

# PLANETA ÁGUA:

A CULTURA OCEÂNICA PARA ENFRENTAR AS  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MEU TERRITÓRIO

**SECITEC**  
*Planeta Água: cultura oceânica para enfrentar  
as mudanças climáticas no meu território* **2025**



ITUMBIARA - GO

## ORGANIZADORES:

**BRUNO GABRIEL GUSTAVO LEONARDO ZAMBOLINI VICENTE**

**FERNANDO DOS REIS DE CARVALHO**

**GHUNTER PAULO VIAJANTE**

**LEONARDO GARCIA MARQUES**

**LUCIENE CORREIA SANTOS DE OLIVEIRA**

**MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA**

**SIMONE MACHADO GOULART**

EBOOK

Bruno Gabriel Gustavo Leonardo Zambolini Vicente

Fernando dos Reis de Carvalho

Ghunter Paulo Viajante

Leonardo Garcia Marques

Luciene Correia Santos de Oliveira

Marcelo Escobar de Oliveira

Simone Machado Goulart

**(ORGANIZADORES)**



## PLANETA ÁGUA: a cultura oceânica para enfrentar as mudanças climáticas no meu território

**ISBN: 978-65-02-08781-7**

Itumbiara – Goiás

2026

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

SECITEC - Semana de Educação, Ciência e Tecnologia  
(3. : 2025 : Itumbiara, GO)

Planeta água [livro eletrônico] : a cultura  
oceânica para enfrentar as mudanças climáticas  
no meu território. -- Itumbiara, GO :  
Ed. dos Autores, 2026.

PDF

Vários autores.

Vários organizadores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-02-08781-7

1. Artigos - Coletâneas 2. Mudanças climáticas  
3. Oceanos 4. Tecnologia I. Título.

26-357654.0

CDD-001.42

#### Índices para catálogo sistemático:

1. Artigos científicos : Coletâneas 001.42

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

## PREFÁCIO

É com grande satisfação que apresentamos à comunidade o terceiro e-book do IFG Câmpus Itumbiara, que reúne uma coletânea dos principais trabalhos apresentados na SECITEC – Semana de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG – Câmpus Itumbiara.

Na edição de 2025, o evento teve como tema central *“Planeta Água: a cultura oceânica para enfrentar as mudanças climáticas no meu território”*, estimulando reflexões e produções acadêmicas voltadas a um dos maiores desafios contemporâneos.

Os trabalhos aqui apresentados foram avaliados por professores do Câmpus, que selecionaram aqueles de maior destaque. O resultado é esta compilação de artigos e ideias que se diferenciam pela originalidade, consistência técnica e qualidade científica.

Cada produção representa o compromisso dos estudantes com a pesquisa, a inovação e a construção do conhecimento. Ao evidenciar esses projetos, reconhecemos tanto o mérito individual de cada participante quanto o potencial transformador da ciência e da tecnologia em nossa sociedade.

Ao longo destas páginas, os leitores terão a oportunidade de conhecer parte das atividades acadêmicas e de pesquisa desenvolvidas no IFG Câmpus Itumbiara, além de refletir sobre temáticas relevantes nas áreas de engenharia, química, educação e campos afins, incentivando o aprofundamento do conhecimento e o pensamento crítico.

Agradecemos a todos os envolvidos na SECITEC 2025, estudantes, professores, comissão organizadora e núcleos de pesquisa

Que este e-book inspire e motive acadêmicos, pesquisadores e todos aqueles que reconhecem o poder transformador da educação, da ciência e da tecnologia.

**Ghunter Paulo Viajante**

Presidente da Comissão Científica da SECITEC 2025  
IFG Câmpus Itumbiara

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1-----</b>	<b>01</b>
<b>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SIMULAÇÕES E MEDIÇÕES EM UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE LINHA DE TRANSMISSÃO</b>	
<i>ANNA KAROLYNA M. RODRIGUES, ERYC DIAS M. SILVA, IGOR F. SILVA, MICAEL F. MOURA E MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA</i>	
<b>CAPÍTULO 2-----</b>	<b>14</b>
<b>DIÁRIO REFLEXIVO: UMA PRÁTICA NARRATIVA DE PESQUISA</b>	
<i>ANAIR ARAÚJO DE FREITAS SILVA</i>	
<b>CAPÍTULO 3-----</b>	<b>21</b>
<b>ANÁLISE DO AGROTÓXICO CLORPIRIFÓS EM BEBIDAS À BASE DE LARANJA DESTINADAS AO PÚBLICO INFANTIL</b>	
<i>ALLINY FARIA SANTANA, ADILSON CORREIA GOULART E SIMONE MACHADO GOULART</i>	
<b>CAPÍTULO 4-----</b>	<b>29</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM TRAÇADOR DE CURVA SOLAR DE BAIXO CUSTO COM AJUSTE DE CURVA PARA O PADRÃO STC.</b>	
<i>YURI DIAS PARANAIBA CIRINO, ERIC NERY CHAVES, GHUNTER PAULO VIAJANTE, MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA E DANIEL FERREIRA RESENDE</i>	
<b>CAPÍTULO 5-----</b>	<b>37</b>
<b>RETRATOS DA LEITURA NO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS: O COMPORTAMENTO LEITOR DE ESTUDANTES DOS CURSOS TÉCNICOS INTEGRADOS AO ENSINO MÉDIO</b>	
<i>JOÃO PEDRO BARROS SANTOS, NAYARA SOARES DA SILVA E DALVA RAMOS DE RESENDE MATOS</i>	
<b>CAPÍTULO 6-----</b>	<b>45</b>
<b>BIONEMATICIDAS PROMOVEM CRESCIMENTO DE MINI ALFACE</b>	
<i>THAYSSA MONIZE ROSA DE OLIVEIRA, MARIA JÚLIA OLIVEIRA GARCIA MARQUES, JORDANA AUGUSTA VERONEZ SILVA, JOÃO VITOR MESQUITA DA SILVA E BRENO JUNQUEIRA MELO</i>	
<b>CAPÍTULO 7-----</b>	<b>51</b>
<b>RETRATOS DE MARIE CURIE: ANÁLISE DAS ILUSTRAÇÕES EM LIVROS DA LITERATURA INFANTOJUVENIL.</b>	
<i>BLYENY HATALITA PEREIRA ALVES, THIAGO OLIVEIRA BARROS E LUIZA BARROS FERREIRA</i>	
<b>CAPÍTULO 8-----</b>	<b>59</b>
<b>MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DE UM MOTOR/GERADOR CC COM ESCOVAS COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO ENSINO TÉCNICO</b>	
<i>DAVI FERREIRA VIAJANTE, VINÍCIUS DOS SANTOS VITO, LUCAS GABRYELL LIRA COSTA, GABRIEL MIGUEL DE OLIVEIRA SOUZA E MICAEL FERREIRA MOURA</i>	
<b>CAPÍTULO 9-----</b>	<b>66</b>
<b>A HORTA ESCOLAR COMO PROPOSTA DE APRENDIZAGEM CIENTÍFICA NA EJA</b>	
<i>WITISMAR MARTINS CÂNDIDO VIEIRA, SHEILA SILVA FERREIRA E TATIANA APARECIDA ROSA DA SILVA</i>	
<b>CAPÍTULO 10-----</b>	<b>73</b>
<b>HORTA-VIVA IFG: DESENVOLVIMENTO DE JOGO DIGITAL EDUCATIVO SOBRE AGROECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE</b>	
<i>WITISMAR MARTINS CÂNDIDO VIEIRA E TATIANA APARECIDA ROSA DA SILVA</i>	
<b>CAPÍTULO 11-----</b>	<b>80</b>
<b>PLANETA ÁGUA E INCLUSÃO: A CULTURA OCEÂNICA COMO VIA DE ENFRENTAMENTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DE PROMOÇÃO DA CONSCIÊNCIA SOCIOAMBIENTAL NO TERRITÓRIO ESCOLAR</b>	
<i>PEDRO AUGUSTO PRATA BARBOSA E GISELLE CARVALHO BERNARDES</i>	

<b>CAPÍTULO 12-----</b>	<b>87</b>
<b>PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO A PARTIR DO PSEUDOCAULE DA BANANEIRA</b>	
<i>LUCAS MIGUEL SILVA DOS SANTOS, JOÃO GABRIEL SILVA CAMARGO E THIAGO ALVEZ LOPES SILVA</i>	
<b>CAPÍTULO 13-----</b>	<b>94</b>
<b>AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM PROTÓTIPO EM ESCALA REUZIDA PARA PRODUÇÃO E CONVERSÃO ENERGÉTICA COM HIDROGÊNIO</b>	
<i>FLÁVIO ROSA DE MACEDO, ROGÉRIO CANDIDO DA SILVA FILHO, GIOVANI AUD LOURENÇO E JOSEMAR ALVES DOS SANTOS JUNIOR</i>	
<b>CAPÍTULO 14-----</b>	<b>102</b>
<b>MODELAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS EM MDF POR CORTE CNC A LASER</b>	
<i>ERYC DIAS MEDEIROS SILVA, ANNA JÚLIA SANDIM MORAIS, ANNA KAROLYNA MARQUES RODRIGUES, IGOR FERNANDES SILVA E JOSEMAR A. DOS SANTOS JR.</i>	
<b>CAPÍTULO 15-----</b>	<b>108</b>
<b>ANÁLISE DA COMPENSAÇÃO REATIVA NA INTERLIGAÇÃO MANAUS-BOA VISTA UTILIZANDO O SOFTWARE ANAREDE</b>	
<i>GILMAR VIEIRA GARCIA, IGOR FERNANDES SILVA E MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA</i>	
<b>CAPÍTULO 16-----</b>	<b>116</b>
<b>AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTÁTICA E DINÂMICA DO SISTEMA IEEE 14 BARRAS COM A INTEGRAÇÃO DE UM GERADOR EÓLICO DO TIPO GSE</b>	
<i>IGOR FERNANDES SILVA, ERYC DIAS MEDEIROS SILVA E MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA</i>	
<b>CAPÍTULO 17-----</b>	<b>124</b>
<b>FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PARA RECONHECIMENTO DE ONDAS DE ELETROCARDIOGRAMA</b>	
<i>EMILE SILVA SANTANA, MIGUEL ALEXANDRE BARBOSA COSTA E MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA</i>	

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SIMULAÇÕES E MEDIÇÕES EM UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE LINHA DE TRANSMISSÃO

**ANNA KAROLYNA M. RODRIGUES** – anna.karolyna@academico.ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**ERYC DIAS M. SILVA** - erycerycdiasdias@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**IGOR F. SILVA** - igorfernandesacruz@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**MICAEL F. MOURA** - micaelferreira792@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA** - marcelo.oliveira@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**RESUMO:** Este estudo apresenta uma análise comparativa sistemática entre um protótipo físico de linha de transmissão (LT), e simulações numéricas realizadas no ambiente MATLAB. O objetivo principal foi validar a eficácia do modelo computacional, baseado na Teoria de Quadripolos e matrizes de transmissão, em prever perfis de tensão sob variadas condições de carga. A bancada experimental utiliza parâmetros concentrados em dez células modelo pi para representar uma LT longa. Foram testados cenários a vazio, resistivos, capacitivos, indutivos e mistos, permitindo a observação de fenômenos como o Efeito Ferranti e quedas de tensão longitudinais. Os resultados demonstraram alta fidedignidade, com erros médios variando entre 0,48% e 5,48%. Conclui-se que o protótipo e o modelo digital são ferramentas pedagógicas robustas para o ensino de Sistemas Elétricos de Potência, integrando com precisão teoria e prática experimental.

**PALAVRAS-CHAVES:** LINHA DE TRANSMISSÃO; MODELO PI; TEORIA DE QUADRIPOLOS; SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL; ESTABILIDADE DE TENSÃO.

### 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Sistemas Elétricos de Potência apresenta desafios intrínsecos em razão da natureza abstrata dos fenômenos eletromagnéticos envolvidos. Conceitos fundamentais, embora matematicamente definidos, carecem frequentemente de representação tangível em sala de aula. De acordo com Moreira (2021), a educação em áreas tecnológicas muitas vezes falha ao negligenciar a modelagem física, pois as ciências exatas dependem de aproximações controladas que só a experimentação torna compreensíveis. Nesse contexto, a utilização de modelos

didáticos físicos torna-se imperativa, pois estes atuam como vetores de concretização da teoria, permitindo aos discentes a observação empírica de comportamentos sistêmicos.

Contudo, a integração de ferramentas de simulação computacional ao currículo de engenharia exige a garantia prévia de sua fidedignidade. A validação de modelos computacionais frente a equivalentes físicos constitui uma etapa metodológica indispensável; conforme destacam Barbosa e Moura (2013), o uso de metodologias ativas e simulações exige que o ambiente virtual reflita, com precisão aceitável, a complexidade do mundo real.

O presente estudo fundamenta-se na utilização do protótipo experimental desenvolvido por Santos (2023), intitulado "Modelo reduzido de linha de transmissão para fins didáticos". A pesquisa propõe uma análise comparativa sistemática entre as medições obtidas neste protótipo e as previsões geradas por modelagem matemática no ambiente MATLAB. O objetivo central reside na verificação da fidelidade do modelo computacional em prever o perfil de tensão na barra de carga, investigando desde cenários indutivos até capacitivos, onde a geração de reativos pode ocasionar a elevação dos níveis de tensão, fenômeno análogo ao Efeito Ferranti.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento foi estruturado na correlação direta entre os dados experimentais, coletados em bancada laboratorial, e os resultados teóricos, obtidos por meio de simulação numérica rigorosa.

### 2.1 O PROTÓTIPO FÍSICO

A infraestrutura experimental utilizada neste estudo consiste no protótipo físico projetado e construído por Santos (2023), apresentado na figura 1. Para reproduzir o comportamento de uma LT longa diante das limitações físicas do laboratório, a autora empregou a técnica de parâmetros concentrados, amplamente utilizada em modelagens experimentais de sistemas distribuídos, segmentando o sistema em dez células idênticas conectadas em série, formando uma estrutura em cascata.

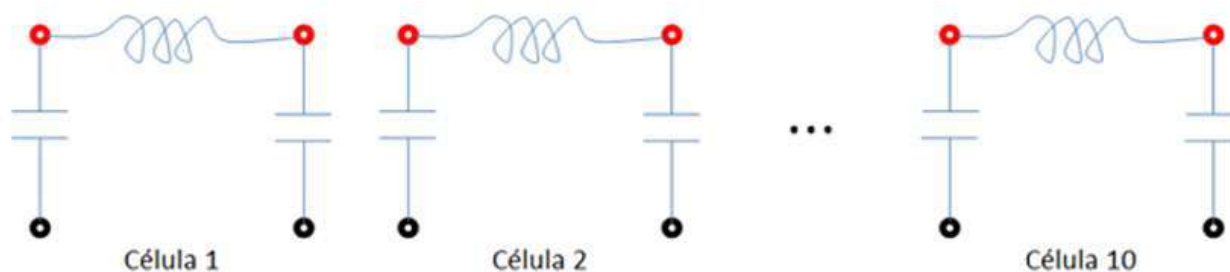
**FIGURA 1 - BANCADA DIDÁTICA COMPOSTA POR DEZ MODELOS EM CASCATA.**



Fonte: Autores (2025).

Cada célula adota a topologia de modelo pi, composta por indutores, capacitores e resistores que representam a indutância, capacitância e a resistência distribuídas da LT real, conforme ilustrado na figura 2.

**FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA BANCADA EXPERIMENTAÇÃO.**



Fonte: Santos (2023)

Para garantir a segurança operacional e a flexibilidade dos ensaios, a alimentação do sistema foi realizada por meio de um autotransformador variável (Varivolt). Este equipamento possibilitou a varredura de tensão de entrada em uma faixa de 20V a 100V, permitindo a análise da linearidade e do comportamento da linha sob diferentes níveis de excitação.

## 2.2 MODELAGEM COMPUTACIONAL

Paralelamente aos ensaios físicos, foi desenvolvido um algoritmo de simulação no ambiente MATLAB. A modelagem matemática baseou-se na Teoria de Quadripolos, empregando a representação matricial da LT.

Diferente de uma simulação simples de circuitos, o algoritmo utiliza a representação matricial da linha por meio da Teoria de Quadripolos. Cada um dos dez módulos físicos do modelo pi foi representado por sua respectiva Matriz de Transmissão (Matriz ABCD). O comportamento total da linha foi obtido pela multiplicação em cadeia dessas dez matrizes, conforme a equação (1):

$$[T]_{\text{total}} = [T]_1 \times [T]_2 \times \dots \times [T]_{10}$$

Essa abordagem permite reproduzir digitalmente, com elevado grau de precisão, os parâmetros elétricos reais dos componentes utilizados na bancada, tais como resistores, indutores e capacitores, utilizados na bancada.

## 2.3 CENÁRIOS DE CARGA E CONDIÇÕES OPERATIVAS

Para assegurar uma validação abrangente, o sistema foi submetido a cinco configurações de carga distintas, cobrindo todo o espectro de operação possível, desde condições capacitivas até indutivas:



1. A Vazio: A extremidade receptora permanece desconectada, permitindo a observação do Efeito Ferranti, onde a capacitância da linha provoca uma elevação de tensão na saída em relação à entrada.
2. Carga Resistiva (R): Utilização de uma resistência de 155,4 Ohm, medida no modulo de carga resistiva e, adotada como referência para a análise do consumo de potência ativa e a queda de tensão resistiva.
3. Carga Capacitiva (C): Conexão de um banco de capacitores de 20,13uF, medido no modulo de carga capacitiva. Este cenário simula a compensação de reativos e o fornecimento de suporte de tensão à rede.
4. Carga Indutiva (L): Inserção de um indutor de 1,059 H, medido no modulo de carga indutiva e, representando cargas industriais típicas, como motores elétricos, caracterizadas pelo elevado consumo de potência reativa e pela acentuada queda de tensão.
5. Cargas Mistas (RC e RL): Associações de elementos resistivos com capacitivos e indutivos, aproximando o experimento de condições reais de operação, nas quais as cargas raramente apresentam comportamento puramente resistivo, capacitivo ou indutivo.

### 3. RESULTADOS

A análise dos resultados foi conduzida com base no comportamento da regulação de tensão observado em cada cenário de carga.

#### 3.1 A VAZIO

A análise dos dados apresentados na Tabela 1 evidencia o comportamento típico de linhas de transmissão longas operando em regime a vazio, no qual se manifesta o Efeito Ferranti. Esse fenômeno decorre da predominância do caráter capacitivo distribuído da linha, fazendo com que a corrente capacitiva de carga produza uma elevação gradual do potencial elétrico ao longo do comprimento da LT. Como resultado, a tensão na extremidade receptora supera sistematicamente a tensão de envio, condição confirmada em todos os pontos experimentais avaliados.

No processo de validação do modelo computacional, verificou-se elevada aderência entre valores medidos e simulados, com erro médio de -1,25%. A predominância de erros negativos indica leve superestimação das tensões pelo modelo. Tal comportamento é consistente com a simplificação teórica adotada, na qual a linha é representada por parâmetros distribuídos ideais, sem a inclusão explícita de perdas resistivas parasitas, efeitos de aquecimento, resistências de contato e não linearidades de componentes reais. Esses fatores físicos presentes na bancada experimental atuam como mecanismos de amortecimento, reduzindo a magnitude da elevação de tensão observada na prática.



**TABELA 1 - COMPARATIVO ENTRE TENSÕES SIMULADAS E MEDIDAS PARA O CENÁRIO SEM CARGA.**

A Vazio			
V(Entrada)	V(Simu)	V(Saída)	Erro %
20,30	21,63	21,00	-2,92
40,10	42,73	42,00	-1,71
59,70	63,62	63,00	-0,97
80,00	85,25	85,00	-0,30
99,80	106,35	106,00	-0,33
			-1,25

Fonte: Autores (2025).

### 3.2 CARGAS RESISTIVAS

Os resultados apresentados na Tabela 2 correspondem ao regime com carga puramente resistiva, no qual predomina o transporte de potência ativa. Diferentemente do caso a vazio, observa-se queda de tensão ao longo da linha, consequência direta da impedância série e das perdas ôhmicas distribuídas. A circulação de corrente ativa provoca dissipação de potência nos condutores, resultando em gradiente decrescente de tensão da origem até a carga. Para tensão de entrada de 99,90 V, a tensão terminal reduziu-se para 86,50 V, evidenciando a influência dominante da resistência longitudinal.

Esse cenário apresentou a melhor concordância entre modelo e experimento, com erro médio global de 0,48%, indicando elevada fidelidade da parametrização resistiva adotada no MATLAB. A oscilação do erro entre valores levemente negativos e positivos, sempre inferiores a 1%, sugere ausência de viés sistemático relevante e valida a modelagem das perdas ôhmicas. Isso demonstra que os parâmetros de resistência série foram corretamente estimados, refletindo de forma realista o comportamento dissipativo da linha.

**TABELA 2 - COMPARATIVO ENTRE TENSÕES SIMULADAS E MEDIDAS PARA O CENÁRIO COM CARGA RESISTIVA.**

Resistiva (155,4 Ohm)			
V(Entrada)	V(Simu)	V(Saída)	Erro %
19,90	17,08	17,00	-0,45
40,00	34,33	34,50	0,50
59,40	50,98	51,30	0,64
80,00	68,65	69,20	0,80
99,90	85,73	86,50	0,90
			0,48

Fonte: Autores (2025).

### 3.3 CARGAS CAPACITIVAS

Nos ensaios com carga capacitiva, assim como no regime a vazio, verificou-se elevação de tensão ao longo da linha. Nesse caso, além da capacitância distribuída própria da LT, a carga adiciona componente reativa capacitiva concentrada, intensificando o fluxo de potência reativa de natureza capacitiva. Essa condição reduz a queda de tensão associada à reatância indutiva série e pode resultar em sobre-elevação da tensão na extremidade receptora.

Conforme a Tabela 3, o modelo computacional reproduziu adequadamente a tendência física de aumento de tensão. Entretanto, a divergência média foi superior à observada nos casos anteriores, atingindo 3,72%, com superestimação sistemática da tensão receptora. Esse comportamento pode ser atribuído à idealização dos capacitores no modelo, que desconsidera perdas dielétricas, resistências série equivalentes (ESR) e dispersões paramétricas dos componentes reais, fatores que reduzem a magnitude do efeito capacitivo na prática.

**TABELA 3 - COMPARATIVO ENTRE TENSÕES SIMULADAS E MEDIDAS PARA CENÁRIOS DE CARGA CAPACITIVA.**

Capacitiva (20,13 uF)				RC (155,4 Ohm + 20,13 uF)			
V(Entrada)	V(Simu)	V(Saida)	Erro %	V(Entrada)	V(Simu)	V(Saida)	Erro %
19,40	48,04	46,40	-3,42	19,90	23,51	23,00	-2,15
39,90	98,81	95,00	-3,86	40,10	47,37	47,00	-0,77
59,80	148,09	142,00	-4,11	60,80	71,82	71,00	-1,14
79,70	197,37	190,00	-3,73	80,20	94,73	94,00	-0,77
100,40	248,63	240,00	-3,47	100,10	118,24	118,00	-0,20
			-3,72				-1,01

Fonte: Autores (2025).

### 3.4 CARGAS INDUTIVAS

A inserção de indutância no sistema permitiu analisar o regime de absorção de potência reativa indutiva, caracterizado por queda de tensão mais acentuada. Cargas L e RL demandam potência reativa positiva, que se soma à reatância indutiva série da própria linha, elevando a queda de tensão longitudinal. Esse efeito reduz significativamente a tensão disponível na extremidade receptora, configurando comportamento oposto ao observado nos casos capacitivos.

Esse cenário apresentou o maior desvio percentual entre simulação e experimento, com erro médio de 5,48% (Tabela 4). Para tensão de entrada de 100 V, mediu-se 94,5 V na carga, enquanto o modelo previu 89,44 V, caracterizando estimativa conservadora. O erro sistemático sugere possível superestimação da indutância equivalente no modelo ou subestimação das perdas resistivas reais associadas aos indutores físicos. Além disso, indutores reais apresentam resistência ôhmica do enrolamento e perdas no núcleo magnético, que alteram o ângulo de fase e reduzem o efeito puramente reativo considerado na simulação.



**TABELA 4 - COMPARATIVO ENTRE TENSÕES SIMULADAS E MEDIDAS PARA CENÁRIOS DE CARGA INDUTIVAS.**

RL (155,4 Ohm + 1,059 H)				Indutiva (1,059 H)			
V(Entrada)	V(Simu)	V(Saída)	Erro %	V(Entrada)	V(Simu)	V(Saída)	Erro %
20,10	18,10	19,00	4,98	20,00	17,89	18,80	5,10
40,00	36,02	38,00	5,51	40,00	35,78	37,60	5,10
60,00	54,02	56,90	5,32	60,00	53,66	56,60	5,47
80,00	72,03	76,10	5,65	80,10	71,64	75,60	5,53
100,10	90,13	95,50	5,96	100,00	89,44	94,50	5,66
			5,48				5,37

Fonte: Autores (2025).

## 4. CONCLUSÃO

A análise comparativa confirmou a eficácia do protótipo e do modelo computacional como ferramentas complementares no ensino de SEP. O sistema mostrou-se capaz de reproduzir com fidelidade as duas faces da regulação de tensão: a elevação de tensão associada a efeitos capacitivos, validada nos ensaios a vazio e com carga C, e a queda de tensão decorrente do consumo de potência reativa, observada nos cenários com cargas L e mistas.

Apesar de pequenas discrepâncias percentuais, atribuídas a tolerâncias dos componentes e perdas parasitas não modeladas, a correlação linear entre medição e simulação foi mantida em todos os cenários. Conclui-se que o conjunto didático oferece uma representação fidedigna de uma LT real, tanto sob ótica técnica quanto pedagógica permitindo aos estudantes visualização prática de fenômenos fundamentais da engenharia de potência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, Poliana Caldeira dos. Modelo reduzido de linha de transmissão para fins didáticos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - IFG, Itumbiara.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 48-67, maio/ago. 2013.

MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

MORAES, Gustavo Gutierrez Ferreira. Estudo do Efeito Ferranti na linha de transmissão 230 kV: Inocência - Rio Verde do Norte utilizando o ATPDraw. 2025. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2025.

MOURA, Ailson Pereira de; MOURA, Adriano Aron Freitas de; ROCHA, Ednardo Pereira da. Engenharia de sistemas de potência: transmissão de energia elétrica em corrente alternada. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

SILVA, André Lucas dos Santos. Análise de potências e fator de potência em sistemas elétricos. Redenção: UNILAB, 2019.

GUIMARÃES, Carlos Henrique Costa. Sistemas Elétricos de Potência e seus Principais Componentes. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2021.

## CAPÍTULO 2

# DIÁRIO REFLEXIVO: UMA PRÁTICA NARRATIVA DE PESQUISA

ANAIR ARAÚJO DE FREITAS SILVA – anair.silva@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** Este capítulo se origina de uma pesquisa de doutorado, desenvolvida no PPGED-UFU, no período de 2021 a 2025. O estudo promoveu discussões e reflexões acerca das histórias de vida na formação contínua de docentes em serviço. Neste texto, são abordadas, especificamente, as contribuições do Diário Reflexivo (Oliveira *et al.*, 2013) como proposta metodológica em pesquisas acadêmicas, considerando que o uso dessa ferramenta pode favorecer o desenvolvimento das narrativas dos sujeitos e a prática da escrita reflexiva por meio de registros. Nesse contexto, surge a seguinte indagação: como os diários reflexivos podem contribuir para a prática narrativa em uma pesquisa? O objetivo consiste em compreender de que modo a utilização dos diários reflexivos pode suscitar a prática reflexiva e fomentar a escrita autoral no âmbito investigativo. O estudo seguiu os pressupostos da pesquisa exploratória (Gil, 2008), com abordagem qualitativa dos dados. Os resultados demonstraram que a escrita autoral no Diário Reflexivo incentivou as(os) participantes a registrar seus pensamentos e reflexões, bem como a atribuir maior importância à prática cotidiana do registro da vida.

**PALAVRAS-CHAVES:** EDUCAÇÃO; FORMAÇÃO DOCENTE; PESQUISA CIENTÍFICA; NARRATIVAS.

## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem seu fundamento em uma pesquisa de doutorado (Silva, 2025), desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, no período de 2021 a 2025. O estudo teve como foco as histórias de vida e a formação contínua de docentes em serviço em uma escola pública estadual localizada no estado de Goiás.

A produção aqui apresentada analisa, em especial, as contribuições do Diário Reflexivo (Oliveira *et al.*, 2013) como proposta metodológica em pesquisas acadêmicas, considerando seu potencial para favorecer o desenvolvimento das narrativas dos sujeitos e a prática da escrita reflexiva por meio de registros sistematizados.

Assim, propomos seguinte questão: como os diários reflexivos podem contribuir para a prática narrativa em uma pesquisa? O objetivo consiste em compreender de que modo a utilização dos diários reflexivos pode suscitar a reflexão sobre a prática docente e fomentar a escrita autoral no âmbito investigativo e profissional. A investigação seguiu os pressupostos de uma pesquisa de natureza exploratória (Gil, 2008), com abordagem qualitativa e a produção dos dados ocorreu por meio da utilização do Diário Reflexivo como instrumento formativo e investigativo.

Participaram do estudo 11 professoras(es)<sup>1</sup> que atuavam no Ensino Fundamental, no Ensino Médio e na Educação de Jovens e Adultos. Cada participante recebeu um caderno-diário, organizado pela pesquisadora, destinado ao registro sistemático de reflexões ao longo do processo formativo desenvolvido na escola.

A análise dos dados foi realizada com base na Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016), contemplando as etapas de organização, categorização e interpretação das informações produzidas. Os resultados indicaram que a escrita autoral no Diário Reflexivo incentivou as(os) participantes a registrar pensamentos e reflexões, bem como a atribuir maior relevância à prática cotidiana do registro em suas dimensões pessoal e profissional.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A pesquisa acadêmica, ao longo dos anos, vem buscando formas de construção dos dados que sejam formativas e que favoreçam a transformação do contexto investigado, bem como dos sujeitos que dela participam. Uma dessas formas é encontrada em estudos que trabalham com as histórias de vida das(os) participantes, a fim de conhecer sua trajetória e experiências vivenciadas na vida pessoal e profissional, além de provocar reflexões que possibilitem transformações futuras.

Nesse sentido, a utilização de diários como recurso narrativo tem sido recorrente em pesquisas dedicadas ao estudo das histórias de vida, das (auto)biografias, das memórias e das narrativas, entre outros enfoques (Andrade; Almeida, 2018; Batista, 2019; Faria, 2017; Macedo, 2010; Oliveira, 2014; Reichmann, 2013).

