionamento representa não apenas um transtorno individual para motoristas, mas também um impacto coletivo, incluindo o aumento da poluição, do congestionamento e do consumo de combustível. Esses fatores motivam a busca por soluções que contribuam para um uso mais racional dos espaços urbanos. Este trabalho apresenta um resumo sobre o desenvolvimento de um protótipo de sistema para a locação de vagas de estacionamento, com o objetivo de facilitar a identificação de proprietários de vagas disponíveis e motoristas que necessitam de estacionamento temporário. A metodologia adotada incluiu etapas como 1) pesquisa bibliográfica com o estudo de soluções semelhantes, como aplicativos de estacionamento; 2) levantamento dos principais requisitos funcionais para o sistema; 3) modelagem do sistema, incluindo a elaboração de diagramas e protótipos de tela e 4) desenvolvimento do protótipo. As atividades realizadas contemplam atividades clássicas do processo de desenvolvimento de software. Foi desenvolvido um protótipo de sistema incluindo as funcionalidades: cadastro de vagas de estacionamento, pesquisa de vagas, visualização de vagas e cadastro de usuários. Considera-se que o trabalho apresenta originalidade ao propor o desenvolvimento de um protótipo de sistema para locação de vagas de estacionamento voltado à utilização de espaços ociosos em imóveis residenciais ou comerciais de pessoas da comunidade, uma vez que atualmente, há poucas iniciativas na área, sendo que as soluções existentes estão mais focadas na gestão de estacionamentos tradicionais, como garagens públicas e privadas. Como contribuição científica e tecnológica considera-se que o trabalho pode contribuir para o avanço de plataformas de intermediação digital, fornecendo conceitos, ideias e artefatos que podem servir como base para futuras implementações, por parte de desenvolvedores, pesquisadores ou empreendedores interessados no tema. Como trabalhos futuros sugere-se realizar uma validação do protótipo com potenciais usuários da comunidade externa para coleta de feedback sobre a usabilidade, aceitação e relevância do sistema. Conclui-se que o trabalho realizado possui potencial de aplicação prática e pode ser aprimorado com testes de usabilidade junto a usuários, contribuindo para futuras pesquisas e inovações na área de mobilidade urbana.

Palavras-chave: Estacionamento, Mobilidade Urbana, Tecnologia.



AVALIAÇÃO DO SOLOLEARN COMO FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

Ana Carolina Fanhani Stralio¹; Stephane Beatriz Vale Aguiar²; Raquel Nitsche dos Santos³

¹IFSC - ana.c2002@aluno.ifsc.edu.br; ²IFSC - stephane.a@aluno.ifsc.edu.br; ³IFSC - raquel.nitsche@ifsc.edu.br

O domínio da lógica de programação é uma das competências essenciais para estudantes e profissionais da área de computação, sendo um dos pilares para o desenvolvimento de sistemas. Apesar de sua relevância, a aprendizagem dessa disciplina é tradicionalmente vista como um desafio, consequentemente também pode tornar-se uma barreira para a permanência dos estudantes em cursos relacionados à computação. Essas dificuldades motivam educadores a buscar recursos didáticos complementares que facilitem o ensino-aprendizagem de programação de computadores. Nesse contexto, os aplicativos móveis destacam-se como ferramentas de apoio educacional, por combinarem acessibilidade e elementos de gamificação. O presente estudo teve como objetivo analisar o potencial pedagógico do aplicativo SoloLearn para o ensino de lógica de programação, com ênfase no uso da linguagem C. A metodologia envolveu a avaliação de aplicativos móveis previamente selecionados na plataforma Google Play, utilizando critérios como aprendizagem, conteúdo, interatividade e usabilidade, disponíveis no método MoLEva. O SoloLearn organiza os conteúdos relacionados à lógica de programação em linguagem C utilizando módulos curtos e de fácil compreensão, incluindo textos explicativos, exercícios e quizzes para fixação. O aplicativo também oferece um editor de código que permite criar e executar programas, além de uma área onde é possível visualizar e testar códigos de outros usuários. Os resultados indicaram que o SoloLearn apresenta bom potencial de uso como ferramenta complementar em disciplinas voltadas ao ensino de lógica de programação, diferenciou-se especialmente pela disponibilização de conteúdo em português, explicações detalhadas nas respostas das atividades e sistema de gamificação para estimular o engajamento dos usuários, além de oferecer maior acesso gratuito em comparação a outros aplicativos analisados. Por outro lado, foram observadas limitações, como a frequente exibição de anúncios que incentivam a assinatura da versão paga e possíveis inconsistências na tradução automática do conteúdo. Conclui-se que o SoloLearn apresenta um bom potencial de uso como recurso pedagógico complementar para o ensino de lógica de programação utilizando a linguagem C, especialmente para estudantes iniciantes e com pouca fluência em inglês. Como trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos com a participação direta de estudantes, a fim de validar seus impactos no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Lógica de programação, Aplicativos educacionais, SoloLearn.

Instituição de fomento: IFSC.



PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE POR ELETRÓLISE: AVALIAÇÃO DE ELETRODOS E MONITORAMENTO COM ARDUINO

Isabela do Valle Failla¹; Davi Bell Marson²; Felipe Apolinario Schlickmann³; Maria Aparecida de Souza⁴; Rogério Luiz Nascimento⁵; Marcos Antônio Salvador⁶

¹Estudante do IFSC - isabela.vf14@aluno.ifsc.edu.br; ²Estudante do IFSC - marsondavi@gmail.com;

³Estudante do IFSC - felipeapolinario1002@gmail.com; ⁴Docente do IFSC - maria.souza@ifsc.edu.br;

⁵Docente do IFSC - rogerio.nascimento@ifsc.edu.br; ⁶Docente do IFSC - marcos.salvador@ifsc.edu.br

A busca por alternativas energéticas sustentáveis têm evidenciado o hidrogênio verde como uma das soluções promissoras, em razão de seu elevado potencial energético e da capacidade de substituir combustíveis fósseis, o que contribui para a redução significativa das emissões de gases de efeito estufa. Produzido via eletrólise da água, sua eficiência depende diretamente do material dos eletrodos e da solução eletrolítica. Em um primeiro estudo, foi avaliado o desempenho eletroquímico de diferentes eletrodos em soluções de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ e $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$, com concentrações de 0,1M e 1,0M, variando o pH entre uma solução básica (14) e uma neutra (7). Na sequência da pesquisa, iniciaram-se os testes com a melhor combinação identificada: eletrodos de platina e níquel-cromo em solução de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 1,0M, desta vez monitorados com um sistema de instrumentação utilizando Arduino. Os sensores permitem o monitoramento em tempo real de pressão, temperatura, tensão e corrente elétrica. Os experimentos foram realizados monitorando a pressão entre 10 e 15 kPa; assim, o tempo variou de 15 minutos até menos de 2 minutos para atingir a pressão desejada, diretamente proporcional à tensão aplicada (5 à 15V). Quanto maior a tensão, mais rápido a pressão era alcançada. A partir da equação de Clapeyron ($PV = nRT$), calculou-se o volume de Hidrogênio (H_2). Com base nos dados, determinou-se a carga elétrica ($Q = i \cdot t$), seguida do número de mols ($n = Q/F$). Com esses valores aplicados à equação de Clapeyron, o volume de gás produzido em uma pressão de 15 kPa e tensão de 5V foi de aproximadamente 0,06073 L. Os resultados confirmam que a escolha adequada de materiais, associada ao monitoramento auxiliado por um sistema utilizando Arduino, aumenta a confiabilidade experimental e fornece dados das grandezas físicas associadas para a otimização da produção de hidrogênio verde. O projeto encontra-se em fase de testes, e novas avaliações serão realizadas com outros tipos de eletrodos para comparar a produção de hidrogênio e ampliar a análise da eficiência do processo.

Palavras-chave: Hidrogênio verde, Eletrólise, Sustentável.

Instituição de fomento: CNPq, IFSC.



TEC-RAU: REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL PARA PROJETOS INTEGRADORES DOS CURSOS TÉCNICOS

L. B. NUNES^{1*}, B. C. CALEGARO¹

¹*Instituto Federal de Santa Catarina*

¹ lucas.bn@aluno.ifsc.edu.br

A propagação do conhecimento científico é de extrema importância para o desenvolvimento da ciência, especialmente aquele que é produzido nas instituições de ensino. Os avanços tecnológicos e o crescimento das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), transformaram substancialmente as interfaces existentes entre as informações e os pesquisadores, principalmente através de iniciativas como o Movimento do Acesso Aberto. Dentre as diversas ferramentas oriundas desses movimentos, destacam-se os Repositórios Institucionais (RIs), plataformas digitais que captam, armazenam e divulgam o capital intelectual institucional. No entanto, embora amplamente adotado por universidades, a aplicação efetiva de RIs ainda é limitada em cursos de nível técnico, como os oferecidos pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Diante deste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um RI local, voltado aos projetos integradores desenvolvidos nos cursos técnicos lecionados no campus Jaraguá do Sul-Rau do IFSC, o Tec-Rau. Para o desenvolvimento, optou-se por uma arquitetura moderna, utilizando o framework Nuxt.js (Vue) de forma pura, aproveitando sua flexibilidade para unificar o desenvolvimento do *front-end* e *back-end* em um único projeto. A stack tecnológica é composta também por Prisma com SQLite para o banco de dados e Tailwind CSS para a estilização. Como resultados concretos, o ambiente de desenvolvimento foi configurado, a modelagem do banco de dados concluída e o sistema de autenticação implementado, com o desenvolvimento atual focado no módulo de submissão de trabalhos. Espera-se que o Tec-Rau supra a lacuna existente na divulgação da produção de nível técnico, promovendo a equidade no tratamento das diferentes modalidades de ensino e alinhando-se aos pilares de verticalização do ensino, pesquisa e extensão da instituição.

Palavras-chave: Repositórios Institucionais, Plataforma Web, Comunicação Científica