De acordo com os estudos dessas(es) autoras(es), os diários recebem diferentes denominações – diário reflexivo, diário de bordo, diário de campo – conforme a perspectiva teórico-metodológica adotada por cada pesquisadora(or) e os objetivos de sua utilização. São empregados em distintas áreas do conhecimento e têm como finalidade central o registro escrito de impressões e reflexões de quem os produz, conferindo à(ao) participante liberdade para expressar pensamentos, aprendizagens e posicionamentos acerca de determinado tema ou experiência.

Conforme Oliveira *et al.* (2013, p. 204), o diário reflexivo desempenha “[...] um papel importante como estratégia que potencializa a construção do conhecimento de forma reflexiva, com vista a uma progressiva emancipação dos sujeitos em formação”. As palavras das(os) autoras(es) reforçam nossa intenção primordial ao utilizar essa ferramenta como dispositivo provocador da reflexão e da autorreflexão, evidenciando seu potencial formativo e emancipatório no processo de construção do conhecimento.

Conforme ressalta Oliveira (2014), a prática de registro em diários antecede sua incorporação

---

<sup>1</sup> Opto por utilizar a indicação de gênero no feminino, seguida do masculino entre parênteses, como forma de valorizar a presença feminina na pesquisa e na educação, considerando, ainda, que as mulheres constituem a maioria das participantes na investigação realizada.

às pesquisas científicas. Desde o século X, esse tipo de escrita era utilizado por grupos sociais letrados, em um contexto no qual o registro escrito era restrito a poucos. A partir do século XVII, com a ampliação do acesso à escrita, diversos documentos passaram a ser produzidos no formato de diários.

No âmbito das pesquisas acadêmicas, o Diário constitui um recurso relevante tanto para as(os) participantes quanto para a(o) pesquisadora(or), pois, além de favorecer a reflexão sobre a prática, possibilita a produção de informações significativas para o aprofundamento e otimização da investigação. Nesse sentido, Macedo (2010, p. 134) afirma que:

Além de ser utilizado como instrumento reflexivo para o pesquisador, o gênero diário é, em geral, utilizado como forma de conhecer o vivido dos atores pesquisados, quando a problemática da pesquisa aponta para a apreensão dos significados que os atores sociais dão à situação vivida. O diário é um dispositivo na investigação, pelo seu caráter subjetivo, intimista.

Conforme as proposições do autor, ao utilizar os Diários para o registro das reflexões elaboradas pelos sujeitos, a(o) pesquisadora(or) tem a possibilidade de apreender os significados atribuídos às situações e experiências vivenciadas. Nessa perspectiva, ocorre uma compreensão de que a prática do Diário se configura como um exercício do movimento ação–reflexão–ação, orientado à ressignificação de pensamentos, concepções e atitudes.

### 3. RESULTADOS

O Diário Reflexivo constituiu um dos instrumentos de produção de dados na pesquisa anteriormente mencionada. Sua utilização teve como finalidade promover a prática sistemática do registro de experiências pessoais e profissionais, com vistas à reflexão e à possível transformação da ação docente e da atuação social, pois, como enfatiza Faria (2017, p. 316),

[...] reforço a importância de se refletir sobre a própria prática docente e os elementos constitutivos dessa, posto que é por meio da produção reflexiva que se torna possível investigar, de modo externo, as minhas atitudes e ações em sala de aula na interação com os alunos e outros atores educacionais.

No âmbito da nossa investigação, foi desenvolvido um projeto de extensão<sup>2</sup> com as(os) participantes, fundamentado nos pressupostos teórico-metodológicos das histórias de vida e nas narrativas produzidas por meio de entrevistas individuais. A partir dessas informações, o planejamento das ações foi elaborado e conduzido pela pesquisadora. Em cada encontro formativo, era trabalhado um tema específico, articulado à realização de atividades que estimulassem a reflexão individual e coletiva.

<sup>2</sup> As ações formativas desenvolvidas na pesquisa foram cadastradas como Projeto de Extensão na Pró-Reitoria de Extensão – PROEX da Universidade Federal de Uberlândia, sob a coordenação geral da professora Dra. Vanessa T. Bueno Campos, vinculada à Faculdade de Educação e ao Programa de Pós-Graduação em Educação da referida universidade. Os momentos formativos realizados com as(os) docentes foram ministrados pela pesquisadora.



Nesse contexto, o Diário Reflexivo foi adotado como estratégia metodológica para o registro dos momentos formativos realizados com as(os) docentes. Ao final de cada atividade, as(os) participantes eram convidadas(os) a registrar, por escrito, suas impressões, reflexões e posicionamentos acerca dos temas discutidos. As propostas desenvolvidas contemplavam situações relacionadas tanto à vida pessoal quanto à prática profissional.

Inicialmente, a pesquisadora apresentou a proposta do diário, explicando sua finalidade e a forma como seria utilizado ao longo do processo formativo, assegurando às(aos) participantes total liberdade e criatividade para a realização dos registros pessoais e profissionais.

A primeira atividade consistiu na introdução do diário como instrumento formativo, marcando o início de sua utilização na pesquisa. Em seguida, foi proposto que cada participante realizasse um primeiro registro, como forma de expressar sua receptividade a esse instrumento de caráter pessoal. Cada uma(um) escreveu sobre o que sentia ao utilizar um “diário”, em alguns casos, pela primeira vez na vida.

A seguir, apresentamos os registros deixados por cada participante em seu Diário Reflexivo.

**QUADRO 01 – REGISTROS INICIAIS NO DIÁRIO REFLEXIVO**

Participante	Registro
Lispector	“Que bom estar contigo, diário! Creio que seremos bons amigos. Vamos combinar o seguinte: <b>você me ensina, eu aprendo. Eu te ensino, você aprende.</b> Vamos <b>trocar</b> confidências em conversas sérias de muito teor <b>formativo</b> ou, por vezes, podemos treinar a <b>contação</b> de brincadeiras ou conversas sobre nada. <b>Escutar</b> nas entrelinhas.”
Borboleta ativa	“Olá, querido diário! Eu estou muito feliz de estar com você. Recebi o convite e quis participar destes momentos para continuar a minha <b>metamorfose</b> . Acredita, querido diário, que recebi críticas por estar aqui? Mas não me importo, o que importa é o meu <b>querer</b> .”
Aysha	Olá! Será um prazer <b>dividir</b> os próximos meses com você. Espero que sejam momentos de <b>troca, reflexão, autoconhecimento</b> , insights e <b>processos criativos</b> .”
Bia Bel	“Participar desse Ateliê Formativo é um passo importante que dou na minha <b>renovação</b> , a minha cura. Quero <b>acreditar</b> na importância e no valor da minha profissão, apesar de toda treva que cerca a sala de aula.”
Pérola	“Meu querido confidente, fiquei muito feliz em <b>estarmos juntos</b> . Não sou muito de falar sobre a minha pessoa, mas agora estou animada com sua presença em minha vida. Acredito que com você posso <b>me conhecer melhor</b> .”
Sementinha	“Olá! Estar com você é muito bom também! Que bom te encontrar por aqui! Serão momentos maravilhosos e <b>enriquecedores</b> que, com certeza, trarão <b>crescimento</b> tanto para mim quanto para você! Vamos nessa???”
Sol	“Que bom receber você! Espero <b>aprender</b> muito na nossa jornada. É algo novo na minha vida. Aos 39 anos escrever meu 1.º diário! Kkkkkkk É sempre <b>tempo de aprender</b> .”

Fonte: Elaborado pela própria autora baseado nos Diários Reflexivos. Período: março/2025.

Analisando cada partilha, destacamos algumas palavras que nos chamaram a atenção por estarem intimamente relacionadas à profissão docente. Observamos o quanto as reflexões evidenciaram o desejo de aprender, de falar sobre si com o propósito de adentrar o interior da vida e analisá-la de forma crítica, visto que é essa análise que dá sentido à transformação da vida pessoal e da prática diária. Além disso, os registros explicitaram a necessidade de estarmos em grupo, de compartilhar ideias e desafios para podermos criar formas de agir frente aos obstáculos inerentes à profissão, como afirmou uma participante em um dos encontros: “Me sinto feliz com o momento de formação, pois sentar com os colegas para conversar, ter trocas de ideias é algo do qual sinto falta”.

Reforçando essas palavras, inferimos que, pela prática reflexiva, podemos atribuir novos sentidos e significados às nossas experiências de vida pessoal, profissional e acadêmica. Vale ressaltar que essa prática reflexiva não é apenas uma atividade psicológica do sujeito, mas, como explica Gómez (1995, p. 103),

A reflexão implica a imersão consciente do homem no mundo da sua experiência, um mundo carregado de conotações, valores, intercâmbios simbólicos, correspondências afectivas, interesses sociais e cenários políticos. O conhecimento [...] só pode ser considerado instrumento dos processos de reflexão se for integrado significativamente, não em parcelas isoladas da memória semântica, mas em esquemas de pensamento mais genéricos activados pelo individuo quando interpreta a realidade concreta em que vive e quando organiza a sua própria experiência. A reflexão não é um conhecimento “puro”, mas sim um conhecimento contaminado pelas contingências que rodeiam e impregnam a própria experiência vital.

Outra atividade de grande relevância para compreendermos as impressões e os pensamentos das(os) participantes acerca dos momentos formativos foi o registro no diário intitulado “Como cheguei e como vou embora”. Essa proposta possibilitou que cada docente refletisse sobre seus sentimentos, expectativas e percepções no início do encontro formativo e, posteriormente, sobre as aprendizagens, inquietações e transformações vivenciadas ao final.

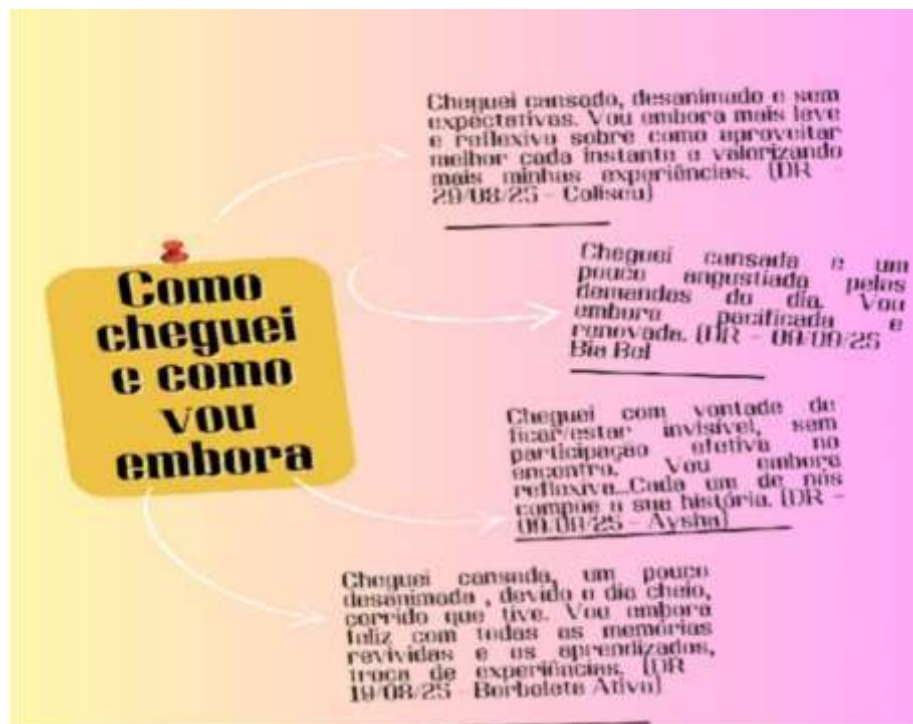
A figura a seguir apresenta alguns desses registros.

Foram diversas as atividades desenvolvidas ao longo do percurso formativo, as quais evidenciaram movimentos reflexivos desencadeados pelas experiências vivenciadas, revelando indícios de ressignificações pessoais e profissionais construídas durante os encontros.

Nesse sentido, compreendemos que a prática reflexiva deve ser inerente ao fazer docente, uma vez que, como nos ensina Paulo Freire (1996, p. 39), “É pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática”. Ainda que a reflexão constitua um dos saberes próprios da prática educativa, os ensinamentos de Freire ultrapassam o campo pedagógico e iluminam diferentes dimensões da vida humana.



FIGURA 01 – REFLEXÕES DA ATIVIDADE



Fonte: Elaborado pela autora. Período: março/2025.

Assim, reafirmamos a necessidade de uma educação e de processos formativos mais humanizadores e sensíveis, que reconheçam os sujeitos em sua integralidade e promovam espaços de escuta, diálogo e transformação.

#### 4. CONCLUSÃO

Ao analisarmos cada partilha e cada registro produzido nos Diários Reflexivos, observamos que as reflexões evidenciaram o desejo de aprender e de falar sobre si, com o propósito de adentrar o próprio interior e analisar a vida de forma crítica. É justamente esse movimento de análise que atribui sentido às transformações na vida pessoal e na prática cotidiana.

O uso dos diários configurou-se como uma iniciativa inovadora para as(os) professoras(es), uma vez que não se tratava de uma prática de escrita habitual em seu cotidiano. Concluímos que podem contribuir significativamente para a prática narrativa em pesquisas acadêmicas, além de fortalecerem os processos de formação docente, por estarem pautados no acolhimento e na valorização do ser humano em sua dimensão pessoal e profissional. Desse modo, podem gerar benefícios tanto no âmbito emocional quanto na atuação em sala de aula.

Compreendemos, ainda, que ao utilizar os diários para o registro das reflexões elaboradas pelas(os) participantes, a(o) pesquisadora(or) tem a oportunidade de acessar os significados atribuídos às situações e experiências vividas. Essa prática também favorece o exercício do movimento ação-reflexão-ação, possibilitando a transformação de pensamentos, concepções e atitudes, em um processo contínuo de desenvolvimento pessoal e profissional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. L. C. D.; ALMEIDA, P. V. Diários reflexivos: um instrumento relevante no processo de transformação e desenvolvimento profissional do docente. **Revista Educação e Linguagens**, Campo Mourão, v. 7, n. 12, p. 94-106, jan./jun. 2018.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BATISTA, T. P. O diário de bordo: uma forma de refletir sobre a prática pedagógica. **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 3, p. 287-293, 2019.
- FARIA, G. D. **O livro didático e os processos de autoformação**: narrativas de professores de História. 2017. 174f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2017.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GÓMEZ, Angel Pérez. O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. *In: Os professores e sua formação*. NÓVOA, António. (Coord.). Lisboa; Portugal: Publicações Dom Quixote, 1995. p. 93-114.
- MACEDO, R. S. **Etnopesquisa crítica/etnopesquisa-formação**. Brasília: Liber Livro, 2010.
- OLIVEIRA, F. G. V. C.; CARVALHO, M. A.P.; GARCIA, M. R. G.; OLIVEIRA, S. S. A experiência dos diários reflexivos no processo formativo de uma Residência Multiprofissional em Saúde da Família. **Interface Comunicação – Saúde – Educação**, v.17, n. 44, p.201-209, jan./mar., 2013.
- OLIVEIRA, R. de C. M. de. (Entre)linhas de uma pesquisa: o Diário de Campo como dispositivo de (in)formação na/da abordagem (Auto)biográfica. **Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos**, vol. 2, nº 4, p. 69-87, 2014.
- REICHMANN, C. L. (Org.). **Diários reflexivos de professores de línguas**: ensinar, escrever, refazer-(se). Campinas: Pontes, 2013.
- SILVA, A. A. de F. **Entre memórias e metamorfoses**: histórias de vida como caminho formativo de docentes no Brasil e em Portugal. 2025. 292 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2025.5073>

## CAPÍTULO 3

# ANÁLISE DO AGROTÓXICO CLORPIRIFÓS EM BEBIDAS À BASE DE LARANJA DESTINADAS AO PÚBLICO INFANTIL

**Alliny Faria Santana** – alliny\_fsantana@hotmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Adilson Correia Goulart** – adilson.goulart@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Simone Machado Goulart** – simone.goulart@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** O estudo investigou a possível presença de resíduos do agrotóxico clorpirifós, um composto do grupo dos organofosforados, em bebidas industrializadas à base de laranja, consumidas por crianças. Esse agrotóxico tem sido associado a efeitos negativos na saúde, como transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), redução do quociente de inteligência (QI) e dificuldades no desenvolvimento infantil. Para a análise, foram coletadas oito amostras de sucos, néctares e refrescos em mercados e mercearias da cidade de Itumbiara, Goiás. A detecção do composto foi realizada por meio da técnica de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (ELL-PBT), seguida de cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por ultravioleta (CLAE-UV). Os resultados não mostraram a presença de clorpirifós nas amostras analisadas nem indicaram concentrações acima dos limites detectáveis. Apesar desse resultado, o estudo reforça a importância do monitoramento constante de agrotóxicos em bebidas infantis, considerando que as crianças são mais sensíveis a esses compostos, bem como a necessidade de controle de qualidade e de normas adequadas para garantir a segurança alimentar.

**PALAVRAS-CHAVE:** AGROTÓXICOS; CLORPIRIFÓS; BEBIDAS À BASE DE LARANJA; PÚBLICO INFANTIL; CROMATOGRAFIA LÍQUIDA.

## 1. INTRODUÇÃO

O clorpirifós é um dos agrotóxicos mais utilizados no Brasil (Neves; Rodrigues, 2004), e segundo estudo realizado por Wendling e Bargas (2023), a concessão de registros de agrotóxicos no Brasil tem crescido substancialmente nos últimos anos.

Esse composto do grupo químico organofosforado (OF) apresenta alto potencial toxicológico e caracteriza-se por possuir toxicidade aguda para seres humanos e atua inibindo enzimas do sistema nervoso (Pereira, 2014), além de ser um dos maiores responsáveis por intoxicação em animais e humanos (Cavaliere *et al.*, 1996).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) autoriza o uso do clorpirifós em diferentes culturas agrícolas, incluindo o cultivo da laranja. Entretanto, estudos indicam que a exposição a esse composto pode causar impactos significativos à saúde, principalmente em crianças em fase de desenvolvimento do sistema nervoso (Vitória; Freitas, 2023).

Devido aos potenciais impactos à saúde, diversos países já proibiram o uso do clorpirifós por seus potenciais efeitos neurotóxicos, associados a alterações cognitivas e ao desenvolvimento de transtornos neurológicos, como redução do quociente de inteligência (QI) e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) em crianças expostas durante o período pré-natal (Rauh *et al.*, 2012).

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) é responsável pelo monitoramento de resíduos de agrotóxicos em alimentos comercializados no Brasil. Para o clorpirifós em laranjas, o limite máximo de resíduo (LMR) estabelecido é de 2 mg.kg<sup>-1</sup>. No entanto, a legislação brasileira considera o mesmo limite para alimentos processados e ultraprocessados derivados da fruta (Brasil, 2012; 2024).

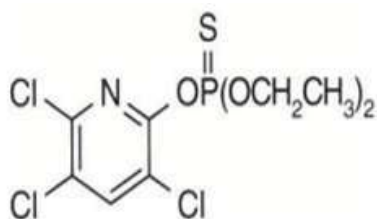
A laranja, em particular, é uma das frutas mais consumidas globalmente. Estima-se que, entre 10 copos de suco consumidos no exterior, 8 sejam de suco de laranja produzido no Brasil. Dessa forma, o país é considerado o principal produtor mundial de laranjas e se destaca na exportação de suco de laranja pasteurizado e concentrado, desempenhando papel relevante no agronegócio da fruticultura (Neves; Rodrigues, 2004).

Portanto, torna-se fundamental avaliar a presença de resíduos de agrotóxicos em bebidas derivadas da laranja, especialmente aquelas destinadas ao consumo infantil. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de resíduos do agrotóxico clorpirifós em bebidas à base de laranja destinadas ao público infantil.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O nome químico do clorpirifós é O,O-dietil O-3,5,6-tricloropiridin-2-ol fosforotioato e fórmula estrutural ilustrada na Figura 1. Para uso agrícola, possui ação inseticida, formicida, nematicida e acaricida. Atualmente, no Brasil, possui liberação para utilização em diversos alimentos, incluindo os citros, conforme monografia C20 autorizada pela Anvisa (Brasil, 2022b).

**FIGURA 1** - FÓRMULA ESTRUTURAL DO CLORPIRIFÓS



Fonte: Brasil, 2022b.

A preocupação toxicológica levou à abertura de reavaliação conforme a RDC nº 221/2018, que considera a relevância da exposição, riscos e perigos do ingrediente (Brasil, 2021a; 2022c).

O clorpirifós age inibindo as colinesterases, especialmente a acetilcolinesterase (AChE), elevando a acetilcolina nas sinapses. Em mamíferos, isso gera sinais típicos de intoxicação, como lacrimejamento, salivação, sudorese, diarreia, tremores e distúrbios cardiopulmonares, decorrentes de broncoconstrição e bradicardia, com lentificação do sistema nervoso central (Brasil, 2021b; Cavaliere *et al.*, 1996; Ecobichon; Joy, 1991).

No cenário regulatório internacional, a Agência de Proteção Ambiental (EPA-EUA) publicou, entre 2011 e 2022, avaliações sobre impactos do clorpirifós na saúde humana, com destaque para neurotoxicidade do desenvolvimento em crianças. Como resultado, diversos produtos com clorpirifós receberam avisos de proibição ou tiveram uso em alimentos encerrado nos EUA (Brasil, 2021a; EPA, 2022).

O Decreto nº 6.871/2009 define e padroniza as definições de suco, néctar e refresco, estabelecendo requisitos de qualidade, além de vedar aditivos indevidos. De modo geral, suco integral não é diluído, néctar resulta de diluição com adição permitida de açúcares; e refresco tem teores menores de suco, podendo conter aromatizantes, conforme a legislação aplicável (Brasil, 2009; 2018; 2022a).

Estudos detectaram resíduos de agrotóxicos em sucos industrializados e *in natura*, com maior incidência fora de especificação nos industrializados, possivelmente pela pré-concentração de polpas no processo (Bedendo; Jardim; Carasek, 2012). A alta preferência infantil por laranja e suco de laranja reforça a relevância de monitoramento (Anjos *et al.*, 2023).

Crianças são mais vulneráveis aos agrotóxicos por imaturidade fisiológica e maior susceptibilidade imunológica. No Brasil, análises de frutas e hortaliças detectaram diversos ingredientes ativos, incluindo clorpirifós, com amostras acima do LMR (Gebara *et al.*, 2011). Em São Paulo, 42,1% das amostras de laranja-pera continham resíduos; parte acima do LMR ou não autorizados (Nakano *et al.*, 2016). Na China, resíduos foram quantificados em sucos cítricos, com risco dietético mais alto para crianças de 1 a 6 anos (Li; Hou; Hu, 2023). Revisões nacionais associam a exposição infantil a déficits cognitivos, transtornos de aprendizado e efeitos perinatais, recomendando fiscalização, regulação mais rigorosa e estudos contínuos (Fenske *et al.*, 2002; Mielech; Puscion-Jakubik; Socha, 2021; Moraes, 2023; Rocha, 2023; Salati; Bombardi, 2022).

## 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a ocorrência do agrotóxico clorpirifós em bebidas à base de laranja destinadas ao público infantil aplicando a metodologia de Santos *et al.* (2025), utilizando ELL-PBT e análise por CLAE-UV.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar amostras de sucos, néctares e refrescos de diferentes marcas comercializadas em supermercados e mercearias da cidade de Itumbiara-GO.
- Submeter as amostras coletadas ao processo de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (ELL-PBT).
- Realizar a análise cromatográfica dos extratos obtidos utilizando cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV (CLAE-UV).

- Analisar os cromatogramas obtidos a fim de avaliar a ocorrência do clorpirifós nas amostras analisadas.

### 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas oito amostras de bebidas à base de laranja destinadas ao público infantil, incluindo sucos integrais, néctares e refrescos, comercializados em supermercados e mercearias da cidade de Itumbiara-GO. As amostras foram identificadas e analisadas em duplicata. A metodologia baseia-se em utilizar a ELL-PBT para análise do clorpirifós em laranja, sendo aplicada, neste trabalho, nas bebidas à base de laranja comercializadas com público-alvo infantil.

Antes do início das análises, a fim de seguir boas práticas laboratoriais, mantendo a organização e precisão nos procedimentos, limpou-se e organizou-se a bancada e as amostras por pares, de acordo com a sua classificação e adicionando as etiquetas de identificação.

Seguindo a metodologia, 1 mL de amostra foi extraído de cada uma das oito bebidas, utilizando uma pipeta automática de alta precisão, e transferido para um tubo com tampa rosqueável com capacidade de 22 mL. No mesmo tubo, adicionaram-se 4 mL do solvente extrator acetoneitrila. Em seguida, o sistema foi submetido ao agitador de tubos do tipo vórtex por 60 segundos e, posteriormente, armazenado em um freezer a aproximadamente  $-20^{\circ}\text{C}$  por 3 horas, permitindo a partição à baixa temperatura, conforme Santos *et al.* (2025). Após esse processo, uma alíquota de 20  $\mu\text{L}$  do sobrenadante (fase orgânica) foi extraída, transferida para um *vial* e analisada por CLAE-UV. As imagens estão representadas nas Figuras 2, 3 e 4.

**FIGURA 2 - ADIÇÃO DAS AMOSTRAS NO FREEZER PARA PARTIÇÃO À BAIXA TEMPERATURA.**



Fonte: Autoria própria.

**FIGURA 3 - AMOSTRAS NOS TUBOS APÓS O RESFRIAMENTO E PARTIÇÃO À BAIXA TEMPERATURA.**



Fonte: Autoria própria.

**FIGURA 4 - PREPARO DOS VIALS PARA CROMATOGRÁFIA.**



Fonte: Autoria própria.



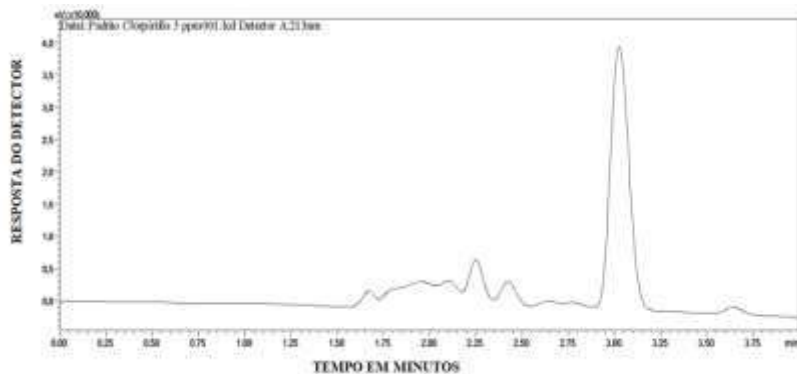
Para a análise dos extratos, utilizou-se o cromatógrafo líquido Shimadzu LC-20AT com detector UV/VIS Shimadzu SPD. As condições cromatográficas foram: coluna cromatográfica C18 (Modelo Coluna KINETEX® 5µ EVO C18 100A 150 x 4,6 mm); fase móvel composta por acetonitrila e H<sub>2</sub>O na proporção 85:15 (v:v); vazão da fase móvel: 0,8 mL.min<sup>-1</sup>; temperatura da coluna: 35°C e volume de injeção: 20 µL; detector UV (λ: 213 nm), e como referência da metodologia de Santos *et al.* (2025) em limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) considerou-se 0,05 mg.L<sup>-1</sup> e 0,15 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, valores que atendem ao Limite Máximo de Resíduos (LMR) de 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> para clorpirifós em laranja (BRASIL, 2019).

### 3. RESULTADOS

Para a verificação da existência de contaminação das bebidas de laranja industrializadas, primeiramente foram injetados no CLAE-UV os extratos obtidos pela aplicação da ELL-PBT nas amostras analisadas. Posteriormente, esses cromatogramas foram comparados com o padrão de clorpirifós.

Para a comparação dos resultados, a análise cromatográfica das amostras foi realizada com base no tempo de retenção, sendo posteriormente comparada com o padrão de clorpirifós, registrando os sinais detectados ao longo do tempo (em minutos) para identificação dos picos cromatográficos, que indicam a presença do agrotóxico clorpirifós na amostra. A Figura 5 apresenta o cromatograma do padrão de clorpirifós, cujo tempo de retenção foi de 3,0 minutos. A identificação foi realizada por comparação do tempo de retenção das amostras com o padrão analítico de clorpirifós nas mesmas condições cromatográficas.

FIGURA 5 - CROMATOGRAMA DO PADRÃO DO CLORPIRIFÓS.



Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes às amostras de bebidas de laranja industrializadas em comparação com o padrão do clorpirifós.

Conforme apresentado na Figura 5, nenhuma das amostras de bebidas industrializadas à base de laranja destinadas ao público infantil, nas condições estabelecidas neste trabalho, indicou a ocorrência de clorpirifós. A análise detalhada do cromatograma no tempo de retenção correspondente ao clorpirifós (TR = 3,0 min) confirmou a ausência do composto. Dessa forma,

infere-se que as amostras não estavam contaminadas ou que eventuais resíduos estavam abaixo do LD (0,05 mg.L<sup>-1</sup>) e do LQ (0,15 mg.L<sup>-1</sup>), definidos neste procedimento.

**TABELA 1 - RESULTADOS DA CROMATOGRAFIA NO HPLC-CLAE UV.**

Amostra	Sigla	Repetição	Etiqueta	Resultado
Suco Integral	I1	1	I1R1	Não detectado
		2	I1R2	Não detectado
Suco de Laranja e Maçã	S1	1	S1R1	Não detectado
		2	S1R2	Não detectado
Suco de Laranja	S2	1	S2R1	Não detectado
		2	S2R2	Não detectado
Suco de Laranja	S3	1	S3R1	Não detectado
		2	S3R2	Não detectado
Néctar	N1	1	N1R1	Não detectado
		2	N1R2	Não detectado
Néctar	N2	1	N2R1	Não detectado
		2	N2R2	Não detectado
Refresco	R1	1	R1R1	Não detectado
		2	R1R2	Não detectado
Refresco	R2	1	R2R1	Não detectado
		2	R2R2	Não detectado

Fonte: Autoria própria.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicaram ausência de picos cromatográficos no tempo de retenção correspondente ao padrão de clorpirifós, demonstrando que, nas condições analíticas empregadas, não foram detectados resíduos desse composto acima do limite de detecção do método. A metodologia empregada, utilizando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (ELL-PBT) associada à cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV (CLAE-UV), mostrou-se adequada para a detecção de clorpirifós em bebidas à base de laranja.

Os resultados obtidos contribuem para a avaliação da segurança alimentar relacionada ao consumo de bebidas derivadas de laranja, especialmente aquelas destinadas ao público infantil. Entretanto, destaca-se a importância da realização de monitoramentos contínuos, considerando o consumo frequente desses produtos e os potenciais riscos associados à exposição a resíduos de agrotóxicos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, L. A.; ALMEIDA, D. J.; SÁ, C. C. R.; FAGUNDES, A. A.; VOICI, S. M.; SILVA, D. G. Reconhecimento e preferência de pré-escolares por alimentos regionais após um Programa de Educação Alimentar e Nutricional. **Peer Review**, Aracaju, v. 5, n. 15, p. 183–200, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53660/718.prw1934>. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/view/718/477>. Acesso em: 17 nov. 2023.

BEDENDO, G. C.; JARDIM, I. C. S. F.; CARASEK, E. Multiresidue determination of pesticides in industrial and fresh orange juice by hollow fiber microporous membrane liquid-liquid extraction and detection by liquid chromatography-electrospray-tandem mass spectrometry. **Talanta**, Florianópolis, v. 88, p. 573–580, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.11.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914011010198>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 4, de 18 de janeiro de 2012**. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/res0004\\_18\\_01\\_2012.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/res0004_18_01_2012.html). Acesso em: 13 nov. 2024.



BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Documento preparatório – Reavaliação Clorpirifós**. Brasília, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-b2022ar/acessoinformacao/perguntasfrequentes/agrotoxicos/reavaliacao-de-agrotoxicos-2/MotivosClorpirifos.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia do Clorpirifós**. Brasília, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4226json-file-1/view>. Acesso em: 9 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Reavaliação de agrotóxicos**. Brasília, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoinformacao/perguntasfrequentes/agrotoxicos/reavaliacao-de-agrotoxicos-2/reavaliacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 9 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). **Relatório das amostras analisadas no período de 2013 a 2023**. Brasília, DF, 11 dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/relatorio-2013-para-2023>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BRASIL. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria da Saúde. **Vigilância da colinesterase**. Fortaleza, 2021b. Disponível em: <https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Nota-Informativa-Colinesterase1-Final.pptx.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018**. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26-](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26-). Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mapa prepara normas para lançamento de novos sucos**. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-prepara-normas-para-lancamento-de-novos-sucos-1>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Presidência da República Federativa do. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm). Acesso em: 14 nov. 2023.

CAVALIERE, M. J.; CALORE, E. E.; PEREZ, N. M.; PUGA, F. R. Miotoxicidade por organofosforados. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101996000300010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/56gb46BgVHYP84C947hMfsv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 out. 2024.

ECOBICHON, D. J.; JOY, R. M. Pesticides and neurological diseases. In: CASARETT, L. J.; DOULL, J. **Toxicology: the basic science of poisons**. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 565–622.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Ingredients used in pesticide products: Chlorpyrifos**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/chlorpyrifos>. Acesso em: 13 nov. 2023.

FENSKE, R.; KEDAN, G.; LU, C.; FISKE-ANDERSEN, J. A.; CURL, C. L. Assessment of organophosphorous pesticide exposures in the diets of preschool children in Washington State. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 12, p. 21–28, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500197>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/7500197>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GEBARA, A. B.; CISCATO, C. H. P.; MONTEIRO, S. H.; SOUZA, G. S. Resíduos de pesticidas em algumas mercadorias: risco alimentar para crianças. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 86, p. 506–510, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0250-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-011-0250-y#citeas>. Acesso em: 15 nov. 2023.



LI, W.; HOU, H.; HU, J. Simultaneous determination of residues of multiple pesticides and their metabolites in citrus and orange juice from markets in China: residue levels and dietary risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 84778–84790, China, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27956-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-27956-5>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MIELECH, A.; PUSCION-JAKUBIK, A.; SOCHA, K. Assessment of the risk of contamination of food for infants and toddlers. **Nutrients**, 2021. v. 13, n. 7: 2358. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13072358>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/7/2358>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MORAES, G. C. **Exposição de crianças aos agrotóxicos no Brasil**: revisão de escopo. Orientador: Nelson da Cruz Gouveia. 2023. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5137/tde-27022024-161659/publico/GlauciaCarvalhoMoraesVersaoCorrigida.pdf>. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.5.2023.tde-27022024-161659>. Acesso em: 22 fev. 2025.

NAKANO, V. E.; KUSSUMI, T. A.; LEMES, V. R. R.; KIMURA, I. A.; ROCHA, S. B.; ALABURDA, J.; OLIVEIRA, M. C. C.; RIBEIRO, R. A.; FARIA, A. L. R.; WALDHLM, K. C. Evaluation of pesticide residues in oranges from São Paulo, Brazil. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 40–48, jan./mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6837>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/ZMqHsYzXs8pCCbSNv9pcQyr/?lang=en#>. Acesso em: 14 nov. 2023.

NEVES, E. M.; RODRIGUES, L. O peso do Brasil no comércio mundial de sucos: de cada dez copos consumidos no mundo, oito são produzidos aqui. **Revista de Agronegócios da FGV**, ago. 2004. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/51855/50659>. Acesso em: 17 nov. 2023.

PEREIRA, C. **Estudo de fotodegradação do pesticida clorpirifós**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129013>. Acesso em: 07 nov. 2023.

RAUH, V. A.; PERERA, F. P.; HORTON, M. K.; WHYATT, R. M.; BANSAL, R.; HAO, X.; LIU, J.; BARR, D. B.; SLOTKIN, T. A.; PETERSON, S. B. Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. New York, NY, v. 109, n. 20, p. 7871–7876, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1203396109>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3356641/>. Acesso em: 07 nov. 2023.

ROCHA, J. V. **Intoxicação por glifosato em crianças**: uma revisão da literatura. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/51355>. Acesso em: 13 nov. 2023.

SALATI, P.; BOMBARDI, L. **50 bebês são intoxicados por agrotóxicos por ano no Brasil, aponta pesquisadora da USP**. G1, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2022/05/05/50-bebes-sao-intoxicados-por-agrotoxicos-por-dia-no-brasil-aponta-pesquisadora-da-usp.html>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SANTOS, R. C.; TAVARES, C. S.; SANTOS, J. P. V.; GOULART, A. C.; GOULART, S. M. Análise de clorpirifós: otimização, validação e aplicação em amostras de suco de laranja em Itumbiara, Brasil. **Revista Principia**, v. 62, p. 1–15, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18265/2447-9187a2025id8516>. Acesso em: 23 de fev. 2025.

VITÓRIA, B.; FREITAS, H. **Lancheira sob ameaça: os riscos de agrotóxicos na comida das crianças**. 2023. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2023/10/lancheira-sob-ameaca-conheca-os-riscos-de-agrotoxicos-na-alimentacao-infantil/>. Acesso em: 07 nov. 2023.

WENDLING, G. G.; BARGOS, D. C. Análise dos altos números de concessões de registro a agrotóxicos de 2017 a 2022 no Brasil e suas possíveis consequências. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 110, p. 7–31, 2023. DOI: <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i110.2963>. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/2963>. Acesso em: 07 nov. 2023.

## CAPÍTULO 4

# DESENVOLVIMENTO DE UM TRAÇADOR DE CURVA SOLAR DE BAIXO CUSTO COM AJUSTE DE CURVA PARA O PADRÃO STC.

**Yuri Dias Paranaíba Cirino** – yuricirino@outlook.com  
INSTITUO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Eric Nery Chaves** – eric.chaves@ifg.edu.br  
INSTITUO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Ghunter Paulo Viajante** - ghunter.viajante@ifg.edu.br  
INSTITUO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Marcelo Escobar de Oliveira** – marcelo.oliveira@ifg.edu.br  
INSTITUO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Daniel Ferreira Resende** – danielferreiraresende@gmail.com  
INSTITUO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** A energia solar fotovoltaica tem apresentado crescimento acelerado no Brasil, impulsionando a necessidade de ferramentas que permitam avaliar o desempenho e o estado de funcionamento de módulos fotovoltaicos. Entre essas ferramentas destacam-se os traçadores de curva I-V, utilizados para caracterizar o comportamento elétrico dos módulos e identificar possíveis falhas ou degradações. Entretanto, equipamentos comerciais apresentam alto custo e geralmente são importados, o que dificulta sua utilização em atividades acadêmicas e por pequenas empresas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um traçador de curva solar de baixo custo capaz de obter as curvas características de módulos fotovoltaicos e realizar o ajuste das medições para as condições padrão de teste (STC). O sistema utiliza um microcontrolador ESP32 para aquisição de dados e controle da carga eletrônica baseada em MOSFET, enquanto a interface homem-máquina é implementada com um display LCD acoplado a um Arduino Mega. O algoritmo desenvolvido realiza a coleta dos pontos da curva I-V, aplica filtragem por média móvel e executa o ajuste para as condições STC. Os resultados demonstram que o dispositivo desenvolvido é capaz de obter e visualizar as curvas I-V e P-V de módulos fotovoltaicos, apresentando desempenho compatível com os valores esperados em datasheet. A solução proposta contribui para a nacionalização da tecnologia e para a democratização do acesso a equipamentos de caracterização fotovoltaica.

**PALAVRAS-CHAVES:** Energia solar; módulos fotovoltaicos; curva I-V; instrumentação; caracterização fotovoltaica.



## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da geração de energia solar fotovoltaica tem se destacado nos últimos anos tanto no Brasil quanto no cenário internacional. A expansão dessa tecnologia é impulsionada pela necessidade de diversificação da matriz energética e pela busca por fontes de energia renováveis e sustentáveis. Nesse contexto, a confiabilidade e o desempenho dos módulos fotovoltaicos tornam-se fatores fundamentais para garantir a eficiência dos sistemas instalados.

Uma das principais formas de avaliar o comportamento elétrico de um módulo fotovoltaico é por meio da análise de sua curva característica corrente versus tensão (curva I-V). Essa curva descreve o comportamento do módulo sob diferentes condições de carga e permite identificar parâmetros importantes, como a tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ), a corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ) e o ponto de máxima potência ( $P_{max}$ ). A análise dessas curvas é amplamente utilizada para diagnóstico de desempenho e detecção de falhas em sistemas fotovoltaicos.

Para a obtenção dessas curvas são utilizados equipamentos conhecidos como traçadores de curva I-V. Esses dispositivos aplicam diferentes níveis de carga ao módulo fotovoltaico enquanto realizam medições de corrente e tensão, permitindo registrar todos os pontos operacionais do dispositivo. Apesar de sua importância, os traçadores de curva disponíveis comercialmente apresentam custo elevado e, na maioria dos casos, são equipamentos importados, o que limita seu acesso em ambientes de pesquisa e ensino.

Diante desse cenário, torna-se relevante o desenvolvimento de soluções de baixo custo capazes de realizar a caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos. Além de reduzir custos, a nacionalização dessa tecnologia contribui para ampliar o acesso a equipamentos de análise e para fomentar o desenvolvimento tecnológico local.

Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um traçador de curva solar de baixo custo capaz de obter as curvas características de módulos fotovoltaicos e realizar o ajuste das medições para as condições padrão de teste (STC), permitindo a análise e visualização dos resultados diretamente em um sistema embarcado.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

O sistema desenvolvido é composto por três módulos principais: circuito de controle, circuito de medição e módulo supervisor. O circuito de controle é responsável pela variação da carga aplicada ao módulo fotovoltaico e pela aquisição dos sinais provenientes dos sensores. Essa etapa é realizada por um microcontrolador ESP32, que executa o algoritmo de coleta e processamento dos dados.

Para a realização da varredura da curva I-V do módulo fotovoltaico foi implementado um estágio de carga eletrônica baseado em MOSFET de potência. Esse estágio permite aplicar diferentes condições de carga ao módulo durante o processo de caracterização, possibilitando a obtenção dos pontos da curva característica. O método de controle da carga eletrônica foi desenvolvido especificamente para o sistema proposto, permitindo a varredura completa da curva de operação do módulo fotovoltaico.

Durante o processo de varredura são coletados pares de valores de corrente e tensão que compõem a curva característica I-V do módulo. Além dessas medições elétricas, o sistema também registra parâmetros ambientais relevantes, como temperatura do módulo e irradiância solar incidente, utilizando sensores dedicados.

## 2.2 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O algoritmo implementado no ESP32 realiza a aquisição de múltiplos pontos da curva I-V ao longo da descarga controlada de um capacitor presente no circuito de comando do MOSFET. Durante esse processo são coletados até 350 pontos de medição, representando diferentes condições de operação do módulo fotovoltaico.

Após a aquisição dos dados, é aplicado um algoritmo de média móvel com o objetivo de reduzir ruídos e flutuações presentes nas medições. Em seguida, os dados passam por um algoritmo de ajuste que permite normalizar as curvas obtidas para as condições padrão de teste (Standard Test Conditions – STC), definidas por irradiância de  $1000 \text{ W/m}^2$  e temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

O método de ajuste adotado baseia-se nas recomendações da norma IEC 60891, que descreve procedimentos para correção das curvas I-V em função das variações de temperatura e irradiância. Essa etapa permite comparar as medições obtidas em campo com os valores especificados no datasheet do módulo.

## 2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

A visualização dos resultados é realizada por meio de um sistema supervisor composto por um display TFT-LCD de 3,5 polegadas conectado a um Arduino Mega. O ESP32 envia os dados coletados via comunicação serial para o Arduino, que executa um algoritmo responsável por converter os valores de corrente e tensão em coordenadas gráficas exibidas no display.

A interface desenvolvida permite visualizar diretamente no equipamento as curvas I-V e P-V do módulo analisado, bem como parâmetros importantes como tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito e potência máxima estimada. O uso de um display LCD associado a um microcontrolador de baixo custo possibilitou a implementação de uma interface homem-máquina simples e eficiente, reduzindo significativamente o custo total do dispositivo.

Além da visualização das curvas, o sistema apresenta telas informativas contendo os parâmetros medidos durante o ensaio, incluindo temperatura do módulo e irradiância solar no momento da coleta.

## 3. RESULTADOS

O sistema desenvolvido foi utilizado para realizar a caracterização de módulos fotovoltaicos em condições reais de operação. Durante os testes foram coletadas curvas características de corrente versus tensão (I-V) e potência versus tensão (P-V), permitindo observar o comportamento elétrico do módulo analisado.

O módulo fotovoltaico utilizado nos ensaios foi o modelo RSM60-6-270P, com potência nominal de 270 Wp. Os parâmetros elétricos de referência do módulo, conforme especificados pelo fabricante em condições padrão de teste (STC), são apresentados na Tabela 1, sendo utilizados como base para a comparação com os valores obtidos pelo traçador de curva desenvolvido.

As medições realizadas pelo dispositivo foram posteriormente comparadas com os valores especificados no datasheet do módulo fotovoltaico utilizado nos testes. Essa comparação permite avaliar a precisão do sistema desenvolvido e verificar a eficiência do algoritmo de ajuste para as condições padrão de teste. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam fotografias da interface exibida no display LCD do traçador de curva desenvolvido. Essas imagens correspondem às telas visualizadas diretamente no equipamento durante a execução do ensaio de caracterização do módulo fotovoltaico.

Entretanto, devido às características do sistema de retroiluminação (*backlight*) do display LCD, a captura fotográfica não representa com total fidelidade os elementos gráficos exibidos na interface, comprometendo parcialmente a qualidade visual das curvas apresentadas.

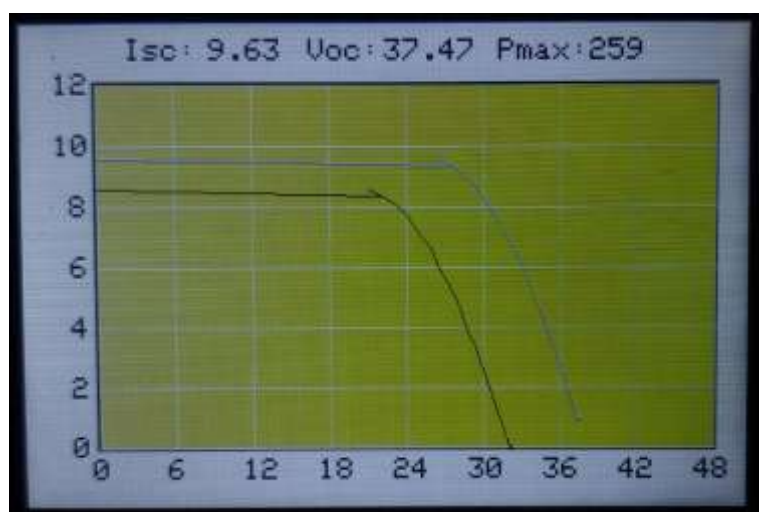
Com o objetivo de facilitar a visualização e análise das informações exibidas pelo sistema, foi desenvolvido um software capaz de emular o algoritmo de desenho da interface gráfica do LCD em um navegador web. Essa aplicação foi implementada utilizando as tecnologias HTML, CSS e JavaScript, reproduzindo o mesmo algoritmo utilizado no microcontrolador para geração das curvas e das telas informativas.

Dessa forma, as Figuras 4, 5 e 6 apresentam a interface emulada no navegador, permitindo uma visualização mais clara das curvas I-V, P-V e da tela de resumo do sistema.

Na tela de resumo, podemos ver dois valores nos campos de  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$ , sendo o da esquerda o valor obtido após o ajuste e a direita o valor medido em campo nas condições ambientais do momento da medição.

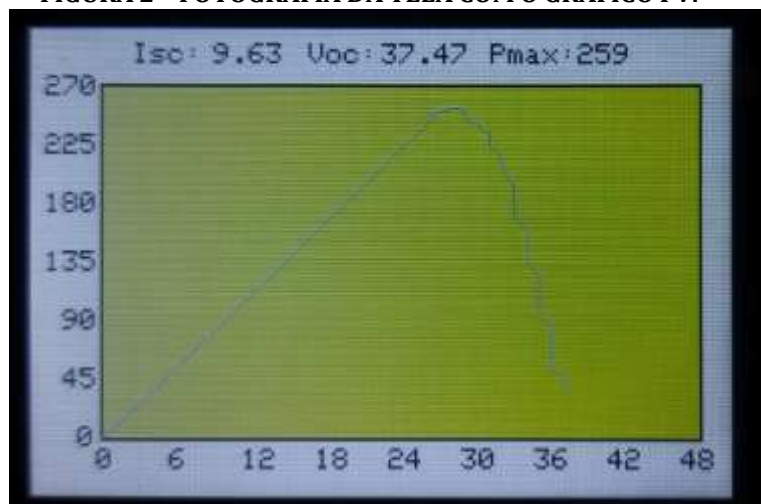
Na tela de resumo apresentada pelo sistema é possível observar dois valores associados aos parâmetros de tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ) e corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ). O valor exibido à esquerda corresponde ao valor ajustado para as condições padrão de teste (STC), obtido a partir do algoritmo de correção aplicado aos dados medidos. Já o valor apresentado à direita corresponde ao valor medido diretamente em campo, nas condições ambientais reais de irradiância e temperatura no momento da coleta dos dados.

**FIGURA 1 - FOTOGRAFIA DA TELA COM O GRÁFICO IV.**



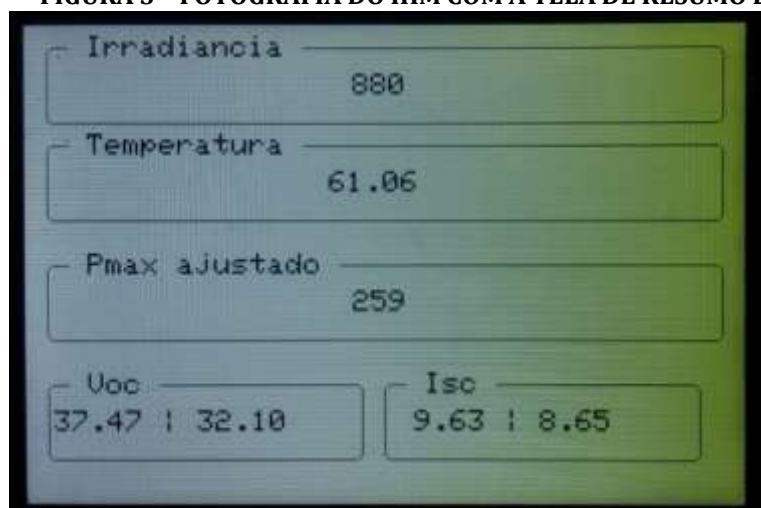
Fonte: Autor.

FIGURA 2 – FOTOGRAFIA DA TELA COM O GRÁFICO PV.



Fonte: Autor.

FIGURA 3 – FOTOGRAFIA DO IHM COM A TELA DE RESUMO DA AMOSTRA.



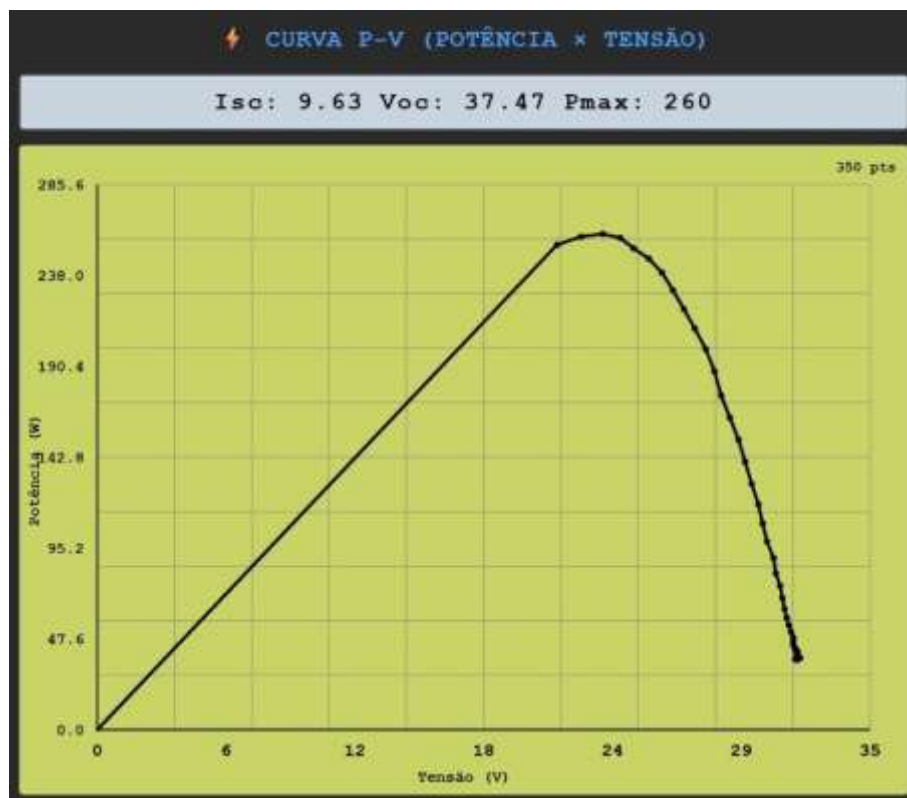
Fonte: Autor.

FIGURA 4 – Fotografia da tela com o gráfico iv.



Fonte: Autor.

FIGURA 5 – FOTOGRAFIA DA TELA COM O GRÁFICO PV.



Fonte: Autor.

FIGURA 6 – FOTOGRAFIA DO IHM COM A TELA DE RESUMO DA AMOSTRA.



TABELA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS AJUSTADOS PARA STC E OS VALORES DE DATASHEET DO MÓDULO.

PARÂMETRO	VALOR AJUSTADO (STC)	DATASHEET	ERRO(%)
VOC	37,47 V	37,09 V	+1,02
ISC	9,63 A	9,2 A	+4,67
PMAX	260 W	270 W	-3,7

Fonte: Autor

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os parâmetros elétricos obtidos pelo traçador de curva desenvolvido e os valores especificados no datasheet do módulo fotovoltaico utilizado nos testes. Observa-se que os valores ajustados para as condições padrão de teste (STC) apresentam boa concordância com os parâmetros nominais do módulo. O erro relativo observado foi de aproximadamente 1,02% para a tensão de circuito aberto (Voc), 4,67% para a corrente de curto-circuito (Isc) e 3,7% para a potência máxima (Pmax).

As diferenças observadas podem estar associadas a fatores como incertezas de medição dos sensores utilizados e tolerâncias construtivas do próprio módulo fotovoltaico. Ainda assim, os resultados obtidos indicam que o sistema desenvolvido é capaz de realizar a caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos com precisão satisfatória, demonstrando a viabilidade da solução proposta como uma alternativa de baixo custo para análise de sistemas fotovoltaicos.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um traçador de curva solar de baixo custo capaz de realizar a caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos e ajustar os resultados para as

condições padrão de teste. O sistema utiliza uma arquitetura baseada em microcontroladores de baixo custo, combinando um ESP32 para aquisição e processamento de dados e um Arduino Mega para implementação da interface homem-máquina.

A utilização de uma carga eletrônica baseada em MOSFET permitiu realizar a varredura da curva I-V do módulo fotovoltaico de forma eficiente, enquanto o algoritmo desenvolvido possibilitou a filtragem e o ajuste das medições para as condições STC. A interface gráfica implementada em display LCD permite a visualização direta das curvas e dos principais parâmetros do módulo analisado.

A solução proposta contribui para a redução de custos na caracterização de módulos fotovoltaicos e para a nacionalização de tecnologias de instrumentação voltadas à energia solar. Ao utilizar uma arquitetura baseada em microcontroladores amplamente disponíveis e algoritmos desenvolvidos especificamente para o sistema, o dispositivo apresenta potencial para aplicação prática em atividades de pesquisa, ensino, manutenção e diagnóstico de sistemas fotovoltaicos.

Além disso, a abordagem adotada demonstra a viabilidade do desenvolvimento de equipamentos de instrumentação fotovoltaica de baixo custo em âmbito nacional, ampliando o acesso a ferramentas de análise que tradicionalmente dependem de equipamentos importados de alto valor agregado.

Dessa forma, o traçador de curva desenvolvido apresenta-se como uma alternativa tecnicamente viável e economicamente acessível para a caracterização de módulos fotovoltaicos em ambientes acadêmicos e aplicações de campo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**IBERDROLA. Hidrogênio verde: O hidrogênio verde: uma alternativa para reduzir as emissões e cuidar do nosso planeta. Brasil, [2025].** Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/hidrogenio-verde>. Acesso em: 14 mar. 2025.

**MATRIZ Energética e Elétrica. Brasil, [2025].** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 4 mar. 2025

**BALANÇO Energético Nacional: Relatório Síntese 2024 - Ano Base 2023.** Brasil, [2024]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 5 mar. 2025

**ABSOLAR. Brasil ultrapassa marca de 42 GW de potência instalada.** São Paulo, 22 abr. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-ultrapassa-marca-de-42-gw-de-potencia-instalada/>. Acesso em: 11 mar. 2025.



# CAPÍTULO 5

## RETRATOS DA LEITURA NO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS: O COMPORTAMENTO LEITOR DE ESTUDANTES DOS CURSOS TÉCNICOS INTEGRADOS AO ENSINO MÉDIO

João Pedro Barros Santos – jaum100308@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

Nayara Soares da Silva - soaresnayara96@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

Dalva Ramos de Resende Matos - dalva.matos@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**RESUMO:** Este trabalho visa socializar os resultados de uma pesquisa sobre práticas e percepções de leitura de adolescentes que estudam nos Institutos Federais. Os objetivos gerais da investigação são descrever e analisar o comportamento leitor de estudantes de cursos técnicos integrados ao Ensino Médio, bem como fornecer subsídios para a reflexão e o redimensionamento das práticas de leitura no âmbito escolar. Para atingir tais objetivos, a metodologia empregada é de enfoque metodológico misto, desenvolvida em duas partes inter-relacionadas: a construção da fundamentação teórica e o estudo empírico implementado por meio da aplicação de um formulário a uma pequena amostra dessa população, contemplando o alunado das três séries escolares dos Cursos Técnicos em Eletrotécnica e em Química Integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal de Goiás (IFG), câmpus Itumbiara, no período de setembro de 2024 a agosto de 2025. Em linhas gerais, os resultados revelam que tais estudantes podem ser considerados leitores de leitura em geral, bem como de textos literários, com indicadores bem acima da média nacional, influenciados, principalmente, pela educação literária desenvolvida em tal instituição.

**PALAVRAS-CHAVES:** LEITURA; LEITURA LITERÁRIA; EDUCAÇÃO LITERÁRIA; ENSINO MÉDIO.

### 1. PRIMEIRAS PALAVRAS

Este trabalho visa relatar os resultados de uma pesquisa de PIBIC-EM, que tem como principal justificativa a relevância da leitura para uma educação de qualidade e para o exercício pleno da cidadania, além de ser uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento social e humano de um país, haja vista o fato de as práticas leitoras perpassarem todas as áreas do conhecimento e campos de atividade humana.

Trata-se de uma pesquisa, no campo da Educação e Linguagem, que aborda a leitura na perspectiva bakhtiniana, considerando o ato de ler, como uma prática responsivo-ativa, essencial para a construção e a apropriação do conhecimento, numa ação crítica, libertadora e

autônoma, a partir de uma relação dialógica que envolve os quatro elementos da leitura – autor, texto, leitor e contexto – no processo de construção de sentido. Especificamente, a leitura literária contribui para a formação integral do Ser, já que a Literatura move saberes interdisciplinares, conhecimento de si e do outro, libertação, emancipação, transformação de vidas e inclusão das minorias (Candido, 2011; Barthes, 1979; Llosa, 2009). Com problemática, vale ressaltar que, apesar dessa importância da Literatura, estudos e pesquisas vêm comprovando que grande parte do alunado brasileiro tem concluído o ensino médio sem o cultivo regular da leitura de textos em geral, tampouco de obras literárias (Failla, 2021; Matos, 2023).

Diante do exposto, os objetivos principais são descrever e analisar o comportamento leitor de estudantes de cursos técnicos integrados ao ensino médio, bem como fornecer subsídios para a reflexão e o redimensionamento das práticas de leitura no âmbito escolar. Como objetivos específicos, o intuito é verificar e analisar o perfil leitor dos estudantes do Ensino Médio (EM) do Instituto Federal de Goiás (IFG), medindo aspectos como intensidade, forma, limitações, motivação, representações e condições de leitura e de acesso ao livro – impresso e digital, bem como a influência dessa instituição no desenvolvimento do gosto desses alunos pela literatura; comparando alguns resultados aos indicadores nacionais de leitura revelados pela pesquisa *Retratos da leitura no Brasil 2024* (INSTITUTO PRÓ-LIVRO, 2024).

A fim de alcançar esses objetivos, desenvolveu-se uma investigação mista, de natureza quantitativa e qualitativa, no período de 01 de setembro de 2024 a 31 de agosto de 2025. No caminho metodológico, em função dos objetivos a serem alcançados, a investigação foi desenvolvida em duas partes inter-relacionadas: a construção da fundamentação teórica e o estudo empírico. Inicialmente, para uma melhor compreensão do tema e sustentação das análises e interpretações, foi levantado o estado da arte do objeto investigado e construído o referencial teórico necessário para este trabalho. A fundamentação bibliográfica foi o ponto de partida para a dimensão empírica da pesquisa, executada por meio da aplicação de um questionário on-line, em julho de 2025, usando o *Google Forms*, a estudantes dos cursos técnicos do EM, do IFG-câmpus Itumbiara. Para o alcance de um alto índice de respostas, a equipe visitou as salas de aula, divulgando a pesquisa e aplicando o questionário *in loco*.

Quanto à legitimidade do processo misto, além do rigor das técnicas e dos procedimentos de seleção das amostras e da coleta e tratamento dos dados, incluindo a consulta a dois especialistas, sendo uma professora com doutorado em Educação Literária e um professor com especialização em Estatística e mestrado em Matemática para a validação do questionário. Vale ressaltar que o questionário foi adaptado da pesquisa *Retratos da Leitura no Brasil* (INSTITUTO PRÓ-LIVRO, 2024) para a realidade do contexto investigativo deste trabalho. Ademais, foram incorporados outros elementos que contribuíram para a qualidade da investigação, como a aplicação, em abril de 2025, de uma prova piloto do questionário a uma amostra de 8% da população estimada da pesquisa e o rigor interpretativo (Hernández Sampieri; Fernández Collado; Baptista Lucio, 2013). Após a recolha dos dados, esses foram organizados para a



posterior descrição, análise e discussão dos resultados, sendo os principais deles relatados neste capítulo de livro, após a fundamentação teórica que subsidia a pesquisa em questão.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS ESSENCIAIS

Historicamente, o panorama das teorias da leitura representa um movimento espiral de complexidade crescente, que se inicia com a ênfase no texto, avança para o foco no leitor e culmina com o contexto social em evidência. Rojo (2009) sintetiza esse movimento em três fases. Primeiramente, há uma visão de leitura, que imperou principalmente no início da segunda metade do século passado, mais associada à alfabetização ou ao que se denominou na escola de *fluência de leitura*. Nessa perspectiva, o ato de ler era visto, de forma simplista, como um processo perceptual e associativo de decodificação de grafemas em fonemas para o acesso ao significado do texto. Para essa pesquisadora, os procedimentos de decodificação são importantes, mas não esgotam as outras capacidades e estratégias de compreensão e interpretação textual que devem ser ativadas pelo leitor durante o processo de leitura. Nesse sentido, ao longo da segunda metade do século XX, com o desenvolvimento de novas pesquisas e estudos, surgiu a segunda fase, na qual o ato de ler passou da primeira visão simplista de decodificação para uma mais abrangente, como um ato de cognição, de compreensão, agregando também conhecimento de mundo, de práticas sociais e da língua. Assim, as teorias, com foco no texto e no leitor, trataram do ato de ler como um processo de compreensão, do que estava posto ou pressuposto no texto, por meio da ativação de muitas estratégias (cognitivas e metacognitivas) do leitor para atribuir sentido ao texto. Posteriormente, numa terceira fase, o ato de ler passou a ser visto como uma interação entre leitor e autor, cabendo ao texto ser um mediador dessa interação, ao dar pistas da intenção e dos significados do autor para o leitor.

Além dessas três fases, mais recentemente, a partir dos anos 1990, ainda segundo Rojo (2009), a leitura passou a ser vista também numa perspectiva discursiva, como um ato de se colocar o discurso em relação com outros discursos anteriores, concomitantes e posteriores a ele, criando inúmeras possibilidades de respostas e gerando novos discursos. Essa visão compreende a leitura como um ato dialógico, cuja base teórica advém, principalmente, do Círculo de Bakhtin, segundo o qual a linguagem, o sujeito, os valores, as ideologias (entre outros aspectos) são construções dialógicas e sociais marcadas pela alteridade (Bakhtin; Volochínov, 2006). Tal perspectiva vai ao encontro da concepção *sociocultural*, segundo a qual, o ato de ler deixa de ser individual para ser considerado uma prática social. Ao ler, o sujeito compreende um significado, mas, além disso, também adota um rol, constitui uma imagem e participa de uma determinada organização da comunidade (Cassany, 2013).

Essa visão está ligada à proposta de *New Literacy Studies* (NLS), iniciada na década de 1970, com foco nos novos estudos de *letramento*. Atualmente, diante do conjunto heterogêneo das práticas de leitura e de escrita construídas socialmente que circulam em nossa sociedade letrada, Paulino (2005, p. 56) defende o emprego do termo *letramentos*, alegando que a forma no plural explicita mais adequadamente “as diferenças entre as práticas de leitura, derivadas de seus múltiplos

objetivos, formas e objetos, na diversidade também de contextos e suportes em que vivemos”. Nessa expansão, surgem também os *letramentos múltiplos* ou *multiletramentos*, com o prefixo pluralizador, que amplia o conceito para um sentido mais vasto de signos e símbolos, considerando as novas tecnologias.

No que tange às especificidades da leitura literária, as habilidades exigidas nesse tipo não são simplesmente de comunicação, mas também cognitivas, interacionais e afetivas. Para Paulino (2005, p. 62), trata-se de “considerar o processamento da leitura literária como desempenho que envolve habilidades simultaneamente intelectuais e estéticas, num nível de interação social constitutivo da própria linguagem, na perspectiva de Bakhtin”. Para o desenvolvimento desse tipo específico de leitura, é essencial avaliar a obra literária como linguagem que mostra o mundo e possibilita que o leitor se veja refletido nela, haja vista a conexão entre linguagem e vida, marcada pela alteridade na perspectiva dialógica bakhtiniana.

Nesse sentido, o ato de ler literariamente, na contemporaneidade, propõe ler dialogicamente o mundo, por meio de múltiplas formas e variados gêneros, em diversos suportes. Esse processo pressupõe a participação responsivo-ativa do leitor, que não é um mero receptor de uma mensagem finalizada, mas um sujeito social que interfere na construção dos sentidos, preenchendo as lacunas textuais com as suas experiências de mundo e de leitura da palavra, revelando o seu próprio mundo e o do autor, em um momento sócio-histórico que precisa ser levado em consideração (Tinoco, 2013). Assim, é necessária uma interação entre o leitor e o autor, por meio do texto em um determinado contexto, que permita ao sujeito social participar da arte do texto e compreendê-lo como um processo estético de interlocução (Cosson, 2014a, 2014b), na perspectiva do paradigma do letramento literário. Em sentido mais amplo, pode-se afirmar que a leitura literária é fecunda de intertextualidade e interdiscursividade, uma vez que, no texto literário, pode-se encontrar todas as outras áreas do saber (Barthes, 1979) e os conteúdos temáticos de gêneros do discurso das mais diferentes esferas de atividade humana (Bakhtin, 2003).

Em suma, a leitura de textos literários e não literários apresenta certas especificidades que, para serem reconhecidas e ativadas, é necessário o ato pessoal da leitura do texto, do contato direto do leitor competente com os textos de diferentes gêneros e suportes, sendo a leitura de livros um dos indicadores para a definição de leitores e não leitores. Esse é o principal parâmetro utilizado em pesquisas em larga escala, como a *Retratos da leitura no Brasil*, em suas cinco edições, que serviu como uma importante referência (Failla, 2021) para o desenvolvimento deste trabalho, tendo em vista a motivação comum para transformar o Brasil em um país de leitores, a partir de retratos da leitura em âmbitos nacional e local, respectivamente.

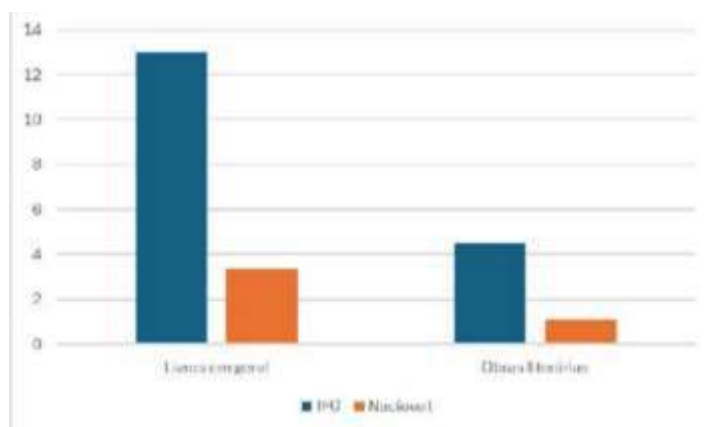
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da pesquisa 128 estudantes de 15 a 17 anos dos cursos técnicos em Eletrotécnica e em Química integrados ao EM na modalidade integral, o que corresponde a 79,5% dos estudantes matriculados nesse segmento no ano letivo de 2025 no IFG-Itumbiara, sendo

56,3 % do gênero masculino, 43% feminino e 0,7% não-binário. A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos a partir da aplicação do questionário a esses estudantes.

No que diz respeito à quantidade de obras (inteiras ou em partes), na pesquisa em nível de ensino médio técnico integrado, a maioria dos estudantes respondeu ter lido, em média, 13 livros no último ano, número bem acima da média nacional, que é de 3,6, segundo dados da pesquisa nacional *Retratos da Leitura no Brasil*, de 2024. Em relação às leituras estritamente literárias, em âmbito institucional, a maioria dos participantes respondeu que, em um ano, leu cerca de 4,5 livros. Já em âmbito nacional, a média foi bem menor, sendo de aproximadamente 1,1, considerando tanto textos integrais quanto trechos. Na Figura 1, a seguir, é possível visualizar uma comparação desses índices de leitura.

**FIGURA 1 – QUANTIDADE DE LIVROS LIDOS EM UM ANO.**



Fonte: Elaboração dos autores (2026).

A comparação da quantidade de livros lidos (inteiros ou em partes), mostrada na Figura 1, evidencia que, enquanto no IFG, a leitura é prática comum e constante; no Brasil, em geral, o comportamento não leitor ainda é predominante. Além disso, dentro desse quantitativo, quando se consideram apenas os livros lidos por vontade própria, verificou-se que a maior parte dos estudantes do IFG declarou ter lido, em média, 6,8 livros nesse período, dado que contrasta fortemente com os números apresentados pela pesquisa em larga escala, na qual os respondentes afirmaram ter lido, em média, 2,4 obras por vontade própria durante o período de um ano. Pode-se afirmar, portanto, que os índices de leitura do IFG são maiores, tendo em vista que a instituição incentiva os alunos não só a priorizar leituras obrigatórias, mas também as leituras realizadas de forma voluntária. Assim, no que tange aos gêneros literários preferidos pelos estudantes do IFG, sobressaem os romances, os contos e as crônicas, enquanto a minoria opta por leituras religiosas. Em nível nacional, por sua vez, há predominância de gêneros religiosos (como a Bíblia), os romances, os contos e as poesias.

Quanto à caracterização do adolescente como leitor, no IFG, os principais fatores que levam os estudantes a ler são: atualização cultural ou conhecimento geral (26,6%), gosto pela atividade (24,2%) e crescimento pessoal (10,2%). No Brasil, o principal motivo declarado pelos leitores, em 2024, foi o “gosto” (44%), seguido de “distração” (15%) e “atualização cultural” (13%). Esses dados evidenciam uma diferença significativa entre os dois contextos: enquanto no IFG, a leitura está mais associada ao desenvolvimento intelectual e formativo, vinculado ao curso técnico; no cenário nacional, ela se relaciona principalmente ao prazer e ao entretenimento, ainda que também haja espaço para o gosto pessoal entre os estudantes do Instituto.



A respeito dos critérios de escolha das obras, os estudantes do IFG priorizaram o tema ou assunto (66,4%), preferência semelhante à encontrada na pesquisa nacional, em que o conteúdo também aparece em primeiro lugar (30%), seguido da capa e da indicação de professores. Em relação ao gosto pela leitura, no IFG, 53,9% dos estudantes afirmaram gostar pouco, 28,9% gostam muito e apenas 12,5% disseram não gostar de ler. No Brasil, o índice de estudantes que gostam muito é menor (26%) e o desinteresse maior (29%). Esse contraste reforça a ideia de que o IFG proporciona um ambiente mais favorável à formação de leitores, com apoio da biblioteca da instituição e de projetos de ensino, como *Constelações Literárias* e *Clube do livro*, que ampliam o acesso às obras literárias e incentivam a prática da leitura.

No que se refere ao interesse pela leitura, entre as razões de impedimento no último ano, a mais citada no IFG foi a falta de tempo (48,4%), seguida da preferência por outras atividades (24,2%). Em âmbito nacional, a falta de tempo também aparece em primeiro lugar (46%), acompanhada das distrações cotidianas. Essa similaridade sugere que a principal barreira à leitura está ligada à rotina intensa dos jovens, mas, no caso do IFG, esse fator é potencializado pela alta carga horária das disciplinas dos cursos técnicos. Ademais, de acordo com as respostas dos participantes, além da alta demanda de atividades por parte da instituição escolar, outros fatores também contribuem para um menor número de leitores, como as atividades de lazer mais valorizadas no tempo livre dos estudantes, entre as quais predominam aquelas que envolvem tecnologia e internet (55,4%), resultado semelhante ao da pesquisa em âmbito nacional, em que esse tipo de atividade também foi recorrente. Nesse contexto, torna-se relevante observar quais atividades são mais desenvolvidas pelos estudantes na internet. Os dados da pesquisa revelaram como principais práticas: o uso de redes sociais (36,7%), assistir a vídeos (24,2%), jogar (19,5%) e escutar música (17,2%). Esse resultado se aproxima do cenário brasileiro, em que também se destacam as redes sociais como atividade predominante, seguidas pelo consumo de vídeos e músicas. Observa-se, portanto, que o uso da internet pelos jovens tem caráter majoritariamente voltado ao lazer e à sociabilidade, reforçando as motivações para um menor número de leitores no Brasil.

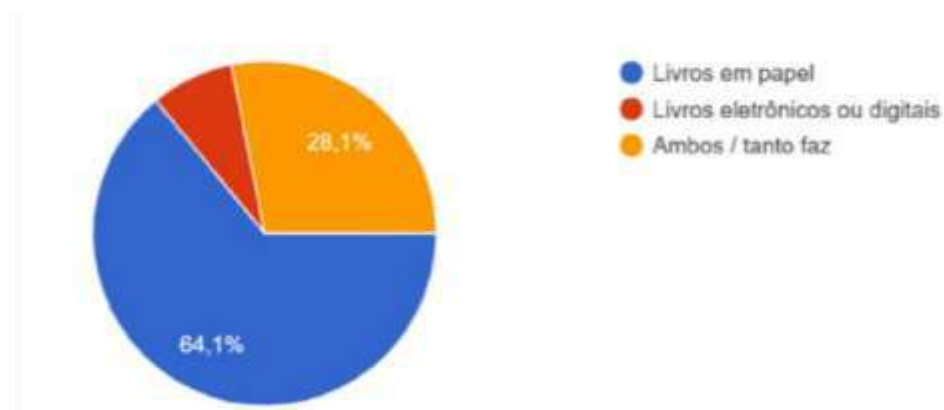
Quanto às formas de acesso ao livro, os estudantes do IFG relataram obter obras principalmente por compras em loja física ou pela internet (48,4%), emprestados pela biblioteca escolar (41,4%) e baixadas on-line (47,7%), sendo que os participantes puderam eleger mais de uma opção nessa pergunta. Em comparação, no levantamento nacional, predomina a compra em livrarias físicas e o recebimento de presentes. A diferença sugere que, no contexto do IFG, a biblioteca escolar exerce papel central no acesso às obras, revelando a importância das políticas institucionais de acervo para democratizar a leitura.

Já ao serem questionados sobre a influência de familiares e professores em suas práticas de leitura, 29,7% dos alunos responderam que não houve influência de ninguém em especial, 25% atribuíram ao papel do professor/a e 18% à influência de mãe ou responsável do sexo feminino. No Brasil, a tendência é inversa, com maior peso da família sobre o incentivo à leitura. Essa diferença ressalta o papel central que o corpo docente exerce no IFG, mediando escolhas e ampliando o repertório literário dos adolescentes, em sintonia com o trabalho pedagógico desenvolvido no ambiente educacional e para além dos muros da escola.



Com relação ao suporte de leitura mais utilizado, os alunos do IFG preferem majoritariamente as obras impressas, conforme pode ser observado na Figura 2, a seguir.

**FIGURA 2 – SUPORTES DE LEITURA UTILIZADOS PELOS ESTUDANTES DO IFG.**



Fonte: Elaboração dos autores (2026).

Esse resultado assemelha-se à pesquisa em âmbito nacional supracitada, na qual o formato impresso também é predominante, embora com presença um pouco mais equilibrada de *e-books*. Esse dado demonstra que, apesar do avanço das tecnologias digitais, o livro impresso ainda mantém forte relevância entre os jovens, o que pode estar ligado tanto à facilidade de acesso via biblioteca quanto à preferência pelo contato físico com o livro.

Por fim, ao serem perguntados sobre o surgimento do interesse pela literatura, a opção mais citada foi “porque viu filmes baseados em livros ou histórias de autores” (19,5%), seguida de perto pelas indicações escolares (17,2%). Em comparação com a pesquisa nacional, a maior influência também parte dos filmes; contudo, enquanto no cenário amplo, a escola aparece com impacto reduzido, no IFG, ela ocupa lugar de destaque, confirmando o peso da instituição na formação leitora dos estudantes.

#### 4. PALAVRAS FINAIS

O levantamento realizado com os estudantes do IFG – Câmpus Itumbiara permitiu traçar um retrato coerente sobre os hábitos e práticas de leitura no contexto da instituição. De modo geral, os resultados demonstraram que os discentes apresentam índices de leitura superiores à média nacional, evidenciando a importância da escola como espaço privilegiado para a formação de leitores. Nesse sentido, as análises evidenciaram que o ambiente institucional exerce papel determinante no desenvolvimento do interesse pela literatura. As indicações escolares, o apoio docente e o acesso à biblioteca revelaram-se como fatores decisivos, contrastando com o panorama nacional, no qual a família costuma desempenhar maior influência. Essa inversão evidencia que o IFG tem conseguido criar condições para que a leitura seja incorporada não apenas como obrigação curricular, mas também como experiência formativa e cultural.



Outro aspecto relevante é a concepção de leitura manifestada pelos estudantes, associada principalmente à aquisição de conhecimento e ao crescimento pessoal, ainda que o prazer e o lazer também estejam presentes. Esse entendimento dialoga diretamente com a proposta pedagógica da instituição, que valoriza a leitura como prática crítica e emancipadora.

Entretanto, apesar dos aspectos positivos, a pesquisa também evidenciou obstáculos comuns à realidade juvenil, como a falta de tempo e a concorrência com atividades digitais e audiovisuais. Esses fatores apontam para a necessidade de fortalecer estratégias de incentivo, diversificação do acervo e mediação cultural, de forma a equilibrar o espaço da leitura no cotidiano dos estudantes. Nessa perspectiva, o desafio permanece em ampliar o alcance das práticas de leitura para além do espaço escolar, estimulando a autonomia leitora e consolidando o hábito com parte integrante da vida dos estudantes dessa instituição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKHTIN, M. (2003). **Estética da criação verbal**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- BAKHTIN, M.; VOLOCHÍNOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem**. 12. ed. São Paulo: Hucitec, 2006. BARTHES, R. **Aula**. Trad.: L. Perrone-Moisés. São Paulo: Cultrix, 1979.
- CANDIDO, A. O direito à literatura. In: **Vários escritos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ouro sobre Azul, 2011.
- CASSANY, D. **Tras las líneas**: sobre la lectura contemporánea. Barcelona: Anagrama, 2013.
- COSSON, R. **Letramento literário**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2014a. COSSON, R. **Círculos de leitura literária e letramento literário**. São Paulo: Contexto, 2014b.
- FAILLA, Z. **Retratos da leitura no Brasil 5**. Rio de Janeiro: Sextante, 2021. Disponível em: [https://www.prolivro.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Retratos\\_da\\_leitura\\_5\\_o\\_livro\\_IPL.pdf](https://www.prolivro.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Retratos_da_leitura_5_o_livro_IPL.pdf). Acesso em: 20 abr. 2024.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.
- INSTITUTO PRÓ-LIVRO. **Retratos da Leitura no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Instituto Pró-Livro, 2024. Disponível em: [https://www.prolivro.org.br/wp-content/uploads/2024/11/Apresentac%CC%A7a%CC%83o\\_Retratos\\_da\\_Leitura\\_2024\\_13-11\\_SITE.pdf](https://www.prolivro.org.br/wp-content/uploads/2024/11/Apresentac%CC%A7a%CC%83o_Retratos_da_Leitura_2024_13-11_SITE.pdf). Acesso em: 15 fev. 2025.
- LLOSA, M. V. Em defesa do romance. **Revista Piauí**. n.37. Outubro de 2009. Disponível em: <<http://piaui.folha.uol.com.br/materia/em-defesa-do-romance>>. Acesso: 17 jun. de 2024.
- MATOS, D. R. de R. **Retratos da formação do leitor literário em Goiás (Brasil) e na Galícia (Espanha)**: um estudo comparativo sobre percepções e práticas literárias no ensino de nível médio. 2023. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Doutorado em Educação da Escola de Doutorado Internacional da Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 2023.
- PAULINO, G. Algumas especificidades da leitura literária. A. In: PAIVA, A.; MARTINS, A.; PAULINO, G.; VERSIANI, Z. (org.). **Leituras literárias**: discursos transitivos. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. p. 55-68.
- ROJO, R. **Letramentos múltiplos, escola e inclusão social**. São Paulo: Parábola Editorial, 2009.
- TINOCO, R. C. Percepção do mundo na sala de aula: leitura e literatura. In: DALVI, A. M.; N. L. REZENDE, N. L.; JOVER-FALEIROS, R. (org.), **Leitura de literatura na escola**. São Paulo: Parábola, 2013. p. 135-151.

# CAPÍTULO 6

## BIONEMATICIDAS PROMOVEM CRESCIMENTO DE MINI ALFACE

**Thayssa Monize Rosa de Oliveira** - thayssa.oliveira@unicerrado.edu.br  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIATUBA - UniCerrado.

**Maria Júlia Oliveira Garcia Marques** - maria.marques@alunos.unicerrado.edu.br  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIATUBA - UniCerrado.

**Jordana Augusta Veronez Silva** - jordana.silva@alunos.unicerrado.edu.br  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIATUBA - UniCerrado.

**João Vitor Mesquita da Silva** - joao.v.m.silva@alunos.unicerrado.edu.br  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIATUBA - UniCerrado.

**Breno Junqueira Melo** - breno.melo@unicerrado.edu.br  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIATUBA - UniCerrado.

**RESUMO:** A mini alface é um mercado em ascensão. Produtos biológicos são de baixo impacto ambiental, além de uma opção como promotores de crescimento de plantas. Buscando conhecer a adaptabilidade e rendimento de mini alface em Goiatuba-GO, além de selecionar o melhor manejo de cultivo, foram utilizados bionemáticas com *Bacillus subtilis* UFPEDA 764 e *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20 em suas formulações, como promotores de crescimento em mini alface. O experimento foi realizado no Campus Experimental da UniCerrado, em Goiatuba-GO, com a cultivar Analu. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco repetições. As mudas foram transplantadas em canteiros com *mulching* em parcelas com 3 linhas com 4 furos cada, espaçadas a 0,25 m entre linhas e plantas. Os tratamentos foram: 1. Parcela não tratada; 2. Tratada com 350 mL/ha de RIZOS OG® (*B. subtilis*); 3. Tratada com 350 mL/ha de ONIX OG® (*B. methylotrophicus*); e 4. Tratada com 350 mL/ha de RIZOS OG® + 350 mL/ha de ONIX OG®. As aplicações foram realizadas aos 25 DAT (dias após o transplante) com pulverização com borrifador. Aos 43 DAT, as plantas foram coletadas e avaliadas quanto ao comprimento das raízes e da cabeça (cm); à massa fresca (g) e ao diâmetro (cm) da cabeça. As médias foram analisadas no Sisvar ( $P \leq 0,05$ ) e, se significativas, comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. As parcelas tratadas com o produto RIZOS OG® apresentaram o maior incremento, com aumento significativo no diâmetro e peso da parte aérea.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lactuca sativa*; MINI HORTALIÇAS; NEMATICIDAS BIOLÓGICOS; RIZOBACTÉRIAS.

### 1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*), originária da região do Mediterrâneo, é a hortaliça folhosa de maior importância econômica, tanto em volume como valor comercializado. Também é a hortaliça mais comercializada no Brasil, apresentando ótima aceitação pelo consumidor (Henz; Suinaga,

2009; Sala; Costa, 2012). No Brasil, são produzidas 672 mil toneladas de alface ao ano e o valor da produção alcança 1,2 bilhões de reais. As regiões Sul e Sudeste são as principais regiões, com cerca de 93% da produção comercial do país. Quase 57% da produção nacional concentra-se na região Sudeste, a maior região produtora, sendo apenas o estado de São Paulo responsável por cerca de 40% da produção do país (IBGE, 2017).

Em comparação a culturas de polinização cruzada, a cultura da alface apresenta variabilidade genética limitada. Isso se deve a sua natureza endogâmica, que é o efeito do cruzamento natural ou artificial entre indivíduos relacionados por ascendência, ou seja, que possuem certo grau de parentesco entre si (Maia; Assis; Rocha, 2008). Com isso, por meio da utilização de métodos de melhoramento que envolvam principalmente a hibridação e seleção, foram obtidas mudanças no tamanho, cor, forma, textura e sabor das folhas, na adaptação a diferentes climas e locais de cultivo, na tolerância a pragas e doenças e, ainda, no rendimento produtivo (Mou, 2011). Originalmente cultivada em regiões frias, quando cultivada em regiões quentes, pode apresentar um distúrbio fisiológico conhecido como pendoamento. Entretanto, como resultado do seu melhoramento genético, atualmente pode ser cultivada em qualquer época do ano e em todo o Brasil (Lédo; Sousa; Silva, 2000; Sala; Costa, 2012).

A agricultura brasileira tem destaque mundial em função da sua capacidade produtiva. Dentre as opções de cultivo, o mercado de mini hortaliças (também conhecidas como *baby leafs*) está em ascensão. A produção de mini hortaliças em sistema orgânico apresenta uma demanda crescente, sendo uma alternativa inovadora e interessante de produção. Por serem produtos que estão em alta, o mercado pode apresentar variações de incremento superiores a 1.000% no varejo de mini hortaliças, em comparação às mesmas hortaliças no tamanho regular, garantindo melhores margens de lucro tanto para varejistas quanto para os produtores (Sabio; Ventura; Campoli, 2013).

Considerada um produto diferenciado, a mini alface se caracteriza por suas folhas de tamanho reduzido, variedade de cores, sabor, formatos e consistência. A maior parte das sementes de mini alface disponíveis e conhecidas ainda são as importadas, principalmente da Europa (Lédo; Sousa; Silva, 2000; Sabio; Ventura; Campoli, 2013). Poucas empresas brasileiras trabalham nesse segmento e escassos estudos foram desenvolvidos com as cultivares nacionais, observando seu comportamento sob as condições ambientais e de manejo aqui encontradas.

Produtos biológicos à base de diferentes organismos, especialmente à base de bactérias do gênero *Bacillus*, além de serem de baixo custo e de impacto ambiental reduzido, têm se mostrado opções eficazes no manejo de pragas e doenças em diferentes culturas. O controle se dá por meio da combinação de diversos mecanismos de ação na região da rizosfera, como por exemplo através do antagonismo, parasitismo, antibiose, competição por espaço e nutrientes, produção de enzimas e indução de resistência da planta hospedeira (Vaz, 2011).

Além da sua viabilidade de utilização como agentes de biocontrole, estes produtos biológicos atuam na promoção de crescimento de plantas e no aumento do seu rendimento. Assim, estudos são necessários para se avaliar a eficiência de produtos biológicos como promotores de

crescimento em culturas recentemente introduzidas no nosso mercado, como por exemplo, no cultivo de mini alface, visando minimizar perdas de produção e de qualidade da hortaliça.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance de dois bionematicidas a base de *Bacillus subtilis* UFPEDA 764 ou *Bacillus methylophilicus* UFPEDA 20 como promotores de crescimento no cultivo de mini alface.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campus Experimental do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Goiatuba (UniCerrado), utilizando-se a cultivar de mini alface Analu, da empresa Feltrin<sup>®</sup>, com resistência ao BI (*Bremia lactucae* - Míldio nas Raças 1-16, 18, 19, 21, 23) e pendoamento precoce, folhas frisée de coloração verde limão e borda repicada, peso médio de 150 a 300g, ciclo de 30-35 DAT (dias após o transplante). O transplante das mudas foi realizado em 13 de agosto de 2025 e a colheita em 25 de setembro de 2025.

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições por tratamento. As doses dos tratamentos foram escolhidas de acordo com a recomendação fornecida por representantes regionais da marca detentora dos produtos utilizados.

Os grupos experimentais foram definidos com base na aplicação ou não de nematicidas biológicos, conforme a seguir:

1. Parcela não tratada;
2. Parcela tratada com 350 mL/ha de RIZOS OG<sup>®</sup> (*Bacillus subtilis* UFPEDA 764);
3. Parcela tratada com 350 mL/ha de ONIX OG<sup>®</sup> (*B. methylophilicus* UFPEDA 20);
4. Parcela tratada com 350 mL/ha de RIZOS OG<sup>®</sup> (*B. subtilis* UFPEDA 764) + 350 mL/ha de ONIX OG<sup>®</sup> (*B. methylophilicus* UFPEDA 20).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido, preenchidas com substrato comercial à base de fibra de coco e permaneceram em casa de vegetação. A área de campo foi preparada para o plantio, com gradagem e encanteiramento e os tratamentos culturais, como irrigação, adubação e controle fitossanitário, foram realizados conforme a necessidade e recomendação da cultura.

No plantio, foi utilizado 1,5 Kg do adubo 4/14/8 previamente ao plantio, além de 50 Kg de esterco animal homogeneamente distribuídos e incorporados em toda a extensão do canteiro de 16 metros utilizado. Após a incorporação do adubo de plantio, foi realizada a cobertura dos canteiros utilizando plástico tipo *mulching*, com face inferior preta e face superior branca.

Aos 16 dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para canteiros definitivos em campo. As mudas foram transplantadas em parcelas experimentais compostas de 3 linhas com 4 furos cada, espaçadas a 0,25 m entre linhas e 0,25 m entre plantas ou entre furos, com uma densidade populacional de aproximadamente 160 mil plantas por hectare. Foram transplantadas 1 muda por cova, totalizando 12 plantas por parcela. A área útil foi composta de

4 plantas da linha central, desprezando-se as duas linhas da extremidade de cada parcela, a título de bordadura, totalizando 4 plantas por área útil de cada parcela.

Os tratamentos foram realizados aos 25 dias após o transplântio (DAT) por meio de pulverização em parte aérea com auxílio de borrifador.

Ao final do ciclo da cultura, aos 43 DAT, as plantas foram coletadas e colocadas em um saco para cada parcela, os quais foram devidamente identificados. Com a coleta de quatro plantas por parcela, foram realizadas as avaliações. O sistema radicular foi lavado, avaliando-se comprimento das raízes e de parte aérea (cm), com auxílio de régua; a massa fresca de parte aérea (g) foi obtida em balança analítica digital com duas casas decimais; e o diâmetro da cabeça (cm) foi determinado com auxílio de paquímetro digital (cm).

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ). Quando observados efeitos significativos dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram avaliadas no programa Sisvar.

### 3. RESULTADOS

As avaliações foram realizadas na colheita de mini alface, os dados foram tabulados e, uma vez calculadas as médias das parcelas, estas foram submetidas a testes estatísticos para verificação de diferença significativa entre os tratamentos. As variáveis analisadas foram o diâmetro da cabeça, a massa fresca ou peso de parte aérea ou cabeça, comprimento de parte aérea ou cabeça e comprimento das raízes (Tabela 1).

**TABELA 1 - MÉDIAS DE AVALIAÇÕES OBSERVADAS NAS PARCELAS SUBMETIDAS AOS DIFERENTES TRATAMENTOS. GOIATUBA/GO, 2025.**

Tratamento	Diâmetro da cabeça (cm)	Massa da cabeça (g)	Comprimento da cabeça (cm)	Comprimento da raiz (cm)
1. Parcela não tratada;	12,8 c	80,2 ab	10,8 <sup>NS</sup>	8,7 <sup>NS</sup>
2. 350 ml/ha de Rizos OG <sup>®</sup>	17,2 a	100,3 a	10,8	9,1
3. 350 ml/ha de Onix OG <sup>®</sup>	15,7 ab	71,6 b	10,6	9,4
4. 350 ml/ha de Rizos OG <sup>®</sup> + 350 ml/ha de Onix OG <sup>®</sup>	14,8 bc	69,9 b	11,0	9,1
Coeficiente de variação (%)	7,11	14,09	8,39	15,45
P-valor	0,0003	0,0042	0,9236	0,9049

NS: Não significativo (F,  $P > 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey em 5% de significância).

Em relação à variável diâmetro de cabeça (cm), todos os tratamentos proporcionaram incrementos numéricos em relação à testemunha. Apesar disso, apenas os tratamentos com utilização dos bionemáticos Rizos OG<sup>®</sup> ou Onix OG<sup>®</sup> de forma isolada obtiveram aumento significativo em relação à testemunha, sendo o melhor tratamento obtido na utilização do produto Rizos OG<sup>®</sup> isolado, com média de 17,2 cm de diâmetro.

Quanto à avaliação de peso ou massa fresca de cabeça, nenhum tratamento diferiu estatisticamente da testemunha. Entretanto, o tratamento com a utilização de Rizos OG<sup>®</sup> de forma isolada apresentou os melhores índices, com média de 100,3 g por cabeça de mini alface.

Nas demais avaliações, referentes ao comprimento de cabeça e de raízes, não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos utilizados.

A superioridade do tratamento com o bionemática Rizos OG<sup>®</sup>, de forma isolada, que apresentou o maior diâmetro de cabeça e massa fresca, corrobora estudos que indicam a eficiência desta espécie bacteriana na promoção de crescimento em alface. O sucesso de *B. subtilis* em estimular o desenvolvimento vegetal é resultado da sua capacidade de solubilizar fósforo, fixar biologicamente o nitrogênio e produzir fito-hormônios e sideróforos, mecanismos que aceleram o metabolismo fisiológico e a absorção de nutrientes (Hashem; Tabassum; Abd\_Allah, 2019).

Almeida (2025) reforça que a aplicação de *Bacillus* em folhosas é uma estratégia viável para aumentar o peso da planta e a emergência, o que explica o incremento significativo observado nas variáveis produtivas da mini alface cultivar Analu, quando submetida apenas a este inoculante.

Em contrapartida, o tratamento com Onix OG<sup>®</sup> não apresentou ganho estatístico significativo na massa fresca em relação à testemunha, sugerindo que a interação entre o microrganismo e a planta é altamente específica. A eficiência dos microrganismos promotores de crescimento varia conforme a espécie vegetal e as condições de manejo, onde certas rizobactérias desencadeiam respostas metabólicas mais intensas, dependendo da compatibilidade genética da cultivar (Silva, 2023). Almeida (2025) destaca que, embora existam diversos gêneros de bactérias com potencial inoculante, a resposta agrônômica depende da adaptação da cepa ao ambiente e à cultura, o que pode ter limitado a performance de *B. methylotrophicus* em comparação a *B. subtilis* nas condições edafoclimáticas de Goiatuba-GO.

Quanto à menor eficiência observada na aplicação combinada (Rizos OG<sup>®</sup> + Onix OG<sup>®</sup>), onde houve redução no desenvolvimento das plantas, comparado ao tratamento com Rizos OG<sup>®</sup> isolado, a hipótese mais plausível é a ocorrência de competição interespecífica ou regulação metabólica devido à disponibilidade de nutrientes. Em ambientes ricos em nutrientes, os microrganismos podem não precisar estabelecer relações simbióticas intensas com as plantas, priorizando seu próprio crescimento em vez de promover o crescimento vegetal (Richardson *et al.*, 2009). Almeida (2025) discute que a ausência de efeitos sinérgicos em tratamentos combinados sob alta fertilidade pode estar relacionada à competição por recursos e alterações nas atividades microbianas, onde a presença de múltiplas cepas sem um equilíbrio prévio pode limitar a densidade populacional da linhagem mais eficiente, anulando os benefícios observados na aplicação isolada.

#### 4. CONCLUSÃO

O produto Rizos OG<sup>®</sup>, na dose de 350 mL/ha, apresentou o maior incremento em fatores produtivos, aumentando diâmetro e peso de parte aérea no cultivo de mini alface.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. B. **Promoção de crescimento por *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* em alface crespa (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*)**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2025. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c6d73c40-78e4-40a2-9630-910c60d7df6d/content>>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- HASHEM, A.; TABASSUM, B.; ABD\_ALLAH, E. F. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31516360/>>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília, Embrapa Hortaliças. 7p. (Comunicado Técnico, 75), 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de alface**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alface/br>>. Acesso em: 3 out. 2025.
- LÉDO, F. J. D. S.; SOUSA, J. A. D.; SILVA, M. R. D. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, n. 18, p. 225-228, 2000.
- MAIA, M. C.; ASSIS, G. M. L.; ROCHA, M. M. O fenômeno da endogamia em plantas. Rio Branco: **Agrosoft Brasil**. 2008.
- MOU, B. Mutations in lettuce improvement. **International Journal of Plant Genomics**, p. 1-7. 2011.
- RICHARDSON, A. E.; BAREA, J. M.; McNEILL, A. N.; PRIGENT-COMBARET, C. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. **Plant and Soil**, v. 321, p. 305-339, 2009.
- SABIO, R. P.; VENTURA, M. B.; CAMPOLI, S. S. Mini e “baby” frutas e hortaliças. **Revista Hortifruti Brasil**, v. 11, n. 120, 2013.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. D. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, p. 187-194, 2012.
- SILVA, A. O. **Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente indoor**. 2023. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-02102023-152800/publico/Alasse\\_Oliveira\\_da\\_Silva\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-02102023-152800/publico/Alasse_Oliveira_da_Silva_versao_revisada.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2026.
- VAZ, M. V. Controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* com *Bacillus subtilis*. **Revista do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão**. Patos de Minas: UNIPAM, v. 8, n. 1, p. 203-212, 2011.



# CAPÍTULO 7

## RETRATOS DE MARIE CURIE: ANÁLISE DAS ILUSTRAÇÕES EM LIVROS DA LITERATURA INFANTOJUVENIL.

**Blyeny Hatalita Pereira Alves** - blyeny.alves@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Thiago Oliveira Barros** - thiago.barros@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**Luiza Barros Ferreira** - luizabarroserreira9@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, CÂMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** Presença feminina em um ambiente à época exclusivamente masculino, Marie Curie buscou com seu trabalho e seus estudos sobre radioatividade, contribuir para o desenvolvimento científico. Propôs-se investigar neste trabalho, como a vida e a obra de Marie Curie é retratada nas ilustrações de obras literárias para o público infantojuvenil, publicadas em língua portuguesa no período de 2020 a 2024. O objeto de estudo foi composto por oito obras literárias. A análise das obras foi orientada pelos procedimentos metodológicos da análise de conteúdo, da qual inferiram-se três categorias de análise: (01) Relação entre ilustração e a personagem Marie Curie; (02) Relação entre ilustração e texto; (03) Relação entre ilustração e ciência/química. As obras retratam a vida e a obra de Marie Curie de formas e linguagens distintas, em prosa e verso, com ilustrações caricatas ou realistas, e abrangem um público alvo de 04 a 17 anos. As ilustrações, em conjunto com os textos literários abordam ainda as dificuldades do trabalho científico e a ausência das mulheres na ciência, considerando o contexto da época e busca apresentar ao leitor compreensão de que a ciência é uma construção humana.

**PALAVRAS-CHAVES:** MULHERES NA CIÊNCIA; LITERATURA INFANTOJUVENIL; ILUSTRAÇÕES.

### 1. INTRODUÇÃO

A presença feminina na ciência vem, pouco a pouco, ganhando destaque e nos últimos anos isso se refletiu nos livros didáticos. No Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2018, um dos critérios de conformidade incluídos para a análise dos livros indica que é necessário verificar se a obra “promove positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação na produção do conhecimento químico, reforçando sua visibilidade e seu protagonismo social” (BRASIL, 2017, p. 16). Espera-se, portanto, que estes livros apresentem ao público alvo, as cientistas que contribuíram para a evolução da Química como ciência.



Gonçalves e Mello (2023), em trabalho que avaliou o impacto do novo indicador, voltado à avaliação do destaque das contribuições da mulher na Química, na forma como as citações às mulheres cientistas ocorreram nas coleções comuns às edições de 2015 e 2018 do PNLD, sinalizaram os impactos da inclusão em apenas uma das coleções. Os autores apontam que “o destaque dado às cientistas, na maioria das citações, pode permitir que as estudantes se identifiquem e se conectem com estas mulheres e passem a aspirar carreiras na área no futuro.” Todavia, os livros de literatura apresentam funções e características diferentes dos livros didáticos. Neles, a forma textual é diversificada, a história contada pode ser introdutória ou profunda, e o objetivo da obra pode não ser o conteúdo de química. Em 2018, o PNLD (BRASIL, 2017, p.16) “passou a selecionar também obras literárias e, com isso, incorporou ao escopo do Programa a distribuição de livros de literatura, promovendo e ampliando políticas públicas de leitura, especialmente, para a formação de leitores(as) literários(as)”.

Considerando a presença no PNLD 2021 – Obras literárias, de dois títulos sobre Marie Curie e à crescente publicação de obras referentes à cientista, a presente pesquisa propôs investigar como a vida e a obra de Marie Curie é retratada nas ilustrações de obras literárias para o público infantojuvenil publicada em língua portuguesa no período de 2020 a 2024, tendo como objetivo analisar a contribuição da literatura infantojuvenil sobre vida e obra de Marie Curie, na construção do conhecimento científico e na percepção da presença feminina na ciência. Para tal procurou-se (1) identificar o gênero textual e o tipo de ilustração utilizado nas obras selecionadas; (2) verificar a relação entre texto e imagem na compreensão da leitura; (3) evidenciar as informações sobre a química identificadas nas imagens e/ou ilustrações; (4) Examinar se a ciência é apresentada nas obras como uma construção humana de homens e mulheres.

## 2. DESENVOLVIMENTO

“Marie Curie não é apenas um nome célebre na História da Ciência. Marie Curie é um nome de referência na História.” (Gonçalves-Maia, 2012, p.1).

A sociedade e a cultura do início do século XX impunham uma barreira para as mulheres no ambiente intelectual (Prado e Rodrigues, 2019). Marie Curie foi uma das mulheres que conseguiu romper com esse paradigma, buscou desenvolver suas capacidades intelectuais através da educação, e por consequência disso, conheceu seu marido, parceiro e incentivador de pesquisas, Pierre Curie. A biografia de Marie Curie tem sido abordada em diferentes gêneros literários como prosa, quadrinhos e cinema há quase um século (Rifkind, 2020; Sánchez; Lavin, 2023). Diversos aspectos são destacados nessas biografias, mas a maioria retrata sua paixão pela ciência e seu sacrifício pessoal e profissional, por ser uma cientista mulher em um campo dominado por homens. Sua efetiva participação nas pesquisas junto a Pierre Curie e Henry Becquerel levaram a descoberta de dois novos elementos químicos, Rádio e Polônio. (Gonçalves Maia, 2012; Coursey, 2017). Essas descobertas, assim como a evolução da ciência são registradas ao longo do tempo na linguagem científica, não literária, ou seja, objetiva e utilitária, próxima do seu sentido literal. Todavia, a história da ciência e dos personagens que constroem as ciências também encontra ressonância na linguagem literária. Colomer (2017) defende que “o leitor literário competente é aquele que consegue desfrutar da literatura e assim refletir sobre o

mundo, sobre a realidade e sobre si mesmo” (Silva, 2018, p. 382). Do mesmo modo, Galvão (2006), afirma que as ligações entre campos diversos como ciência e literatura, proporcionam diferentes leituras e conexões com o mundo à nossa volta. Ademais, os livros literários podem ser uma forma de compreensão da ciência como cultura, reconhecendo, para além de suas contribuições para o desenvolvimento da sociedade, o seu caráter político, social e suas limitações (Homrich; Peralta; Gonçalves, 2017).

A aproximação entre literatura e ciência, de acordo com Navas (2020, p.40), “permite-nos dar sentido ao vultoso conjunto de estímulos a que estamos submetidos diariamente”. A autora indica que o diálogo entre as duas áreas possibilita uma visão conjunta do mundo. A ideia encontra concordância no PNLD, que aponta as obras literárias como potencializadoras da capacidade de reflexão entre os estudantes e o mundo, além de proporcionar o contato com a diversidade em suas múltiplas expressões (BRASIL, 2021).

Faiad e Rezende (2021), Coelho da Silva e Afonso (2015) apontam uma relação entre o texto literário, o autor, a obra e o público ao qual se destina. De tal modo, espera-se que as obras para o público infante juvenil apresentem elementos sociais e históricos distintos das obras para outros públicos, como por exemplo o público infantil. Coelho (2000) aponta o questionamento e a representação como características da literatura infante juvenil contemporânea. Dessa forma a literatura busca, entre outros, “tornar o leitor consciente da complexa realidade em transformação que é a sociedade” (Coelho, 2000, p. 151).

## 2.1 PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa se enquadra na abordagem qualitativa, do tipo exploratória que visa proporcionar maior familiaridade com o problema, para torná-lo mais explícito ou para construir hipóteses (GIL, 2007). O objeto de estudo deste trabalho são livros da literatura infantojuvenil, que tem como tema a cientista Marie Curie. Foram analisados oito (08) livros, todos na língua portuguesa, originais ou com tradução, publicados entre 2020 e 2024 (quadro 1). Dois destes livros fazem parte do acervo indicado pelo PNLD 2021, objeto 5 – Obras literárias. Sete livros integram o acervo pessoal das pesquisadoras e um dos livros faz parte do acervo da Biblioteca Veredas da Leitura, do IFG – Campus Jataí, que gentilmente concedeu o empréstimo entre bibliotecas para a leitura e estudo. O quadro 1 apresenta a lista dos livros analisados e o código de identificação que será utilizado neste trabalho.

A coleta de dados foi realizada pela leitura passiva e ativa das obras. Para a interpretação dos dados obtidos foi utilizada a técnica da Análise de Conteúdo (Bardin, 2016). A análise de conteúdo pode ser organizada em três etapas:

1ª etapa - Pré-análise: se dá através de um primeiro contato com o material analisado, para uma leitura inicial com o intuito de organizar as ideias iniciais sobre o assunto, e em seguida, tornando-as sistematizadas e permitindo uma condução adequada das próximas etapas (Mendes; Miskulin, 2017; Gonçalves; Mello, 2021). Nesta etapa foi realizada a leitura flutuante dos livros e registradas as primeiras impressões e destaques de cada obra.

2ª etapa - Exploração do material: consiste na análise categorial a partir de “operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo agrupamentos analógicos” (Bardin, 2016, p. 201). Ponderou-se nessa etapa os temas e relações que se mostraram mais evidentes para análises: ilustrações e suas representações, informações textuais, linguagem

científica, história da ciência, presença feminina na ciência, contribuição da ciência para a tecnologia e a sociedade. Com isso, foram realizadas leituras posteriores identificando as relações entre texto, imagem e conteúdo, explícito ou não.

3ª etapa - Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação dos dados coletados, a partir da discussão e compreensão dos dados obtidos nas etapas anteriores (Santos, 2018).

**QUADRO 1: RELAÇÃO DOS LIVROS ANALISADOS.**

Código	Título	Autores	Editora	Ano de publicação
L1	Marie Curie e o poder da persistência	Karla Valenti	Trileca.	2024
L2	Marie Curie	Susie Brooks	Ciranda Cultural.	2021
L3	Gente pequena, Grandes sonhos: Marie Curie	María Isabel Sánchez Vegara	Catapulta.	2021
L4	Marie Curie, Uma Vida Dedicada à Ciência <sup>1,2</sup>	Eduardo Alonso	Navigate.	2021
L5	Marie Curie.	Isabel Thomas	Blucher.	2020
L6	A Guerreira Curie	Wellington Francisco	Pedro S João Editores.	2020
L7	Marie Curie: no país da ciência <sup>3</sup>	Irène Cohen-Janca.	Edições SM.	2020
L8	Marie Curie: A Mulher que brilhou na Ciência <sup>4</sup> .	Juvenal Vianna	***	2023

Fonte: Autoria própria. <sup>1</sup>PNLD 2021 (0601L21611130IL); <sup>2</sup>Câmpus Jataí/IFG: Biblioteca Veredas da Leitura; <sup>3</sup>PNLD 2021 (0189L21611130IL); <sup>4</sup>Formato: e-book Kindle. ASIN: B0CNTWQBN4.

Considerando o método escolhido para essa pesquisa, a análise de conteúdo, foram estabelecidas três categorias de análise: (01) Relação entre ilustração e a personagem Marie Curie; (02) Relação entre ilustração e texto; (03) Relação entre ilustração e ciência/química.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS LIVROS

O trabalho de organização de livros considera que a classificação de livros em bibliotecas e livrarias podem seguir diferentes sistemas, entretanto o mais utilizado é a CDD - Classificação Decimal de Dewey (Vogel; Pazos, 2024). Exceto para os livros L2 e L8, esse é o sistema que consta nos livros analisados. Os livros L1, L3, L4, L6, L7 apresentam o código 028.5 (Literatura infantil/Literatura infantojuvenil). O livro L5 apresenta o código 920.9 (Biografia). O L2 não apresenta o CDD, entretanto, em consulta ao site da editora consta a seguinte informação: “BISAC: Não Ficção Infantil / Biografia e Autobiografia / Mulheres”. Em consulta à Lista de Títulos de Assunto do BISAC, o código seria JNF007120. O sistema BISAC (*Book Industry Standards and Communications*) é um sistema para classificar livros com base em seu assunto, surgiu no mercado livreiro norte-americano. Já o L8 não apresenta registro dessa informação. As informações sobre a classificação estão apresentadas no quadro 2.

Os livros L2 a L8 são considerados narrativas biográficas e não ficção. O livro L6 traz, nas palavras do próprio autor, uma biografia romântica. Já o livro L7, segundo nota da autora, uma narrativa circular. O livro L1 pode ser considerado uma mistura de ficção e não ficção, uma biografia com aspectos de literatura de fantasia, pois inclui personagens que não existiram, Nêmesis e Sr. Oposição. Nesse caso, os personagens seriam a representação dos obstáculos enfrentados pela protagonista e em alguns momentos no texto, a consciência da própria Marie.

**QUADRO 2: CLASSIFICAÇÃO DOS LIVROS ANALISADOS.**

Código	CDD <sup>1</sup>	Público alvo <sup>2</sup>	Idade	Tipo de ilustração	Gênero textual	Gênero literário
L1	028.5	Infanto-juvenil	10 a 14	Caricatura/arte fantasiosa ( <i>Fantasy art</i> )	Narrativa/prosa	Biografia
L2	**	Infantil	4 anos	Caricatura	Narrativa/prosa	Biografia
L3	028.5	Infanto-juvenil	7 a 10	Caricatura	Narrativa/verso	Biografia
L4	028.5	Infanto-juvenil	14 a 17	Realista	Narrativa/prosa	Diário, Biografia, Autobiografia, Relatos, Memórias <sup>3</sup>
L5	920.9	Infanto-juvenil	12 a 14	Caricatura	Narrativa/verso	Biografia
L6	028.5	Infanto-juvenil	5 a 7	Caricatura	Narrativa/prosa	Biografia
L7	028.5	Infanto-juvenil	14 a 17	Realista	Narrativa/prosa	Diário, Biografia, Autobiografia, Relatos, Memórias <sup>3</sup>
L8	**	Infantil	4 anos	Caricatura/realista	Narrativa/prosa	Biografia

Fonte: **Autoria Própria.** <sup>1</sup>CDD (Classificação Decimal de Dewey); <sup>2</sup> De acordo com a CDD ou BISAC; <sup>3</sup>De acordo com PNL D 2021.

### 3.2 ILUSTRAÇÕES

Nos livros em análise, observa-se a predominância do estilo caricatura (L1, L2, L3, L5, L6 e L8), o estilo realista está presente nos livros L4 e L7. Apesar de aparecerem algumas ilustrações no estilo realista em L8, a maioria se enquadra como caricatura. O livro L8 não traz informações sobre a autoria das ilustrações, percebe-se que não há um padrão no tipo de ilustração, que mistura características de caricatura e realismo, além de não manter a qualidade das imagens ao longo da obra. Nas demais obras é possível identificar os ilustradores. A obra L7 apresenta, ao final do texto (p.89 a 92), as notas da ilustradora, onde é possível compreender sobre o processo de criação de algumas das ilustrações do livro.

As ilustrações auxiliam o leitor na compreensão do universo dos personagens. Segundo Ramos e Nunes (2013, p.254), “a ilustração atrai o olhar do sujeito que se deslumbra e se volta sobre o que vê, para interagir com o texto, ou seja, com a nova realidade apresentada pela imagem.”. Desta forma, analisar a relação entre as imagens e as informações que elas transmitem de forma integrada ao texto ou isolada dele é um aspecto importante para compreensão dos assuntos apresentados. Com isso, serão apontadas as relações entre as ilustrações e a personagem Marie Curie, o texto e a ciência/química.

### 3.3 ANÁLISE DAS CATEGORIAS

#### **Categoria 01 - Relação entre ilustração e a personagem Marie Curie.**

As obras apresentam variações na forma de representação da personagem Marie Curie. No que diz respeito às características físicas, a maior parte delas retrata Marie como uma mulher de estatura baixa, magra, cabelos claros, olhos acinzentados e de aspecto frágil e debilitado (no decorrer dos trabalhos com o material radioativo). Nas obras L2 e L8, Marie é retratada com traços mais infantis, sendo que em L2, ela permanece como criança em todo o livro. Em L3 e L5, as ilustrações representam Marie com aspecto mais romântico (Figura 1). L1 traz ilustrações de Marie com características que a retratam sempre feliz, confiante, determinada e desafiadora. Nessas obras não aparecem ilustrações de Marie com os desgastes físicos ao longo dos anos ou a doença que a acometeu no final da vida.



FIGURA 1: REPRODUÇÃO DE ILUSTRAÇÕES.



(1a) Livro L2, p.8;



(1b) Livro L5, p. 36 e 37;



(1c) Livro L3, p. 7;



(1d) Livro L1, p. 20.

Fontes: Brooks, 2021; Thomas, 2020; Vegara, 2021; Valenti, 2024.

### Categoria 02 - Relação entre ilustração e texto.

A ilustração em um texto literário apresenta, dentre outras, funções representativas e descritivas (Camelo, 2017). A depender da faixa etária a qual a obra literária é destinada, o uso de diferentes estilos e técnicas auxiliará a capacidade do leitor de executar releituras e interpretar as informações paratextuais e textuais, possibilitando expressões e reflexões próprias (Paulino, 2025). Com exceção de L8, todas as obras apresentam coerência entre ilustração e texto, de forma complementar, considerando-se o público alvo ao qual se destina e a faixa etária sugerida. As obras L4 e L7, que apresentam o estilo realista nas ilustrações, tem essa característica mais evidente, o texto apresenta uma maior densidade e complexidade de informações e complexidade. Cabe destacar que em L4 identifica-se mais ilustrações da vida pessoal (Figura 2a), enquanto que em L7, existe um equilíbrio com as ilustrações do trabalho como cientista (Figura 2b). A obra L1 apresenta uma característica na ilustração que não foi identificada nas outras obras, a *fantasy art*. Na obra dois personagens representam Nêmesis e o Sr. Obstáculo (Sr. O), e podem ser associados ao imaginário de monstros do universo infantil (Figura 2c).

FIGURA 2. EXEMPLOS DOS TIPOS DE ILUSTRAÇÕES IDENTIFICADOS.



(2a) Livro L4, p. 73;



(2b) Livro 7, p.31;



(2c) Livro L1, p. 9.

Fontes: Alonso, 2021; Cohen-Janca, 2020; Valenti, 2024.

Conforme Camelo (2017, p.110) “é interessante compreendermos e reconhecermos que a ilustração não possui uma função isolada, mas relacional. Ou seja, é o resultado de um processamento de ideias que se completam.”

### Categoria 03 - Relação entre ilustração e ciência/química.

As ilustrações que remetem à ciência e/ou à química estão presentes em todas as obras analisadas. O mais frequente são as ilustrações de vidrarias (tubos de ensaio, erlenmeyer, béqueres, balões de fundo chato ou redondo), seguido de imagens de radiografias, que remetem



à aplicação dos raios – X. A Figura 3 apresenta um recorte de três das obras analisadas (L1, L6, L7) onde é possível observar a ilustração de vidrarias comuns em laboratórios.

**FIGURA 3: ILUSTRAÇÕES (RECORTES) SOBRE MATERIAIS DE LABORATÓRIO E SOBRE O PROCESSO DE AQUECIMENTO DA PECHBLENDA.**



(3a) Livro L1, p. 31;



(3b) Livro L7, p 47;



(3c) Livro L5, p. 29;



(3d) Livro L7 p. 49.

Fonte: Valenti, 2024; Cohen-Janca, 2020; Thomas, 2020.

As obras L5 e L6 são as que apresentam a maior presença de representações de imagens da ciência. Em L5 podemos identificar: tabela periódica dos elementos, cristais de pechblenda, sistema de aquecimento, símbolos dos elementos polônio e rádio. Em L6 observa-se símbolos dos elementos urânio, polônio e rádio, fórmula da água (molecular e estrutural), modelo atômico de Rutherford, símbolo da radioatividade, balança, sistema de aquecimento. Cabe ressaltar, que nos dois casos, o sistema de aquecimento representado é um “caldeirão” que foi utilizado por Marie aquecer os resíduos de pechblenda. A Figura 3 apresenta também as ilustrações do processo de aquecimento em duas obras diferentes (L5 e L7). Observa-se que em L5 (figura 3d), a ilustradora representa o perigo, até então desconhecido, associado aos materiais radioativos, utilizando-se da do destaque da fumaça com imagem de caveira, saindo do material em aquecimento.

## 4. CONCLUSÃO

A vida e obra de Marie Curie é retratada na literatura infantojuvenil de formas e linguagens distintas. A análise realizada mostra que o gênero textual principal é a narrativa biográfica em prosa, e as ilustrações predominantes são as caricaturas. As informações textuais e as ilustrações se apresentam coerentes com a idade estimada do público alvo de cada obra, sendo mais densa e complexa nos livros que estão presentes no PNLD 2021. Em conjunto com as informações textuais, as ilustrações complementam a narrativa do texto e auxiliam na interpretação dos fatos, apresentando informações sobre a vida pessoal e a obra da cientista de forma equilibrada, o que permite ao leitor compreender que a ciência é uma construção humana, permeado por muito trabalho, estudo, erros e sucessos, e onde a presença feminina se faz presente e atuante. No entanto deixa claro que as dificuldades e o preconceito com as mulheres na ciência não é algo recente. E, em contraponto, mostra a influência e o alcance do trabalho e Marie Curie para a humanidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016.

BISAC. Lista de Títulos de Assunto do BISAC. <https://www.bisg.org/juvenile-nonfiction>.



BRASIL; Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. PNLD 2018: Química - Guia de livros didáticos – Ensino Médio. Brasília, 2017.

BRASIL, GUIA DIGITAL: EQUIPE OBJETO 5 – OBRAS LITERÁRIA. PNLD 2021. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), 2021. Disponível em: < [https://stoapi.nees.ufal.br/pnld-guias-digitais-prod/guias/publicacoes/PNLD\\_2021\\_LITERARIO\\_ENSINO\\_MEDIO\\_OwgjvW2.pdf](https://stoapi.nees.ufal.br/pnld-guias-digitais-prod/guias/publicacoes/PNLD_2021_LITERARIO_ENSINO_MEDIO_OwgjvW2.pdf) >

CAMELO, M. A. C. A ilustração no texto literário infantojuvenil. Sentidos da cultura. Belém, ano 2, n. 2, jan – jun, 2015.

COELHO DA SILVA, J. L.; AFONSO, A. S. A Ciência na Literatura Infantil e Juvenil. O caso de Galileu Galilei. Boletín das Ciências, ano XXVIII, nº 81, 1-6, 2015.

COELHO, N.N. Literatura infantil: teoria, análise, didática. São Paulo: Moderna, 2000

COLOMER, T. Introdução à literatura infantil e juvenil atual. Tradução de Laura Sandroni. São Paulo: Global, 2017.

COURSEY, B. M. A reflection on the 150 anniversary of the birth of Marie Curie. Applied Radiation and Isotopes. V130, 2017, 280-284. DOI:

FAIAD, C. R.; REZENDE, D. B. Análise descritiva dos autores de obras literárias das pesquisas em Ensino do ENPEC (2003-2019). XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Caldas Novas: 2021.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES, B. M; MELLO, S. P. L. DE S. O reconhecimento da mulher nos livros didáticos de Química: uma análise das edições de 2015 e 2018 do PNLD. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Vol. 19, Nº. 43, 2023, págs. 188-201.

GONÇALVES-MAIA, R. Marie Sktodowska Curie: imagens de outra face. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

HOMRICH, A. M.; PERALTA, R. A.; GONÇALVES, F. P. 'A menina que comeu cério': articulações entre literatura e ensino de química. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017.

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A análise de conteúdo como uma metodologia. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, v. 47, n. 165, p. 1044–1066, 2017.

NAVAS, D. Literatura e ciência: campos antagônicos ou complementares? Ciência e Cultura. São Paulo, v.72, n.1, Jan./Mar. 2020.

PAULINO, M. P. A influência da ilustração artística no contato com a leitura no livro infantojuvenil. Caderno Intersaberes, Curitiba, v. 14, n. 52, p. 160-175, 2025.

PRADO, L.; RODRIGUES, D. F. Mulheres na História da Ciência: uma década de publicações nas revistas Química Nova e Química Nova na Escola. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces. v19, p. 54-70, 2019.

RAMOS, F. B.; NUNES, M. F. Efeitos da ilustração do livro de literatura infantil no processo de leitura. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 48, p. 251-263, abr./jun. 2013. Editora UFPR

RIFKIND, C. The Elements of a Life: Lauren Redniss's Graphic Biography of Marie Curie. The Comics Grid: Journal of Comics Scholarship. 10(1), 1. 2020.

SÁNCHEZ, A. J; LAVÍN, J. M. Marie Curie's Audiovisual Fiction: Beyond the Scientific Divulgaion. Fotocinema-Revista Científica De Cine Y Fotografía. (27), pp.87-111, 2023.

SANTOS, V. F. Educação de Jovens e Adultos: identidades, diários e práticas no ensino de Bioquímica. 2018. 203 f. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. 2018.

VOGEL, M. J. M.; PAZOS, J. M. Classificação Decimal de Dewey: uma análise das regras de construção de notação. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação, [S. l.], v. 20, p. 1–22, 2024. Disponível em: <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/1890>. Acesso em: 30 maio. 2025.



## CAPÍTULO 8

# MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DE UM MOTOR/GERADOR CC COM ESCOVAS COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO ENSINO TÉCNICO

DAVI FERREIRA VIAJANTE – davi.fv.viajante@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

VINÍCIUS DOS SANTOS VITO – viniucius.dossantos.vito.1@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

LUCAS GABRYELL LIRA COSTA – luccagabriel1010@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

GABRIEL MIGUEL DE OLIVEIRA SOUZA – gbrielmiguel13@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

MICAEL FERREIRA MOURA – micaelferreira792@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**RESUMO:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a validação de um motor/gerador de corrente contínua (CC) com escovas como ferramenta pedagógica para o ensino de eletromagnetismo e máquinas elétricas. O protótipo foi construído com materiais acessíveis, incluindo eixo metálico, bobinas de cobre esmaltado, ímãs permanentes e comutador artesanal, além de carcaça transparente para visualização interna. A montagem permitiu aplicar conceitos como força de Lorentz, torque eletromagnético e reversibilidade das máquinas elétricas. Nos testes experimentais, o dispositivo operou com êxito tanto no modo motor, convertendo energia elétrica em mecânica, quanto no modo gerador, produzindo tensão ao ser acionado mecanicamente. As medições realizadas mostraram coerência com a teoria. Fundamentado na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), o trabalho promoveu o desenvolvimento de competências técnicas em Eletrotécnica, integrando teoria e prática de forma significativa.

**PALAVRAS-CHAVES:** MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA; FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS; ELETROTÉCNICA; ENSINO; ELETROMAGNETISMO.

## 1. INTRODUÇÃO

A consolidação do ensino técnico contemporâneo exige a superação de metodologias excessivamente expositivas, nas quais o estudante assume postura passiva diante do conhecimento sistematizado. A integração de práticas pedagógicas *hands-on* mostra-se, nesse

contexto, não apenas complementar, mas estruturalmente necessária, ao permitir que o discente transite do campo abstrato da teoria para a concretude da experimentação. Como afirma Castro (2019), é imprescindível romper com a lógica em que “o aluno é um mero espectador”, promovendo experiências formativas que articulem pensamento crítico, observação empírica e resolução de problemas reais. Tal perspectiva torna-se especialmente relevante no ensino de eletromagnetismo e máquinas elétricas, áreas em que os fenômenos, embora rigorosamente descritos por equações matemáticas, muitas vezes permanecem intangíveis ao estudante quando restritos ao plano exclusivamente teórico (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Nesse cenário, a construção e análise de um motor de corrente contínua (CC) com escovas — dispositivo clássico de conversão eletromecânica de energia — configura-se como estratégia pedagógica de elevado potencial formativo. Ao possibilitar a visualização direta da interação entre campo magnético e corrente elétrica, o experimento materializa princípios fundamentais, como a força de Lorentz, o torque eletromagnético e o papel do comutador na manutenção do movimento rotacional unidirecional (CHAPMAN, 2013). Diferentemente de equipamentos industriais selados e de alta complexidade, o protótipo desenvolvido em laboratório, utilizando materiais acessíveis como eixo metálico, bobinas de cobre esmaltado, ímãs permanentes reaproveitados e comutador artesanal, permite que cada componente estrutural seja compreendido em sua função específica. Assim, o motor deixa de ser um “artefato fechado” e passa a ser um sistema inteligível em sua totalidade.

A proposta fundamenta-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), metodologia que estimula a autonomia intelectual, a criatividade técnica e a capacidade de solucionar desafios concretos. Conforme destacado por Castro (2019), a ABP favorece “a criatividade e a solução de problemas”, pois desloca o foco da simples reprodução de conteúdo para a construção ativa do conhecimento. Estudos na área de educação em engenharia demonstram que metodologias baseadas em projetos contribuem significativamente para o desenvolvimento de competências analíticas e práticas dos estudantes (PRINCE; FELDER, 2006). Ao planejar, montar, testar e ajustar o motor CC com escovas, os estudantes são confrontados com situações reais — como desalinhamento mecânico, perdas por atrito, aquecimento por efeito Joule e limitações do comutador — que exigem análise crítica e tomada de decisão fundamentada. Esse processo amplia significativamente a retenção conceitual, pois associa teoria, prática e reflexão sistemática.

Além de funcionar como motor, o dispositivo também pode operar como gerador, evidenciando o princípio da reversibilidade das máquinas elétricas. Essa característica amplia ainda mais seu valor didático, pois demonstra que a conversão de energia pode ocorrer em ambos os sentidos: de elétrica para mecânica e de mecânica para elétrica. Tal dualidade reforça a compreensão das leis fundamentais do eletromagnetismo e evidencia a unidade conceitual que governa os sistemas eletromecânicos (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2006). Ao observar experimentalmente a indução de tensão quando o eixo é acionado externamente, o estudante consolida conceitos que, em sala de aula, são frequentemente apresentados apenas em linguagem simbólica.

Dessa forma, o presente trabalho aborda a montagem e utilização de um motor de corrente contínua com escovas como ferramenta pedagógica para o ensino de eletromagnetismo e máquinas elétricas. Alinhado à ABP, os objetivos centrais consistem em: descrever

detalhadamente as etapas de construção do motor, realizar medições experimentais de suas grandezas elétricas e mecânicas, analisar seu desempenho à luz da teoria e validar o protótipo como recurso didático eficaz para a fixação de conceitos por meio da experimentação prática. Ao integrar fundamentação teórica rigorosa e execução experimental concreta, busca-se demonstrar que a aprendizagem significativa emerge com maior intensidade quando o conhecimento é simultaneamente pensado, construído e vivenciado (PRINCE; FELDER, 2006)

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAIS

Este trabalho adotou uma abordagem metodológica de natureza aplicada, utilizando a pesquisa experimental e o método de aprendizagem baseada em projetos (ABP) como fundamento para o desenvolvimento da atividade prática.

Para a fase de montagem, foram utilizados os seguintes materiais:

- ímãs permanentes;
- um rotor (armadura) bobinado com fio de cobre esmaltado;
- um comutador (feito a partir de fios de cobre rígidos e um cilindro de plástico maciço);
- escovas feitas com fio de cobre;
- um eixo;
- uma carcaça semi aberta (para visualização dos componentes internos);
- além de ferramentas como solda, multímetro e fonte de alimentação CC variável.

Foram realizadas medições da tensão e corrente de alimentação, além da tensão e corrente geradas utilizando-se o motor como gerador. Estes dados permitiram a análise quantitativa das relações entre tensão e corrente de entrada e saída (a depender do uso do aparelho construído: modo motor ou modo gerador).

### 2.2 MÉTODO

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida no contexto do ensino técnico integrado ao ensino médio. A proposta metodológica fundamentou-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), articulada à prática pedagógica hands-on, com o objetivo de promover aprendizagem significativa por meio da integração entre teoria e experimentação.

A ABP foi escolhida por priorizar a construção ativa do conhecimento, deslocando o estudante da posição passiva de receptor de informações para protagonista do processo formativo. Nessa abordagem, o problema central proposto — a montagem e validação de um motor de corrente contínua funcional — constituiu o eixo estruturador das atividades, orientando as etapas de planejamento, execução, análise e validação dos resultados.

### 2.3 MONTAGEM

A estrutura do motor foi composta por um eixo metálico central, responsável pela rotação do rotor, acoplado a um suporte para as bobinas confeccionado por impressão 3d. Esse suporte garantiu alinhamento geométrico adequado e isolamento elétrico entre o eixo e o enrolamento.

O campo magnético fixo foi gerado por dois ímãs permanentes retirados de alto-falantes, posicionados em polos opostos no interior da caixa metálica, formando o estator do motor (ou seja, formam dispostos de modo que a face sul de um estava virada para a face norte do outro, possibilitando um fluxo magnético mais uniforme ao redor do rotor). As bobinas foram enroladas manualmente com fio de cobre esmaltado. Após o enrolamento, as extremidades foram raspadas para remoção do esmalte isolante, permitindo a conexão elétrica.

O comutador foi construído a partir de um tubo plástico maciço, utilizado como base isolante. Sobre ele foram fixados segmentos de fio de cobre rígido previamente cortados e raspados, formando os contatos condutores. O conjunto foi então inserido no eixo metálico, e as extremidades das bobinas foram soldadas nesses segmentos de cobre, permitindo a inversão periódica da corrente durante a rotação.

A alimentação foi realizada por meio de uma fonte de bancada de corrente contínua, possibilitando o controle da tensão aplicada e a realização de testes progressivos até atingir rotação estável. De modo análogo, colocou-se um multímetro para se medir a tensão produzida quando o protótipo era usado em modo gerador.

## 3. RESULTADOS

A montagem do motor de corrente contínua com escovas foi concluída com êxito, como apresentado na FIGURA 1, resultando em um protótipo funcional e didaticamente expressivo. A utilização de carcaça semiaberta revelou-se particularmente vantajosa, pois permitiu a visualização direta da armadura, do comutador e das escovas durante o funcionamento, favorecendo a compreensão dinâmica do processo de comutação e da interação eletromagnética responsável pela rotação.

Durante os testes iniciais, observou-se partida consistente após a aplicação de uma tensão mínima suficiente para superar o atrito estático do eixo e o contato das escovas. A rotação mostrou-se contínua e estável em tensões moderadas, evidenciando que o alinhamento mecânico e o balanceamento do rotor foram adequadamente executados.

FIGURA 1 – PROTÓTIPO DO MOTOR CC CONSTRUÍDO PELOS ALUNOS



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2025).

### 3.1 DO PROTÓTIPO NO MODO MOTOR

No modo motor, ao ser alimentado por uma fonte de corrente contínua, o dispositivo converteu energia elétrica em energia mecânica rotacional, comportamento compatível com o modelo teórico das máquinas CC. Verificou-se que o aumento da tensão aplicada implicou aumento perceptível da velocidade angular do eixo, confirmando qualitativamente a proporcionalidade entre tensão e rotação. Pequenos níveis de faiscamento no comutador foram observados em tensões mais elevadas, fenômeno coerente com a interrupção momentânea da corrente durante a comutação. Ainda assim, o sistema manteve funcionamento regular, demonstrando que o comutador artesanal cumpriu adequadamente sua função de inverter o sentido da corrente na bobina a cada meia volta, garantindo torque unidirecional.

### 3.2 DO PROTÓTIPO NO MODO GERADOR

No modo gerador, ao se aplicar movimento manual ao eixo, registrou-se tensão mensurável nos terminais do motor, comprovando o princípio da reversibilidade das máquinas elétricas. As medições de tensão e corrente, tanto no regime de motorização quanto de geração, apresentaram valores compatíveis com as previsões teóricas, considerando as perdas por atrito e efeito Joule inerentes ao protótipo. A resposta experimental obtida reforça a validade do modelo construído como recurso didático eficaz, pois possibilita demonstrar, de forma concreta e observável, a conversão bidirecional de energia e a aplicação prática dos conceitos fundamentais de eletromagnetismo e máquinas elétricas.



### 3.3 DO PROTÓTIPO ENQUANTO FERRAMENTA PEDAGÓGICA

A participação dos alunos na construção e nos testes do motor CC com escovas proporcionou desenvolvimento significativo de competências técnicas e cognitivas na área de Eletrotécnica. Ao realizarem o enrolamento das bobinas, a montagem do comutador, a soldagem das conexões e os ajustes de alinhamento mecânico, os estudantes aplicaram na prática conceitos de eletromagnetismo, circuitos elétricos, máquinas elétricas e leitura de grandezas como tensão e corrente. Além do domínio conceitual, aprimoraram habilidades manuais relacionadas à montagem eletromecânica, interpretação de esquemas, uso de instrumentos de medição e análise de falhas — competências essenciais na formação técnica. O protótipo também favoreceu a compreensão integrada entre teoria e prática, fortalecendo áreas como manutenção elétrica, projetos de máquinas rotativas e fundamentos de geração de energia, contribuindo diretamente para a preparação dos discentes tanto para o ambiente industrial quanto para estudos mais avançados em engenharia elétrica.

## 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o objetivo de desenvolver, testar e validar um motor/gerador de corrente contínua com escovas como ferramenta pedagógica foi plenamente alcançado. A construção do protótipo, aliada à utilização de carcaça semiaberta, possibilitou não apenas o funcionamento adequado do dispositivo, mas também a observação direta dos fenômenos envolvidos, como a comutação e a conversão de energia eletromecânica. A operação tanto no modo motor quanto no modo gerador evidenciou, de forma concreta, o princípio da reversibilidade das máquinas elétricas, reforçando a coerência entre teoria e prática. Ademais, a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) mostrou-se altamente eficaz, pois promoveu protagonismo discente, resolução de problemas reais e consolidação de competências técnicas. Dessa forma, o trabalho demonstrou que a experimentação orientada constitui estratégia fundamental para transformar conceitos abstratos do eletromagnetismo e das máquinas elétricas em experiências formativas significativas e duradouras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, A. C. **Ensino de Engenharia: Metodologias e Inovações**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2019.
- CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. **Máquinas elétricas**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- PRINCE, M.; FELDER, R. **Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases**. Journal of Engineering Education, v. 95, n. 2, p. 123–138, 2006.

## CAPÍTULO 9

# A HORTA ESCOLAR COMO PROPOSTA DE APRENDIZAGEM CIENTÍFICA NA EJA

**WITISMAR MARTINS CÂNDIDO VIEIRA** – witismarmartins@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**SHEILA SILVA FERREIRA** – sheila.ferreira@academico.ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**TATIANA APARECIDA ROSA DA SILVA** – tatiana.silva@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** A horta escolar configura-se como um laboratório vivo capaz de articular teoria e prática no processo de ensino e aprendizagem, especialmente na Educação de Jovens e Adultos (EJA), modalidade que exige metodologias contextualizadas e significativas. Este trabalho descreve o desenvolvimento e a implantação de uma horta sustentável no Câmpus Itumbiara do Instituto Federal de Goiás (IFG), com o objetivo de promover aprendizagem científica sobre química do solo, adubação orgânica e práticas agroecológicas, além de sensibilizar a comunidade acadêmica para práticas ambientalmente responsáveis. A metodologia baseou-se no conceito de mutirão comunitário, envolvendo toda a comunidade escolar nas etapas de preparo do terreno, correção do solo com cal virgem, enriquecimento com adubos orgânicos a partir de resíduos de algodão e plantio de diversas hortaliças seguindo princípios da agricultura orgânica. Os resultados demonstraram que a construção coletiva do espaço produtivo integra efetivamente teoria e prática, promove interdisciplinaridade entre ciências naturais, química, educação ambiental e alimentar, e fortalece o engajamento da comunidade escolar em torno de uma cultura voltada à sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** HORTA SUSTENTÁVEL; CTSA; SOLO; ADUBAÇÃO ORGÂNICA; EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

## 1. INTRODUÇÃO

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) representa uma das modalidades de ensino mais desafiadoras e, ao mesmo tempo, mais ricas do sistema educacional brasileiro. Seus estudantes, em sua maioria pertencentes a estratos sociais de baixa renda, carregam consigo histórias de vida marcadas por interrupções no percurso escolar, trabalho precoce e distância das instituições de ensino (Di Pierro, 2017). Ao retornarem à escola, trazem consigo um patrimônio de saberes populares e experiências concretas que, quando reconhecidos e valorizados pelo docente, tornam-se o ponto de partida mais potente para a construção de aprendizagens científicas significativas (Freire, 1987).



Nesse contexto, o ensino de Ciências da Natureza na EJA enfrenta um desafio específico: articular o rigor conceitual das disciplinas científicas com a realidade existencial dos estudantes, promovendo o que Ausubel, Novak e Hanesian (1980) denominam de aprendizagem significativa, aquela em que o novo conhecimento se ancora em estruturas cognitivas preexistentes, adquirindo sentido genuíno para o aprendiz. O ensino de ciências na EJA deve proporcionar vivências significativas de aprendizagem científica, compreendendo as peculiaridades de cada turma e respeitando os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto de partida pedagógico (Veiga, 2019).

A horta escolar emerge, nesse cenário, como uma das ferramentas pedagógicas mais potentes para a EJA, precisamente porque articula de forma natural o saber popular com o conhecimento científico. Medeiros *et al.* (2011) destacam que esse espaço auxilia no processo de ensino e aprendizagem, promovendo o trabalho coletivo entre os envolvidos e criando condições para que conceitos abstratos das ciências naturais sejam experimentados de forma concreta e contextualizada. Barreiros e Farias (2024) reforçam essa perspectiva ao documentar o potencial das hortas escolares como ambientes de educação ambiental transformadora, capazes de gerar aprendizagens que transcendem os muros da escola e impactam as práticas cotidianas dos estudantes e de suas famílias.

Do ponto de vista da educação ambiental, a horta escolar representa um espaço privilegiado para a abordagem da perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que propõe uma visão integrada das relações entre os saberes científicos, as tecnologias disponíveis, as questões sociais e os impactos ambientais (Brasil, 1999). Nessa perspectiva, a química do solo, a adubação orgânica, o ciclo dos nutrientes e o manejo ecológico de resíduos não são apenas conteúdos disciplinares isolados, mas dimensões interconectadas de um sistema produtivo sustentável que os estudantes podem compreender, gerenciar e replicar em seus próprios contextos de vida.

A agricultura urbana agroecológica, por sua vez, contribui diretamente para a promoção da saúde individual e coletiva (Ribeiro; Bógus; Watanabe, 2015), conectando o aprendizado científico à alimentação saudável, à redução do uso de agrotóxicos e ao fortalecimento da autonomia alimentar das comunidades. Esse conjunto de potencialidades torna a horta escolar um recurso pedagógico especialmente alinhado às necessidades formativas dos estudantes da EJA, que frequentemente residem em áreas urbanas periféricas com acesso limitado a alimentos frescos e saudáveis.

O presente trabalho tem como objetivo geral descrever o processo de desenvolvimento e implantação de uma horta sustentável no Câmpus Itumbiara do IFG, analisando suas contribuições para a aprendizagem científica dos estudantes da EJA.

Os objetivos específicos são:

- Descrever a metodologia participativa de mutirão comunitário adotada na implantação;
- apresentar os processos de correção e enriquecimento do solo sob o prisma da química aplicada;

- analisar as contribuições da experiência para a aprendizagem interdisciplinar e a formação cidadã; e
- discutir o potencial de replicabilidade da proposta em outros contextos de ensino técnico e profissional.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO E DOS PARTICIPANTES

O projeto de implantação da horta sustentável foi desenvolvido no Câmpus Itumbiara do Instituto Federal de Goiás (IFG), envolvendo estudantes, docentes e servidores da instituição. A proposta foi estruturada como atividade de extensão articulada ao ensino, integrando a horta ao currículo das disciplinas de Ciências da Natureza e Química do curso de Educação de Jovens e Adultos ofertado pelo Câmpus. Essa articulação entre extensão e ensino é fundamental para garantir que a experiência prática da horta seja acompanhada de reflexão teórica sistematizada, transformando a vivência em aprendizagem científica estruturada (Brasil, 1996).

A abordagem metodológica adotada fundamentou-se no conceito de mutirão comunitário, prática coletiva de trabalho com raízes profundas na cultura popular brasileira, especialmente nas comunidades rurais e periurbanas das quais provêm muitos dos estudantes da EJA. Ao escolher o mutirão como metodologia central, o projeto estabeleceu uma ponte deliberada entre o saber popular dos estudantes e o conhecimento técnico-científico da agricultura sustentável, valorizando as experiências prévias dos participantes e posicionando-os como sujeitos ativos e não como receptores passivos de conhecimento (Freire, 1987). Toda a comunidade escolar foi convidada a participar, criando um projeto de pertencimento coletivo.

### 2.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE IMPLANTAÇÃO

No Quadro 1 são apresentadas as etapas de implantação da horta, contendo as atividades realizadas e o conteúdo abordado. O preparo do terreno envolveu, inicialmente, a limpeza e o nivelamento da área destinada à horta, seguidos da demarcação dos canteiros com dimensões padronizadas que facilitassem o acesso para irrigação e manejo sem necessidade de pisar no canteiro, evitando a compactação do solo. Esse cuidado com a estrutura física dos canteiros, aparentemente simples, foi utilizado como ponto de partida para a discussão sobre as propriedades físicas do solo, especialmente a importância da porosidade e da aeração para o desenvolvimento radicular das plantas, conceitos diretamente vinculados ao conteúdo de ciências da EJA.

**QUADRO 1 - ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA HORTA E CONTEÚDOS CIENTÍFICOS ASSOCIADOS.**

ETAPA	ATIVIDADES REALIZADAS	CONTEÚDO CIENTÍFICO TRABALHADO	REFERÊNCIA
1. Preparo do terreno	Limpeza, demarcação dos canteiros e análise visual do solo	Estrutura física do solo, textura e permeabilidade	Altieri, 2012.
2. Correção do solo	Aplicação de cal virgem com monitoramento visual do pH	Reações ácido-base, pH, disponibilidade de nutrientes	Altieri, 2012; Gliessman, 2000.
3. Adubação orgânica	Incorporação de resíduos de	Ciclagem de nutrientes, decom-	Ribeiro; Bógus;

	algodão como matéria orgânica	posição, economia circular	Watanabe, 2015.
4. Plantio	Semeadura e transplante de mudas de hortaliças diversas	Botânica, germinação, ciclo de vida das plantas	Medeiros <i>et al.</i> , 2011.
5. Manejo e cultivo	Irrigação, controle de pragas e monitoramento do crescimento	Ecologia, manejo integrado, sustentabilidade	Oliveira; Pereira; Pereira Jr., 2018.
6. Colheita	Colheita coletiva e avaliação da diversidade produzida	biodiversidade agrícola, nutrição e alimentação saudável	Barreiros; Farias, 2024.

Fonte: Os autores (2025).

A correção do solo com cal virgem foi realizada com base na análise visual das características do terreno e no conhecimento empírico dos participantes com mais experiência agrícola. A cal virgem, composta predominantemente por óxido de cálcio (CaO), reage com a água do solo formando hidróxido de cálcio [Ca(OH)<sub>2</sub>], que neutraliza a acidez excessiva e disponibiliza cálcio e magnésio para as plantas. Essa reação química foi apresentada e discutida com os estudantes como exemplo concreto de aplicação da química inorgânica na agricultura, conectando o conteúdo da disciplina a uma prática cotidiana de grande relevância para o contexto regional.

O enriquecimento do solo com resíduos de algodão, abundantemente disponíveis na região do Triângulo Mineiro e sul de Goiás, onde a cultura do algodão é expressiva, representou uma estratégia pedagógica e ambiental simultânea. Do ponto de vista pedagógico, permitiu a discussão sobre a decomposição da matéria orgânica, o papel dos microrganismos do solo na ciclagem de nutrientes e o conceito de sustentabilidade aplicada à produção agrícola. Do ponto de vista ambiental, demonstrou que resíduos agroindustriais podem ser valorizados localmente, reduzindo o volume de materiais descartados e contribuindo para a fertilidade do solo de forma economicamente acessível.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 IMPLANTAÇÃO COLETIVA E ENGAJAMENTO COMUNITÁRIO

A implantação da horta demonstrou que a construção coletiva de um espaço produtivo pode ser realizada de maneira acessível e eficaz, desde que haja planejamento participativo e envolvimento genuíno da comunidade. O formato de mutirão revelou-se especialmente adequado ao perfil dos estudantes da EJA, que responderam com alto nível de engajamento a uma metodologia que valorizava suas experiências práticas e os posicionava como protagonistas do processo. Esse achado está em consonância com Freire (1987), para quem a educação autêntica não é aquela em que o educador deposita conhecimento no educando, mas aquela em que ambos aprendem e crescem juntos no ato de conhecer o mundo.

Oliveira, Pereira e Pereira Jr. (2018) documentaram resultado semelhante ao analisar projetos de hortas escolares com metodologias participativas, concluindo que o grau de engajamento dos estudantes é diretamente proporcional ao nível de protagonismo que lhes é conferido na concepção e na execução do projeto. No presente caso, estudantes que nunca haviam tido contato com práticas de cultivo demonstraram rápida capacidade de aprendizagem, enquanto aqueles com experiência agrícola prévia assumiram naturalmente papéis de liderança técnica, enriquecendo o processo com seus saberes populares e fortalecendo o autoconceito positivo como sujeitos de conhecimento.

A experiência evidenciou também um efeito de contágio comunitário: servidores técnico-administrativos, professores de outras disciplinas e visitantes do Câmpus passaram a demonstrar interesse crescente pelo projeto, gerando conversas interdisciplinares espontâneas sobre temas como nutrição, sustentabilidade, química agrícola e educação ambiental. Esse fenômeno, que Santos e Silva (2024) denominam de "irradiação pedagógica" das hortas escolares, sugere que o projeto transcendeu sua dimensão curricular originária para tornar-se um catalisador de cultura ambiental institucional.

### 3.2 RESULTADOS AGRONÔMICOS E APRENDIZAGEM CIENTÍFICA

A correção do solo com cal virgem e o enriquecimento com adubos orgânicos foram fundamentais para garantir condições adequadas de cultivo, como evidenciado pela vigorosa germinação e pelo desenvolvimento saudável das plantas nos canteiros. Do ponto de vista pedagógico, o contraste visual entre as áreas corrigidas e enriquecidas, onde as plantas cresceram com vigor, e as áreas controle, onde o desenvolvimento foi mais lento, funcionou como um experimento natural que tornou palpável o impacto das intervenções químicas no solo. Essa visualização direta dos efeitos das práticas científicas sobre o sistema produtivo constitui um exemplo paradigmático de aprendizagem por descoberta guiada, abordagem descrita por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) como especialmente eficaz para a construção de conceitos científicos duradouros.

A utilização de resíduos de algodão como adubo orgânico reforçou o compromisso com a sustentabilidade e gerou discussões ricas sobre a economia circular, o aproveitamento de resíduos agroindustriais e a redução da dependência de insumos externos. Conforme aponta Altieri (2012), a gestão eficiente da matéria orgânica é um dos pilares da agroecologia, pois aumenta a capacidade de retenção hídrica do solo, melhora sua estrutura física e estimula a atividade dos microrganismos benéficos responsáveis pela mineralização dos nutrientes. Esses conceitos, apresentados aos estudantes no contexto concreto da horta, foram assimilados com muito maior facilidade e profundidade do que seria possível em uma aula expositiva convencional.

A produção agroecológica evidenciou uma expressiva diversidade de hortaliças colhidas, demonstrando a viabilidade técnica e econômica da proposta. Entre as culturas produzidas, destacaram-se alface, couve, cenoura, tomate, pimentão e ervas aromáticas, representando variedades adaptadas às condições edafoclimáticas locais e com alto valor nutritivo. Essa diversidade de produção foi explorada pedagogicamente para a discussão de conceitos como biodiversidade agrícola, valor nutricional dos alimentos, segurança alimentar e soberania alimentar, ampliando o escopo da aprendizagem científica para além da química e da biologia, em direção a uma compreensão sistêmica das relações entre produção de alimentos, saúde e ambiente.

### 3.3 PERSPECTIVA CTSA E FORMAÇÃO CIDADÃ

A análise dos resultados sob a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) revela que o projeto da horta escolar alcançou objetivos que transcendem o currículo disciplinar convencional. A abordagem CTSA, consolidada no campo do ensino de ciências como uma perspectiva que busca superar a visão ingênua e neutra da ciência, propõe que o ensino científico deve sempre articular o conteúdo conceitual com suas implicações sociais, tecnológicas e ambientais (Brasil, 1999).

No projeto da horta, essa articulação se manifestou de forma natural: a discussão sobre o uso de cal virgem levou à reflexão sobre a indústria de calcário e seus impactos ambientais; a adubação com resíduos de algodão abriu espaço para o debate sobre o agronegócio e a agricultura familiar; o manejo de pragas suscitou a discussão sobre o uso de agrotóxicos e seus riscos à saúde.

Os resultados pedagógicos obtidos com a horta são resumidos no Quadro 2.

**QUADRO 2 – RESULTADOS PEDAGÓGICOS E AGRONÔMICOS DA IMPLANTAÇÃO DA HORTA.**

DIMENSÃO	RESULTADO OBSERVADO	IMPACTO PEDAGÓGICO
<b>Engajamento</b>	Alta participação da comunidade escolar no mutirão	Fortalecimento do sentido de pertencimento e protagonismo (Freire, 1987)
<b>Química do solo</b>	Melhoria visual da estrutura e fertilidade do solo após correção e adubação	Compreensão concreta de reações ácido-base e ciclagem de nutrientes (Altieri, 2012)
<b>Sustentabilidade</b>	Reaproveitamento de resíduos de algodão como adubo orgânico	Vivência do conceito de economia circular e agricultura de baixo insumo
<b>Biodiversidade</b>	Diversidade de hortaliças colhidas nos canteiros	Discussão sobre biodiversidade agrícola, nutrição e segurança alimentar
<b>Interdisciplinaridade</b>	Integração espontânea de conteúdos de química, biologia e educação ambiental	Aprendizagem significativa articulando saberes (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980)
<b>Formação cidadã</b>	Fortalecimento de cultura sustentável na comunidade acadêmica	Extensão dos valores agroecológicos para além dos muros do Câmpus

Fonte: Os autores (2025).

A dimensão da formação cidadã, enfatizada por Jacobi (2003) como objetivo central da educação ambiental crítica, manifestou-se no projeto por meio da percepção crescente dos participantes de que as escolhas de produção e consumo de alimentos têm implicações diretas sobre a saúde individual, a saúde comunitária e a saúde dos ecossistemas. Estudantes que antes consideravam a produção de alimentos uma atividade distante e técnica passaram a se enxergar como capazes de produzir seu próprio alimento de forma saudável e sustentável, gerando um senso de autoeficácia que, segundo Freire (1987), é condição fundamental para a transformação das práticas sociais.

FIGURA 1 – A DIVERSIDADE DE VEGETAIS COLHIDOS NO PROJETO.



Fonte: Os Autores (2025).

#### 4. CONCLUSÃO

A implantação coletiva da horta sustentável no Câmpus Itumbiara do IFG, por meio de etapas simples de preparo, cultivo e manejo do solo baseadas no conceito de mutirão comunitário, revelou-se uma prática eficaz para integrar teoria e prática no contexto da EJA, aproximar os estudantes da realidade do campo e promover o aprendizado interdisciplinar. A experiência confirmou que a simplicidade das ações, quando aliada à organização participativa e ao engajamento coletivo, pode gerar impactos significativos na formação cidadã e no fortalecimento de uma cultura voltada à sustentabilidade (Barreiros; Farias, 2024; Freire, 1987).

Do ponto de vista científico, o projeto demonstrou que a horta escolar é um laboratório vivo capaz de materializar conceitos abstratos das ciências naturais, especialmente da química do solo e da ecologia aplicada, em experiências concretas e significativas para os estudantes da EJA. A correção do solo com cal virgem, a adubação orgânica com resíduos de algodão e o manejo agroecológico das culturas traduziram conteúdos de química inorgânica, biologia e ecologia em práticas produtivas acessíveis, contextualmente relevantes e pedagogicamente potentes (Altieri, 2012; Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Sob a perspectiva CTSA, o projeto evidenciou que o ensino de ciências na EJA pode e deve ir além da transmissão de conteúdos disciplinares, promovendo uma leitura crítica das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente que habilite os estudantes a tomar decisões informadas sobre produção de alimentos, consumo responsável e gestão dos recursos naturais. Esse conjunto de aprendizagens, que Freire (1987) situaria no campo da conscientização, representa a contribuição mais duradoura e transformadora do projeto para a formação integral dos estudantes.

Como perspectivas futuras, o projeto prevê: (a) a expansão da área cultivada, com a inclusão de novas espécies adaptadas ao Cerrado goiano; (b) a implementação de um sistema de compostagem para o aproveitamento dos resíduos orgânicos do Câmpus; (c) a elaboração de material didático sistematizando os saberes científicos gerados na experiência; (d) a ampliação



do projeto para outras turmas e modalidades de ensino do Câmpus; (e) e o desenvolvimento de pesquisas avaliativas sobre o impacto do projeto na aprendizagem científica e na formação cidadã dos estudantes da EJA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular/AS-PTA, 2012.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARREIROS, A. O.; FARIAS, L. A. Hortas escolares: potencialidades, desafios e novas perspectivas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 19, n. 2, p. 30-46, 2024. DOI: 10.34024/revbea.2024.v9.15581.

BRASIL. Presidência da República Federativa do. Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BRASIL. Presidência da República Federativa do. Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n.º 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jun. 2012.

DI PIERRO, M. C. A Educação de Jovens e Adultos no Brasil: questões em disputa. **Educação S Sociedade**, Campinas, v. 38, n. 140, p. 627-645, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

MEDEIROS, A. B.; MENDONÇA, M. J. S. L.; SOUSA, G. L.; OLIVEIRA, I. P. A importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, 2011.

OLIVEIRA, F. R.; PEREIRA, E. R.; PEREIRA JR., A. Horta escolar, Educação Ambiental e a interdisciplinaridade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 10-31, 2018.

RIBEIRO, S. M.; BÓGUS, C. M.; WATANABE, H. A. W. Agricultura urbana agroecológica na perspectiva da promoção da saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 24, n. 2, 2015. DOI: 10.1590/S0104-12902015000200026.

SANTOS, A. L. A.; SILVA, J. B. Práticas educativas de Educação Ambiental: o que revelam as atividades educativas com uso de hortas escolares no Brasil? **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 19, n. 2, p. 149-162, 2024. DOI: 10.34024/revbea.2024.v9.15495.

VEIGA, L. L. A. O uso de estratégias didáticas diversificadas na Educação de Jovens e Adultos: aproximando os estudantes dos conteúdos de ensino de Ciências da Natureza. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 3, n. 1, 2019. DOI: 10.30691/relus.v3i1.1693.

# CAPÍTULO 10

## HORTA-VIVA IFG: DESENVOLVIMENTO DE JOGO DIGITAL EDUCATIVO SOBRE AGROECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

WITISMAR MARTINS CÂNDIDO VIEIRA – witismarmartins@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

TATIANA APARECIDA ROSA DA SILVA – tatiana.silva@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**RESUMO:** A educação ambiental enfrenta o desafio permanente de tornar conceitos abstratos acessíveis e engajadores para diferentes públicos. Nesse contexto, os jogos digitais educativos emergem como ferramentas pedagógicas promissoras, permitindo a simulação de processos complexos em ambientes controlados e favorecendo a aprendizagem ativa (Legey et al., 2012). O projeto "Horta no IFG", desenvolvido no Câmpus Itumbiara do Instituto Federal de Goiás, gerou práticas sustentáveis de cultivo com impacto direto sobre 14 participantes. Para ampliar esse alcance, desenvolveu-se o jogo digital "Horta-Viva IFG", produto educacional que simula práticas agroecológicas reais, tais como compostagem, irrigação consciente, controle biológico de pragas e sustentabilidade sistêmica, por meio de mecânicas gamificadas (Mattar, 2010; Altieri, 2012). O protótipo funcional foi implementado em HTML5, JavaScript e Canvas API, estruturado em seis canteiros virtuais, sistema de recursos, cinco missões progressivas e mecânicas específicas de simulação ambiental. Os resultados demonstraram viabilidade técnica e adequação pedagógica, com destaque para o potencial de escalabilidade em relação ao projeto físico.

**PALAVRAS-CHAVES:** JOGOS EDUCATIVOS; AGROECOLOGIA; SUSTENTABILIDADE; GAMIFICAÇÃO; EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

### 1. INTRODUÇÃO

A educação ambiental constitui um dos pilares fundamentais para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a sustentabilidade. No entanto, a abordagem de temas como agroecologia, ciclos biogeoquímicos, manejo de resíduos e gestão hídrica esbarra frequentemente na abstração conceitual, tornando difícil a mobilização de estudantes para uma compreensão ativa e aplicada desses temas (Jacobi, 2003). Esse desafio se intensifica em contextos de ensino técnico e profissional, onde é essencial conectar teoria e prática de forma significativa, em consonância com o que preconiza a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996).

Nesse cenário, os jogos digitais educativos têm emergido como uma das ferramentas pedagógicas mais promissoras das últimas décadas. Segundo Legey et al. (2012), eles permitem



a simulação de processos complexos em ambientes controlados, facilitam a aprendizagem por experiência e possibilitam ao estudante experimentar as consequências de suas decisões sem os riscos do mundo real. Mattar (2010) acrescenta que os jogos proporcionam ambientes imersivos nos quais o conhecimento é construído ativamente pelo jogador, favorecendo a retenção de conceitos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem superior, como análise, síntese e avaliação, dimensões previstas na Taxonomia de Bloom revisada (Bloom, 1974).

No campo da agroecologia, essa abordagem ganha relevância especial. Altieri (2012) define a agroecologia como um paradigma científico, prático e social que integra conhecimentos tradicionais e científicos para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis baseados em princípios ecológicos. A compreensão desse paradigma exige que o aprendiz perceba as inter-relações complexas entre solo, água, biodiversidade, pragas e ciclos orgânicos, tarefa que demanda metodologias capazes de representar essas interações de forma dinâmica, como aquelas propostas por Bacich e Moran (2018) no âmbito das metodologias ativas.

A gamificação, entendida como a aplicação de elementos e mecânicas de jogos em contextos não lúdicos com objetivo de engajar e motivar, vem se consolidando como estratégia eficaz em diferentes níveis de ensino (Berbel, 2011). Ferreira et al. (2024) demonstraram que a gamificação na educação ambiental tem o potencial de catalisar mudanças comportamentais sustentáveis a longo prazo, incentivando a busca por soluções frente aos desafios contemporâneos. Santos (2023) confirmou que jogos digitais como recurso para a educação ambiental proporcionam um aprendizado mais sólido, atraente e dinâmico, favorecendo a assimilação de conhecimentos e a sensibilização ambiental dos estudantes.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar o desenvolvimento, a arquitetura pedagógica e as características técnicas do jogo digital "Horta-Viva IFG", avaliando sua potencialidade como produto educacional inovador para a difusão de práticas agroecológicas. Os objetivos específicos são: (a) descrever a metodologia de design do jogo educativo; (b) apresentar as mecânicas de simulação agroecológica implementadas; (c) analisar o alinhamento entre os elementos do jogo e os princípios pedagógicos da gamificação e da aprendizagem ativa; e (d) discutir o potencial de escalabilidade e replicabilidade do produto no contexto dos Institutos Federais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O desenvolvimento do jogo "Horta-Viva IFG" seguiu uma metodologia de Educational Game Design (EGD), processo iterativo de planejamento, desenvolvimento, teste e revisão descrito por Legey et al. (2012) como o mais adequado para garantir tanto a qualidade técnica quanto o alinhamento pedagógico de jogos educativos. Essa abordagem se insere no contexto mais amplo das metodologias ativas de ensino-aprendizagem (Bacich; Moran, 2018; Berbel, 2011), que têm como pressuposto central o protagonismo do estudante na construção do próprio conhecimento.

O processo foi estruturado em três etapas interdependentes. A primeira consistiu no mapeamento dos conceitos-chave derivados do projeto físico "Horta no IFG", identificando cinco



eixos temáticos: (1) plantio e cultivo ecológico de hortaliças; (2) compostagem e gestão de resíduos orgânicos; (3) irrigação consciente e gestão hídrica; (4) controle biológico e manejo integrado de pragas; e (5) sustentabilidade econômica da produção agroecológica. Para cada eixo, foram levantados os conceitos científicos fundamentais com base em Altieri (2012) e Gliessman (2000), as práticas técnicas associadas e os equívocos mais comuns observados junto aos 14 participantes do projeto físico.

A segunda etapa envolveu a tradução pedagógica dos conceitos mapeados em mecânicas interativas de jogo, processo que Legey et al. (2012) denominam de "pedagogização do conteúdo" e que exige um diálogo constante entre os princípios da agroecologia e os fundamentos do game design. Cada mecânica foi concebida para que o jogador compreenda, pela experiência direta, as consequências de suas decisões sobre o sistema produtivo virtual, em consonância com o princípio de aprendizagem por experiência descrito por Mattar (2010) e com a perspectiva construtivista de Ausubel, Novak e Hanesian (1980).

A terceira etapa consistiu na implementação técnica do protótipo funcional, utilizando HTML5, JavaScript (ES6+) e Canvas API, tecnologias web abertas que garantem compatibilidade multiplataforma (desktop, tablet e smartphone) sem necessidade de instalação. Essa escolha é estratégica do ponto de vista pedagógico: ao eliminar barreiras de acesso tecnológico, o jogo pode ser utilizado em qualquer dispositivo com navegador, inclusive nos chromebooks e tablets disponíveis na maioria dos câmpus da Rede Federal (Sá; Melo; Esmeraldo, 2020).

## 2.2 ARQUITETURA TÉCNICA E PEDAGÓGICA DO JOGO

A arquitetura do "Horta-Viva IFG" foi planejada em quatro camadas estruturantes: (a) camada de interface, correspondente ao que o jogador vê e com o que interage; (b) camada de lógica, as regras que governam o comportamento do sistema; (c) camada pedagógica, relativa aos conceitos agroecológicos que cada elemento representa e ensina (Altieri, 2012); e (d) camada de avaliação, responsável pelos mecanismos de feedback e verificação da aprendizagem previstos por Legey et al. (2012).

A interface principal apresenta uma grade 3×2 com seis canteiros virtuais, cada um podendo ser cultivado com uma das cinco culturas disponíveis: alface, tomate, cenoura, couve e alho. A inclusão do alho não é casual: além de seu valor nutricional, ele é o insumo central na produção de defensivos naturais contra pragas, estabelecendo uma conexão direta entre o plantio e o manejo ecológico, um dos princípios fundamentais da agroecologia integrada descritos por Altieri (2012) e Gliessman (2000).

## 3. RESULTADOS

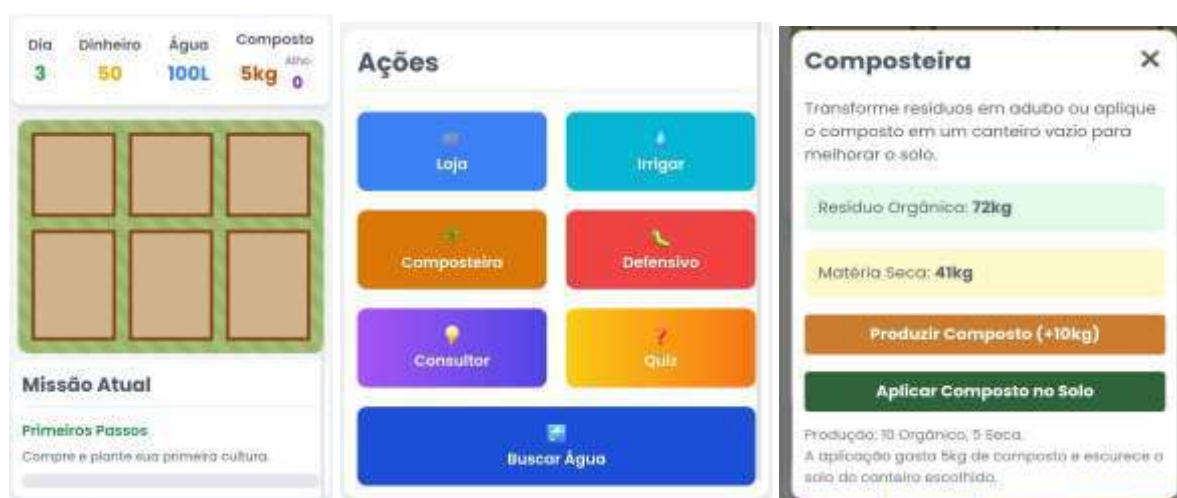
### 3.1 PROTÓTIPO FUNCIONAL E INTERFACE

O protótipo funcional do jogo "Horta-Viva IFG" foi concluído com êxito, apresentando interface intuitiva, jogabilidade fluida e compatibilidade com os principais navegadores modernos. O desenvolvimento em tecnologias web abertas garantiu funcionamento tanto em desktops

quanto em dispositivos móveis, sem necessidade de instalação ou cadastro, característica fundamental para a adoção em contextos de educação pública, onde a heterogeneidade de dispositivos é a regra (Sá; Melo; Esmeraldo, 2020).

A tela inicial contextualiza tematicamente o jogador no Câmpus Itumbiara do IFG, apresentando o personagem-consultor que o acompanhará ao longo da experiência, conforme Figura 1. Esse elemento narrativo é relevante pedagogicamente, pois cria um senso de pertencimento e identidade local que favorece o engajamento, fenômeno documentado por Moraes et al. (2024) ao analisarem o impacto de jogos educativos contextualizados no aprendizado de ciências e educação ambiental. A contextualização institucional do jogo é, portanto, uma escolha pedagógica consciente, não apenas uma opção estética.

FIGURA 1 – INTERFACE PRINCIPAL DO JOGO “HORTA-VIVA IFG”.



Fonte: AUTOR (2025).

O sistema de missões progressivas constitui a espinha dorsal pedagógica do “Horta-Viva IFG” e foi estruturado segundo a Taxonomia de Bloom revisada (Bloom, 1974): as primeiras missões contemplam níveis cognitivos básicos (lembrar, compreender e aplicar), enquanto as missões finais exigem capacidades de ordem superior (analisar, avaliar e criar). Esse escalonamento está em consonância com o princípio do scaffolding proposto por Vygotsky (1978), pelo qual o jogador avança gradualmente a partir de sua zona de desenvolvimento real, contando com suporte decrescente do consultor virtual à medida que sua autonomia se consolida.

### 3.2 MECANICAS DE SIMULAÇÃO AGROECOLÓGICA E IMPACTO PEDAGÓGICO

A mecânica de compostagem representa um dos elementos mais pedagogicamente ricos do “Horta-Viva IFG”. No jogo, resíduos orgânicos são gerados automaticamente durante o crescimento e colheita das plantas, simulando o ciclo natural de produção de biomassa. O jogador deve transferi-los periodicamente à composteira, onde são transformados, ao longo do tempo, em composto aplicável nos canteiros. Essa mecânica materializa digitalmente o conceito de economia circular descrito por Altieri (2012): o resíduo de um processo torna-se insumo de outro, fechando o ciclo produtivo e demonstrando a coerência ecológica dos sistemas agroecológicos.

O sistema de controle de pragas introduz um dos princípios mais importantes da agroecologia: a preferência pelo manejo integrado em detrimento dos agrotóxicos sintéticos. No jogo, pragas surgem aleatoriamente nos canteiros, causando danos progressivos se não tratadas. O jogador tem duas opções: adquirir agrotóxico na loja (rápido, mas custoso financeiramente e penalizante na pontuação ecológica) ou cultivar alho para produzir defensivos naturais (trabalhoso, mas ecologicamente correto e recompensado pelo sistema). Essa mecânica de escolha com consequências diferenciadas é reconhecida por Bacich e Moran (2018) como uma das ferramentas mais eficazes dos jogos educativos para o desenvolvimento do pensamento crítico, pois exige que o jogador avalie trade-offs e raciocine sobre consequências de longo prazo.

Os eventos climáticos aleatórios, como chuvas intensas a cada cinco dias, períodos de seca e variações de temperatura, simulam a variabilidade ambiental inerente à produção agrícola real, aspecto fundamental da agroecologia que raramente é abordado em metodologias pedagógicas tradicionais (Gliessman, 2000). Ichiba e Bonzanini (2022) destacaram que essa característica de imprevisibilidade controlada nos jogos educativos é especialmente eficaz para desenvolver a resiliência adaptativa dos estudantes, entendida como a capacidade de monitorar continuamente o sistema e ajustar as práticas conforme as circunstâncias mudam.

### 3.3 ESTABILIDADE E POTENCIAL COMO RECURSO EDUCACIONAL ABERTO

Um dos aspectos mais relevantes do "Horta-Viva IFG" como produto educacional é sua capacidade de ampliar o alcance dos conhecimentos gerados no projeto físico. Enquanto a horta no Câmpus Itumbiara impactou diretamente 14 participantes em um contexto local e presencial, o jogo digital, por sua natureza web, pode ser acessado simultaneamente por estudantes de qualquer localidade, a qualquer horário, por meio de um simples navegador. Sá, Melo e Esmeraldo (2020), ao analisarem o desenvolvimento de aplicativo para gamificação no ensino de Agroecologia, demonstraram que essa escalabilidade é especialmente relevante para a Rede Federal, cuja missão inclui levar educação de qualidade a regiões com menor acesso a recursos educacionais presenciais.

A análise comparativa entre o projeto físico e o produto digital evidencia complementaridades importantes. O projeto físico proporciona vivência corporal, contato direto com o solo e processos biológicos reais, experiências insubstituíveis na formação agroecológica integral (Alteri, 2012). O jogo digital, por sua vez, permite a repetição de ciclos sem consequências reais, o teste de hipóteses, a visualização de dados e a exploração autônoma do conhecimento (Mattar, 2010). Utilizados de forma complementar, os dois produtos constituem um sistema pedagógico robusto, alinhado ao que Bacich e Moran (2018) denominam de "blended learning", ou seja, a combinação estratégica de experiências presenciais e digitais.

Do ponto de vista da replicabilidade, o código-fonte do "Horta-Viva IFG", desenvolvido em tecnologias web abertas e bem documentadas, pode ser adaptado por outros câmpus do IFG ou por outras instituições de ensino para contemplar contextos locais distintos, incorporando, por exemplo, espécies nativas do Cerrado goiano, práticas de manejo específicas do bioma ou dinâmicas socioeconômicas regionais. Essa adaptabilidade aumenta significativamente o valor

do produto como Recurso Educacional Aberto (REA), categoria que tem recebido crescente apoio de políticas públicas no âmbito da educação profissional e tecnológica (BRASIL, 1996).

#### 4. CONCLUSÃO

Como produto educacional inovador, o "Horta-Viva IFG" configura-se como recurso pedagógico replicável e adaptável a diferentes biomas, culturas locais e contextos institucionais. A escolha por tecnologias web abertas garante acessibilidade ampla, sem barreiras de instalação ou custos de licença, aspecto especialmente relevante para a educação pública federal. A publicação futura do código-fonte como Recurso Educacional Aberto poderá ampliar ainda mais o impacto do produto, beneficiando instituições de ensino que não dispõem de recursos para o desenvolvimento de produtos similares (Sá; Melo; Esmeraldo, 2020).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Expressão Popular/AS-PTA, 2012.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.
- BLOOM, B. S. **Taxonomia de objetivos educacionais: a classificação de metas educacionais**. São Paulo: Globo, 1974.
- BRASIL. Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999.
- FERREIRA, W. J.; TARGA, M. S.; RICETTO, K. C. S.; SPEDO, G. R. C. Gamificação e Educação Ambiental: desafios e perspectivas para a sensibilização e mudança de atitudes rumo a um futuro sustentável. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 100, p. 291-306, 2024.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.
- ICHIBA, R. B.; BONZANINI, T. K. Aprendendo vermicompostagem: o uso de jogos digitais na educação infantil. **Ciência S Educação (Bauru)**, v. 28, e22015, 2022. DOI: 10.1590/1516-731320220015.
- JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.
- LEGEY, A. P.; MOL, A. C. A.; BARBOSA, J. V.; COUTINHO, C. M. L. M. Desenvolvimento de Jogos Educativos Como



Ferramenta Didática: um olhar voltado à formação de futuros docentes de ciências. **ALEXANDRIA – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 49-82, 2012.

MATTAR, J. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MORAES, J. F. C. et al. Desenvolvimento e avaliação de jogos didáticos como alternativa ao ensino de fruticultura. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 8, e9976, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.8-489.

SÁ, I. M. A.; MELO, B. S. C.; ESMERALDO, G. A. R. Um aplicativo para gamificação no ensino de Agroecologia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 86606-86611, nov. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-229.

SANTOS, R. P. Gamificação como componente na Educação Ambiental: desenvolvimento e aplicação a partir da Plataforma Genially©. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 18, n. 1, p. 228-242, 2023.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1978.



# CAPÍTULO 11

## PLANETA ÁGUA E INCLUSÃO: A CULTURA OCEÂNICA COMO VIA DE ENFRENTAMENTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DE PROMOÇÃO DA CONSCIÊNCIA SOCIOAMBIENTAL NO TERRITÓRIO ESCOLAR

**PEDRO AUGUSTO PRATA BARBOSA** – pedro.prata@academico.ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIAS – IFG

**GISELLE CARVALHO BERNARDES** – giselle.bernardes@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIAS – IFG

**RESUMO:** Este estudo discute a temática a articulação entre Educação Ambiental Crítica e Educação Inclusiva no território escolar, com o objetivo de analisar como essa integração pode contribuir para a promoção da cultura oceânica e para a conscientização socioambiental diante das mudanças climáticas. Trata-se de uma pesquisa exploratória de natureza bibliográfica e documental, tendo como principal fonte de análise a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), articulada à revisão de literatura contemporânea sobre educação ambiental, inclusão e justiça cognitiva. Os resultados evidenciam que, embora a BNCC reconheça o meio ambiente como tema transversal, a articulação entre sustentabilidade e inclusão ainda ocorre de forma implícita e pouco sistematizada, o que pode limitar a acessibilidade pedagógica às discussões socioambientais. Como alternativa para superar esse distanciamento, o estudo aponta o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) como abordagem pedagógica capaz de ampliar o acesso, a participação e a expressão do conhecimento. Conclui-se que a construção de uma cultura oceânica e o enfrentamento das crises climáticas no contexto escolar dependem de práticas educativas comprometidas com a eliminação de barreiras de aprendizagem, assegurando uma formação socioambiental democrática e acessível a todos os estudantes.

**PALAVRAS-CHAVES:** CULTURA OCEÂNICA; EDUCAÇÃO INCLUSIVA; BNCC; SUSTENTABILIDADE; EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos principais desafios contemporâneos, produzindo impactos ambientais, sociais, econômicos e subjetivos da vida humana. Entre seus efeitos destacam-se a intensificação de eventos climáticos extremos, a perda de biodiversidade e o agravamento da insegurança hídrica e alimentar, evidenciando a necessidade de ampliar a compreensão pública e educacional sobre as inter-relações entre natureza, sociedade e desenvolvimento. Nesse contexto, discutir o tema “Planeta Água” implica reconhecer a relação sistêmica entre os oceanos, o clima e os territórios, uma vez que os ambientes marinhos desempenham papel fundamental na regulação climática, na manutenção da biodiversidade e na sustentação de diferentes modos de vida. Assim, a cultura oceânica emerge como uma perspectiva educativa capaz de fortalecer a consciência socioambiental e estimular o engajamento de estudantes e comunidades na preservação dos recursos naturais.

Entretanto, os impactos das crises ambientais não se distribuem de forma homogênea entre os grupos sociais, atingindo de maneira mais intensa populações historicamente vulnerabilizadas. Nesse cenário, a Educação Ambiental assume papel central na formação de sujeitos críticos e comprometidos com a sustentabilidade. Contudo, a construção de uma cultura oceânica no espaço escolar requer a articulação entre Educação Ambiental e Educação Inclusiva, de modo a garantir que todos os estudantes participem das discussões e práticas relacionadas às questões socioambientais. Como apontam Baptista e Rocha (2023), no contexto brasileiro ainda há um distanciamento entre sustentabilidade e inclusão nas políticas educacionais, o que dificulta a consolidação de práticas pedagógicas capazes de assegurar o acesso pleno à educação ambiental, especialmente na escola pública e no atendimento ao público da educação especial.

Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018), reconhece o meio ambiente como Tema Contemporâneo Transversal da Educação Básica, orientando que as questões socioambientais sejam integradas aos diferentes componentes curriculares. Contudo, conforme destaca Rezende (2024), a articulação entre educação ambiental e acessibilidade pedagógica permanece pouco explicitada nos documentos oficiais, o que pode limitar a construção de uma consciência socioambiental acessível a todos os estudantes. Diante desse cenário, esta pesquisa busca investigar como a BNCC orienta práticas educativas inclusivas capazes de contribuir para a construção de uma cultura oceânica e para o enfrentamento das mudanças climáticas no território escolar, tendo como objetivo analisar de que forma a articulação entre cultura oceânica e inclusão pode promover a conscientização e o engajamento socioambiental no contexto educativo.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O presente estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e análise documental. A Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018), constituiu a principal fonte documental da investigação, sendo analisada em articulação com um levantamento de literatura acadêmica contemporânea, composto por teses, dissertações e artigos científicos recentes. Esse percurso metodológico possibilitou identificar limites e potencialidades nas orientações curriculares para a integração entre Educação Ambiental Crítica e Educação Inclusiva no contexto escolar. A partir



dessa base analítica, o desenvolvimento do estudo foi organizado em três eixos de discussão, que culminam na proposição do Desenho Universal para a Aprendizagem como abordagem pedagógica relevante para o ensino da cultura oceânica em perspectiva inclusiva.

## **2.1 A TRANSVERSALIDADE DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA BNCC E O SILENCIAMENTO DA INCLUSÃO**

A consolidação de uma cultura oceânica no contexto escolar encontra-se diretamente vinculada às orientações presentes nas normativas curriculares da educação básica. Nesse sentido, a BNCC (Brasil, 2018) representa um marco relevante ao reconhecer a Educação Ambiental como um tema de caráter transversal, indicando que as questões relacionadas ao meio ambiente, às mudanças climáticas e à preservação dos recursos naturais devem perpassar diferentes áreas do conhecimento e práticas pedagógicas. A proposta curricular parte do pressuposto de que a formação dos estudantes deve contemplar a compreensão das inter-relações entre sociedade, natureza e desenvolvimento sustentável, favorecendo a construção de uma consciência crítica acerca dos desafios socioambientais contemporâneos.

Entretanto, uma análise interpretativa desse documento evidencia limites importantes quanto à articulação entre a transversalidade da Educação Ambiental e os princípios da educação inclusiva. Embora a BNCC mencione a inclusão e a valorização da diversidade nos seus marcos legais e princípios orientadores, tais diretrizes não se desdobram de maneira explícita nas competências e habilidades relacionadas às temáticas ambientais. Desse modo, observa-se uma lacuna no que se refere à incorporação de estratégias que garantam a acessibilidade cognitiva e metodológica nas práticas educativas voltadas à sustentabilidade, o que pode dificultar a participação plena de todos os estudantes nos processos de aprendizagem relacionados às questões socioambientais.

Pesquisas recentes indicam que esse fenômeno não se restringe à Base Nacional Comum Curricular, mas também se manifesta em documentos curriculares elaborados em âmbito estadual, como o Documento Curricular para Goiás (DC-GOEM), que tendem a reproduzir uma organização fragmentada das discussões sobre sustentabilidade e inclusão (Rezende, 2024). Nesse contexto, as políticas curriculares frequentemente tratam essas dimensões como campos paralelos, sem estabelecer mediações pedagógicas capazes de orientar sua integração no cotidiano escolar. Como consequência, a responsabilidade por promover adaptações curriculares e construir estratégias inclusivas acaba sendo atribuída quase exclusivamente ao professor, que, muitas vezes sem o suporte institucional necessário, enfrenta o desafio de desenvolver práticas pedagógicas acessíveis a estudantes com deficiência, transtornos do desenvolvimento ou outras necessidades educacionais específicas.

A análise documental da BNCC, articulada à revisão da literatura contemporânea, evidencia que a construção de uma cultura oceânica nas escolas brasileiras ainda encontra obstáculos estruturais que limitam sua efetivação em perspectiva inclusiva. A transversalidade da Educação Ambiental, embora reconhecida nos documentos normativos, mostra-se insuficiente para assegurar a justiça cognitiva no acesso ao conhecimento socioambiental. Ao não explicitar



diretrizes consistentes de acessibilidade metodológica, a BNCC acaba por relegar a inclusão a um plano secundário, contribuindo para a manutenção de práticas pedagógicas que, mesmo voltadas à formação cidadã e sustentável, podem restringir a participação de estudantes com deficiência nos debates e aprendizagens relacionadas às mudanças climáticas (Rezende, 2024).

## **2.2 JUSTIÇA CLIMÁTICA E JUSTIÇA COGNITIVA: O ENSINO EXCLUDENTE DO TEMA ÁGUA**

O conceito de cultura oceânica, articulado à temática “Planeta Água”, pressupõe que os indivíduos compreendam tanto a influência dos oceanos sobre a vida humana quanto a responsabilidade das sociedades na preservação dos sistemas marinhos e dos recursos hídricos. Entretanto, a construção da literacia ambiental sobre as águas e as dinâmicas climáticas tem sido historicamente marcada por abordagens predominantemente neurotípicas e capacitistas, que nem sempre consideram a diversidade de formas de percepção e aprendizagem presentes no contexto escolar.

Nesse sentido, o debate sobre cultura oceânica deve ser associado às noções de justiça climática e justiça cognitiva. A crise climática evidencia desigualdades estruturais, uma vez que populações socialmente vulnerabilizadas tendem a sofrer de forma mais intensa seus impactos. Negar a esses grupos o acesso qualificado ao conhecimento ambiental significa limitar sua participação nos debates e nas ações voltadas ao enfrentamento das mudanças climáticas. Como aponta Silva (2022), o ensino do tema água, quando excessivamente baseado em representações visuais ou em conceitos abstratos, pode criar barreiras para estudantes com deficiência visual, indicando a necessidade de abordagens pedagógicas multissensoriais.

Desafios semelhantes também se manifestam na educação de estudantes surdos. Brandão et al. (2019) apontam que a ausência ou a limitada difusão de sinais específicos na Língua Brasileira de Sinais para conceitos ambientais complexos, como conservação ou aquecimento global, pode dificultar a apropriação desses conhecimentos e restringir a participação desses estudantes nas discussões socioambientais. A escassez de vocabulário especializado na língua de instrução desses sujeitos evidencia barreiras linguísticas que comprometem o acesso pleno ao conhecimento ambiental e, conseqüentemente, sua participação no debate público sobre as mudanças climáticas.

A literatura analisada reforça que o ensino de temáticas centrais, como o Planeta Água, quando desenvolvido de forma padronizada, tende a produzir processos de silenciamento social. Silva (2022) e Brandão et al. (2019) demonstram que a ausência de recursos multissensoriais e de estratégias linguísticas acessíveis pode afastar estudantes com deficiência visual e surdos das discussões científicas e socioambientais. Esse cenário evidencia que a promoção de práticas pedagógicas inclusivas no ensino da cultura oceânica e das questões climáticas constitui condição fundamental para garantir o acesso equitativo ao conhecimento e fortalecer uma educação comprometida com a sustentabilidade, a participação social e a justiça climática.

### 2.30 DESENHO UNIVERSAL PARA A APRENDIZAGEM (DUA) COMO FERRAMENTA DE EMANCIPAÇÃO SOCIOAMBIENTAL

Diante da lacuna existente na articulação entre Educação Ambiental e Educação Inclusiva, o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) apresenta-se como um referencial pedagógico relevante para a construção de práticas educativas mais equitativas. Fundamentado na eliminação de barreiras desde o planejamento curricular, o DUA propõe a oferta de múltiplas formas de engajamento, representação e expressão do conhecimento, possibilitando que a diversidade dos estudantes seja considerada como elemento constitutivo do processo de ensino e aprendizagem (Oliveira, 2023). No contexto da educação ambiental, essa abordagem amplia as possibilidades de participação e compreensão dos temas relacionados à cultura oceânica e às mudanças climáticas.

Diferentemente das adaptações curriculares realizadas posteriormente ao planejamento didático, o DUA parte de uma perspectiva proativa, segundo a qual o currículo deve ser concebido desde sua origem para acolher a diversidade humana. Essa perspectiva torna-se especialmente pertinente diante das limitações observadas nas orientações curriculares, como na Base Nacional Comum Curricular, e do distanciamento entre sustentabilidade e inclusão apontado por Baptista e Rocha (2023). Ao orientar o uso de diferentes linguagens e estratégias pedagógicas, o DUA possibilita que conceitos relacionados à água, aos oceanos e às mudanças climáticas sejam abordados de maneira mais acessível e significativa para todos os estudantes.

Na transposição didática dos saberes relacionados à água e aos oceanos, o DUA orienta o educador a diversificar os meios de apresentação dos conteúdos, possibilitando que os estudantes compreendam os fenômenos ambientais por meio de recursos visuais, táteis, sonoros e experienciais (Oliveira, 2023). Da mesma forma, incentiva múltiplas formas de expressão do conhecimento, permitindo que os alunos demonstrem suas aprendizagens por meio de produções artísticas, projetos investigativos, linguagem oral ou por meio da Língua Brasileira de Sinais, por exemplo. Práticas pedagógicas como a construção de maquetes táteis de bacias hidrográficas, o uso de jardins sensoriais, a elaboração de glossários ambientais em Libras e o desenvolvimento de narrativas vinculadas à realidade territorial dos estudantes contribuem para tornar o ensino ambiental mais acessível e significativo.

Por outro lado, os resultados teóricos apontam o DUA como uma das respostas metodológicas mais viáveis para superar os limites identificados na articulação entre educação ambiental e inclusão. A literatura indica que a adoção de estratégias pedagógicas diversificadas — como jardins sensoriais (Ribes, 2024), maquetes táteis e a utilização de múltiplos meios de representação do conhecimento (Oliveira, 2023) — contribui para ampliar as possibilidades de aprendizagem sobre temas ambientais, como a água, os oceanos e as mudanças climáticas. Tais recursos não apenas favorecem a participação de estudantes com deficiência, mas também enriquecem os processos formativos de toda a turma ao ampliar as formas de acesso e construção do conhecimento.

Nesse sentido, ao incorporar práticas orientadas pelo DUA, a escola amplia o alcance da educação ambiental, superando a lógica restrita da transmissão de conteúdos e promovendo processos

educativos que valorizam a participação, a autonomia e o protagonismo dos estudantes. A educação ambiental crítica deixa, assim, de ser um conhecimento acessível apenas a determinados perfis cognitivos e passa a constituir um direito educativo, capaz de instrumentalizar toda a comunidade escolar para compreender e enfrentar, de forma consciente e participativa, os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Dessa forma, a articulação entre cultura oceânica, inclusão e DUA apresenta-se como um caminho promissor para a construção de práticas pedagógicas comprometidas com a sustentabilidade, a equidade e a justiça socioambiental.

### 3. CONCLUSÃO

Este capítulo buscou investigar a articulação entre Educação Ambiental Crítica e Educação Inclusiva no contexto do território escolar, tomando a cultura oceânica como enfrentamento das mudanças climáticas e a promoção da conscientização socioambiental. A análise evidenciou que, embora a BNCC represente um avanço ao instituir o meio ambiente como Tema Contemporâneo Transversal, ainda persiste um distanciamento entre as orientações normativas e a efetivação de práticas pedagógicas acessíveis. Nesse cenário, o Desenho Universal para a Aprendizagem destaca-se como um princípio pedagógico capaz de promover a justiça cognitiva, ao ampliar as formas de acesso, participação e expressão dos estudantes nos processos de aprendizagem relacionados à cultura oceânica e às mudanças climáticas.

Por fim, reconhece-se que as reflexões apresentadas constituem a etapa teórica de uma investigação mais ampla. Como desdobramento, propõe-se o desenvolvimento de estudos empíricos no território escolar, envolvendo a análise de documentos institucionais, a observação de práticas pedagógicas e a escuta das percepções de docentes e estudantes. Tais investigações poderão contribuir para aprofundar a compreensão sobre as possibilidades de integração entre educação ambiental e inclusão, fortalecendo a construção de práticas educativas comprometidas com a sustentabilidade, a participação democrática e a justiça socioambiental.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, C. S.; ROCHA, M. B. **Diálogos entre Educação Ambiental e Educação Inclusiva: uma análise a partir de dissertações e teses brasileiras**. Revista Cocar, Belém, v. 19, n. 37, p. 1-20, 2023.
- BRANDÃO, F. S. et al. **Educação Ambiental Inclusiva: barreiras para alunos surdos na discussão da conservação e preservação da natureza**. In: Anais do Congresso Nacional de Educação. [S.l.: s.n.], 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- OLIVEIRA, J. P. de. **Entrando no clima: alfabetização científica em climatologia e mudanças climáticas orientadas pelos pressupostos da pedagogia crítica e do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.
- REZENDE, G. E. de. **Educação Ambiental: análise documental da BNCC e do DC - GOEM na rede estadual de Goiás. 2024**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro Universitário Mais, Inhumas, 2024.

RIBES, C. A. **Por uma educação ambiental mais inclusiva: despertando os sentidos com o jardim sensorial.** 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

SILVA, T. M. G. da. **Aprendizagem inclusiva do tema "água" nas ciências ambientais: para estudantes deficientes visuais da rede pública de ensino do Distrito Federal.** 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2022.



## CAPÍTULO 12

# PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO A PARTIR DO PSEUDOCAULE DA BANANEIRA

**Lucas Miguel Silva dos Santos** - contato.lucasmiguel19@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CÂMPUS ITUMBIARA - IFG

**João Gabriel Silva Camargo** - jgcamargosilv@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – CÂMPUS ITUMBIARA - IFG

**Thiago Alvez Lopes Silva** - thiago.lsilva@educ.go.gov.br  
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO- COLÉGIO ESTADUAL EM PERÍODO INTEGRAL ADONIRO  
MARTINS DE ANDRADE – SEDUC/GO

**RESUMO:** Este trabalho avaliou a produção e a caracterização inicial de pontos quânticos de carbono (PQCs) a partir do pseudocaule da bananeira (PSCB) por síntese hidrotermal. A biomassa foi lavada, seca ao sol até umidade inferior a 10%, triturada e peneirada para padronização granulométrica. Para a síntese dos PQCs, 5 g do PSCB foram dispersos em água destilada (razão sólido-líquido 1:10) e aquecidos a 190 °C por diferentes tempos reacionais (90, 120 e 150 min). Após o aquecimento, o sistema foi resfriado em banho de gelo, filtrado e centrifugado a 5000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi filtrado em membrana de 0,22 µm e armazenado sob refrigeração. A formação de espécies fluorescentes foi evidenciada por luminescência sob radiação UV (365 nm), enquanto as propriedades ópticas foram investigadas por espectroscopia UV-Vis (200–700 nm). As amostras apresentaram luminescência verde sob radiação UV (365 nm), sugerindo a formação de espécies fluorescentes características de PQCs. Os espectros de UV-Vis evidenciaram bandas em ~190–250 nm e ~280 nm, atribuíveis a transições  $\pi-\pi^*$  (domínios conjugados) e  $n-\pi^*$  (grupos carbonílicos de superfície). A comparação entre tempos de síntese sugere influência do controle temporal na assinatura espectral e, portanto, na química de superfície. Conclui-se que o PSCB é um precursor renovável promissor para obtenção de PQCs, recomendando-se caracterizações adicionais para otimização e aplicação.

**PALAVRAS-CHAVES:** PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO; BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA; FOTOLUMINESCÊNCIA; SÍNTESE HIDROTHERMAL.

## 1. INTRODUÇÃO

Os pontos quânticos de carbono (PQCs), também conhecidos como *carbon dots*, constituem nanomateriais de dimensão zero, tipicamente na faixa de poucos nanômetros, com elevada solubilidade em água, boa estabilidade química e propriedades ópticas marcantes, como fotoluminescência sensível à química de superfície e às condições de síntese (Cai et al., 2025; Wang et al., 2015). Essas características sustentam aplicações em sensores, bioimagem, catálise e conversão/armazenamento de energia, entre outras (Cai et al., 2025; Vandarkuzhali et al., 2017).

Do ponto de vista de sustentabilidade e viabilidade econômica, observa-se um crescente interesse em rotas de síntese que empregam biomassa lignocelulósica como precursor carbonáceo na obtenção de PQCs, uma vez que tais abordagens contribuem para a redução da dependência de insumos de maior impacto ambiental, além de promoverem a valorização de resíduos agroindustriais e o desenvolvimento de processos mais sustentáveis (Cai et al., 2025; Quaid; Ghalandari; Reza, 2022). Nessa direção, o pseudocaule da bananeira é um resíduo abundante e rico em constituintes como celulose, hemicelulose e lignina, o que o torna um precursor promissor para processos de carbonização e formação de nanoestruturas carbonáceas (Gonçalves Filho, 2011; Vandarkuzhali et al., 2017). Além disso, o reaproveitamento desse material está alinhado com propostas de valorização do pseudocaule em diferentes rotas tecnológicas para reduzir impactos ambientais associados ao descarte (Pereira et al., 2011).

A síntese hidrotermal é frequentemente descrita como uma rota *bottom-up* que favorece etapas de desidratação, polimerização e carbonização de constituintes orgânicos, viabilizando a formação de PQCs sem a necessidade de oxidantes agressivos ou etapas complexas (Vandarkuzhali et al., 2017; Cai et al., 2025). Parâmetros como tempo de reação e temperatura podem influenciar o grau de carbonização e a natureza de grupos funcionais na superfície, afetando absorvância no UV-Vis e intensidade/coloração da emissão (Quaid; Ghalandari; Reza, 2022; Mohammed; Omer; Hawaiz, 2023).

Nesse contexto, a caracterização óptica constitui uma etapa fundamental para a identificação preliminar de PQCs obtidos por rotas hidrotermais. Técnicas espectroscópicas, como a espectroscopia de absorção no ultravioleta-visível (UV-Vis) e a análise de fotoluminescência sob radiação ultravioleta, são amplamente empregadas para fornecer evidências da formação de PQCs e investigar a presença de domínios conjugados e estados eletrônicos de superfície, os quais estão diretamente relacionados às propriedades ópticas dessas nanoestruturas. Em geral, os PQCs apresentam bandas características relacionadas a transições eletrônicas  $\pi-\pi^*$  e  $n-\pi^*$ , além de emissão fotoluminescente dependente da composição química e das funcionalidades superficiais presentes. Dessa forma, a análise dessas respostas ópticas permite inferir aspectos relevantes acerca da formação e natureza dos nanomateriais obtidos, constituindo uma abordagem fundamental, sobretudo em etapas iniciais de investigação experimental.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo produzir PQCs por síntese hidrotermal a partir do pseudocaule da bananeira e realizar sua caracterização inicial com ênfase nas propriedades ópticas, por meio de análises de fotoluminescência sob radiação UV e

espectroscopia de absorção UV-Vis, discutindo qualitativamente a influência do tempo reacional com base em dados reportados na literatura.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

O pseudocaule de bananeira (PSCB), utilizado como precursor para síntese dos PCs, foi coletado na região de Itumbiara, Goiás, Brasil. O PSCB foi previamente lavado com água destilada para remoção de impurezas superficiais, cortado em pedaços menores e seco ao sol até umidade inferior a 10%. Após a secagem, o PSCB foi triturado e, posteriormente, submetido à peneiração utilizando peneiras granulométricas, visando padronizar o tamanho das partículas do material precursor. O fluxograma do procedimento utilizado para preparação da biomassa precursora dos PQC's encontra-se ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1- FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DO PSCB.



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2026).

### 2.2 SÍNTESE DOS PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO (PQC's)

A produção dos PQC's ocorreu pelo método hidrotérmico conforme as condições experimentais apresentadas na Tabela 1. Inicialmente, adicionou-se 5 g do PSCB (base seca) em um reator tubular com tampa rosqueável confeccionado em aço inox 316 L contendo água destilada em uma razão sólido-líquido de 1:10. Em seguida, a mistura reacional foi aquecida a 190 °C em banho de óleo sob diferentes tempos reacionais.

TABELA 1 - CONDIÇÕES DE SÍNTESE HIDROTÉRMAL DOS PQC's.

Amostra	Temperatura (°C)	Tempo (h)
1	190	1h30
2	190	2h
3	190	2h30

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2026).

Após o aquecimento, a mistura reacional foi imediatamente resfriada em banho de gelo, filtrada sob pressão reduzida e centrifugada a 5.000 rpm por 15 minutos. Posteriormente, o sobrenadante obtido foi filtrado utilizando filtro de seringa Millipore® (0,22 µm) e armazenado sob refrigeração para posterior caracterização.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO (PQCs)

Para avaliar a presença de espécies fluorescentes indicativas de PQCs, a suspensão resultante foi excitada sob luz ultravioleta em 365 nm, sendo a luminescência avaliada qualitativamente por inspeção visual. As propriedades ópticas das amostras também foram investigadas por espectroscopia de absorção no ultravioleta-visível (UV-Vis), na faixa espectral de 200 a 700 nm.

## 3. RESULTADOS

As amostras sintetizadas exibiram emissão fotoluminescente na região do verde sob excitação ultravioleta (365 nm), sugerindo a presença de espécies fluorescentes indicativas de PQCs, conforme evidenciado na Figura 2. Em trabalhos com precursores de biomassa, emissões sob UV são comumente associadas à presença de domínios carbonáceos ( $sp^2/sp^3$ ) e a estados de superfície gerados durante carbonização e funcionalização do material (Cai et al., 2025; Vandarkuzhali et al., 2017).

FIGURA 2 – EMISSÃO FOTOLUMINESCENTE DA AMOSTRA SOB LUZ AMBIENTE E UV (365 nm).



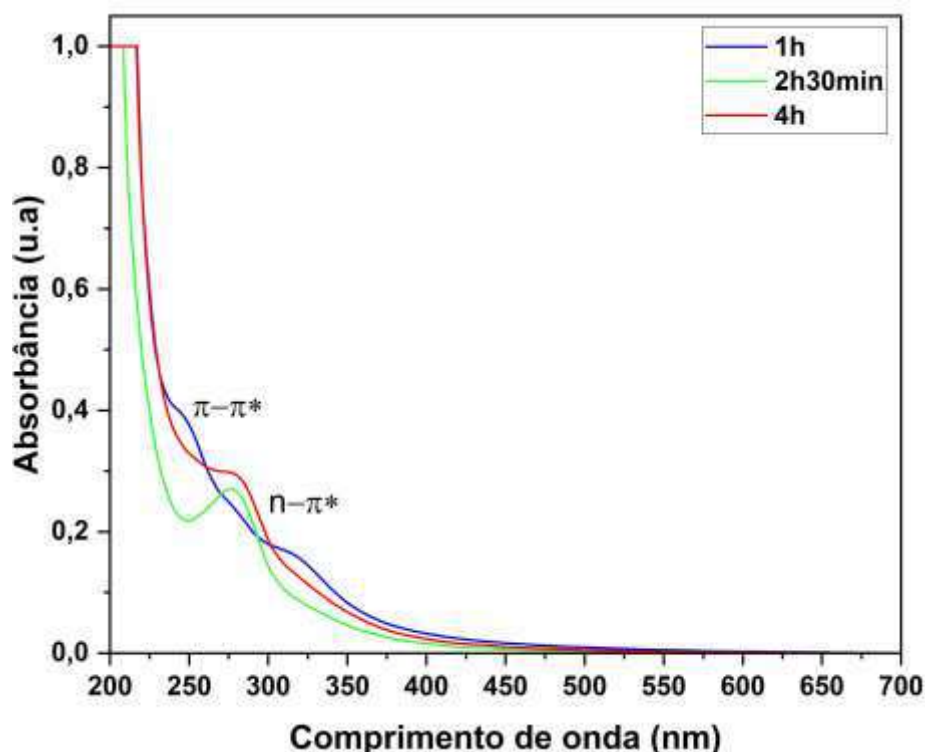
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2026).

Os espectros de absorção no ultravioleta-visível (UV-Vis), apresentados na Figura 3, evidenciam absorção predominante na região do ultravioleta, com bandas na região de ~190–250 nm e um sinal próximo de 280 nm. Segundo Mohammed; Omer; Hawaiz (2023), bandas na região de ~190–250 nm são comumente atribuídas a transições eletrônicas  $\pi-\pi^*$  associadas a ligações C=C presentes em domínios aromáticos ou estruturas carbonáceas conjugadas, enquanto sinais



em  $\sim 280$  nm podem ser relacionados a transições  $n-\pi^*$  envolvendo pares de elétrons não ligantes de grupos carbonílicos (C=O) presentes na superfície das nanopartículas. Tais contribuições espectrais são frequentemente observadas em materiais carbonáceos nanoestruturados e refletem a presença de núcleos conjugados acompanhados por funcionalidades oxigenadas geradas durante o processo de carbonização.

FIGURA 3 - ESPECTROS DE ABSORÇÃO UV-VIS DOS PQCs EM DIFERENTES TEMPOS DE SÍNTESE.



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2026).

Analisando a Figura 3, observa-se que para tempos reacionais superiores a 1 h a banda na região de 190–250 nm deixa de ser evidente, o que sugere redução dos domínios aromáticos e maior presença de grupos carboxílicos e alifáticos. Durante a carbonização hidrotermal de materiais lignocelulósicos, reações sucessivas de desidratação, condensação e aromatização favorecem a formação de pequenos núcleos carbonáceos dispersos em meio aquoso, enquanto grupos oxigenados residuais provenientes da decomposição da celulose, hemicelulose e lignina podem permanecer na superfície das partículas. Esses grupos contribuem para a estabilização coloidal do material e para a modulação das propriedades ópticas observadas. Assim, a luminescência detectada qualitativamente nas amostras indica que o pseudocaule da bananeira atuou de forma eficiente como fonte carbonácea para a formação de nanodomínios emissivos, corroborando estudos que demonstram o potencial de resíduos lignocelulósicos na obtenção de PQC's com propriedades fotoluminescentes relevantes (Vandarkuzhali et al., 2017; Cai et al., 2025).

Segundo Mohammed; Omer; Hawaiz (2023), o aumento do tempo de tratamento hidrotermal pode promover modificações graduais na estrutura química do material, reduzindo contribuições associadas a estruturas aromáticas iniciais e favorecendo a formação de novas

funcionalidades alifáticas e carbonílicas. Essas transformações tendem a se refletir na evolução dos espectros de absorção no UV-Vis, indicando alterações progressivas na química de superfície das partículas formadas. Nesse contexto, as tendências observadas no presente estudo são consistentes com a interpretação de que o aumento do tempo reacional promove modificações na química de superfície dos PQC's, refletindo-se nas propriedades ópticas observadas, em concordância com resultados previamente reportados para sistemas análogos obtidos por síntese hidrotermal (Mohammed; Omer; Hawaiz, 2023; Cai et al., 2025).

#### 4. CONCLUSÃO

A síntese hidrotermal a 190 °C demonstrou-se uma estratégia eficaz para a obtenção de PQC's a partir do pseudocaule da bananeira, evidenciando o potencial dessa biomassa lignocelulósica como precursor renovável e sustentável para a produção de nanomateriais carbonáceos com propriedades fotoluminescentes. A formação de espécies fluorescentes compatíveis com PQC's é indicada pela emissão de fotoluminescência sob excitação ultravioleta (365 nm), aliada à presença de bandas características nos espectros de absorção UV-Vis, associadas às transições eletrônicas  $\pi-\pi^*$  e  $n-\pi^*$ , indicando a formação de domínios carbonáceos conjugados e a presença de grupos funcionais superficiais.

Os resultados indicam que o processo hidrotermal promoveu transformações estruturais e químicas relevantes, relacionadas à carbonização parcial da biomassa e à geração de estados de superfície responsáveis pelas propriedades ópticas observadas. Adicionalmente, a variação do tempo reacional evidenciou influência direta na assinatura espectral das amostras, sugerindo que o controle desse parâmetro é determinante na modulação da química de superfície e das propriedades fotoluminescentes dos PQC's.

Nesse contexto, o presente estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a conversão de biomassa em nanoestruturas carbonáceas funcionais, reforçando o potencial do pseudocaule da bananeira como matéria-prima renovável para aplicações tecnológicas. Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de caracterizações físico-químicas mais abrangentes, visando à elucidação dos mecanismos de formação dos PQC's, bem como à otimização dos parâmetros de síntese para o ajuste controlado de suas propriedades e potencial aplicação em diferentes áreas tecnológicas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAI, D.; ZHONG, X.; XU, L.; XIONG, Y.; DENG, W.; ZOU, G.; HOU, H.; JI, X. **Biomass-derived carbon dots: synthesis, modification and application in batteries**. Chemical Science, v. 16, p. 4937-4970, 2025.

GONÇALVES FILHO, L. C. **Utilização do pseudocaule de bananeira como substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de despolimerização**. 98f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, Joinville, 2011.

MOHAMMED, S.J.; OMER, K.M.; HAWAIZ, F.E. **Deep insights to explain the mechanism of carbon dot formation at various reaction times using the hydrothermal technique:** FT-IR, <sup>13</sup>C-NMR, <sup>1</sup>H-NMR, and UV-visible spectroscopic approaches. RSC Advances, v. 13, n. 21, p. 14340-14349, 2023.

PEREIRA, A.L.S.; NASCIMENTO, D.M. do; MORAIS, J.P.S.; SOUZA, M. de S.M.; ROSA, M. de F. **Valorização de resíduos agroindustriais:** uso do pseudocaule de bananeira como matéria-prima para obtenção de nanoestruturas de celulose. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011.

QUAID, T.; GHALANDARI, V.; REZA, T. **Effect of synthesis process, synthesis temperature, and reaction time on chemical, morphological, and quantum properties of carbon dots derived from loblolly pine.** Biomass, v. 2, n. 4, p. 250-263, 2022.

VANDARKUZHALI, S.A.A.; JEYALAKSHMI, V.; SIVARAMAN, G.; SINGARAVADIVEL, S.; KRISHNAMURTHY, K.R.; VISWANATHAN, B. **Highly fluorescent carbon dots from pseudo-stem of banana plant:** applications as nanosensor and bio-imaging agents. Sensors and Actuators B: Chemical, v. 252, p. 894-900, 2017.

WANG, C.; XU, Z.; CHENG, H.; LIN, H.; HUMPHREY, M.G.; ZHANG, C. **A hydrothermal route to water-stable luminescent carbon dots as nanosensors for pH and temperature.** Carbon, v. 82, p. 87-95, 2015.

# CAPÍTULO 13

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM PROTÓTIPO EM ESCALA REUZIDA PARA PRODUÇÃO E CONVERSÃO ENERGÉTICA COM HIDROGÊNIO

FLÁVIO ROSA DE MACEDO - flaviorosademacedo@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

ROGÉRIO CANDIDO DA SILVA FILHO - rogerio21345563@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

GIOVANI AUD LOURENÇO - giovani.lourenco@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

JOSEMAR ALVES DOS SANTOS JUNIOR - josemar.junior@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**RESUMO:** O hidrogênio destaca-se como um vetor energético estratégico na transição para sistemas de baixo carbono, especialmente quando produzido a partir de fontes renováveis. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar protótipos de baixo custo para produção e conversão energética de hidrogênio, por meio de um eletrolisador alcalino e de uma célula a combustível do tipo PEM (Proton Exchange Membrane). O eletrolisador foi projetado com geometria ajustável, permitindo investigar a influência da distância entre eletrodos (7,3 cm; 4,4 cm; 9 mm) na eficiência do processo, utilizando solução de NaOH como eletrólito. A célula a combustível foi montada com MEA comercial e materiais acessíveis, visando aplicações didáticas. Os resultados demonstraram que a redução da distância intereletrodos aumentou a eficiência do eletrolisador, atingindo valores de até 88,84%. A célula a combustível apresentou tensão máxima de 1,009 V e eficiência aproximada de 68%, com desempenho compatível com sistemas experimentais de baixa potência. Conclui-se que os protótipos desenvolvidos apresentam viabilidade técnica e elevado potencial para aplicação em ensino e pesquisa, contribuindo para a difusão de tecnologias relacionadas ao hidrogênio verde.

**PALAVRAS-CHAVES:** HIDROGÊNIO; EFICIÊNCIA ENERGÉTICA; ELETRÓLISE.

### 1. INTRODUÇÃO

O cenário energético global atual é marcado por uma crescente urgência na busca por fontes de energia limpas e sustentáveis, impulsionada pela necessidade de mitigar os impactos das mudanças climáticas e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Nesse contexto, o hidrogênio emerge como um vetor energético de grande potencial, especialmente quando produzido a partir de fontes renováveis, caracterizando o que se denomina hidrogênio verde [1]. A versatilidade do hidrogênio permite sua aplicação em diversas reações químicas e como um eficiente portador de energia, tornando-o estratégico para a transição para sistemas energéticos de baixo carbono [2].

A produção de hidrogênio verde, notadamente através da eletrólise da água alimentada por energia renovável, apresenta-se como uma alternativa promissora devido à sua sustentabilidade intrínseca e à elevada pureza do gás obtido [3]. Contudo, a eficiência desse processo é influenciada por uma série de variáveis operacionais e construtivas, como a concentração e temperatura do eletrólito, a distância entre os eletrodos e os parâmetros elétricos aplicados [4]. Paralelamente à produção, a conversão eficiente do hidrogênio em eletricidade é importante para o seu aproveitamento energético. As células a combustível de hidrogênio, em particular as do tipo PEM (Proton Exchange Membrane), destacam-se nesse aspecto, convertendo hidrogênio e oxigênio em eletricidade com a água como único subproduto, e com eficiências energéticas superiores às dos sistemas de combustão convencionais [5].

Este capítulo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a análise de protótipos de baixo custo que compõem um sistema integrado de produção e conversão de hidrogênio. Serão detalhados a prototipagem de um eletrolisador alcalino, com foco na investigação da influência da distância intereletrodos na eficiência do processo, e a prototipagem de uma célula a combustível PEM, avaliando sua eficiência energética. Ambos os projetos foram concebidos com o intuito de servir como ferramentas didáticas e de pesquisa no Laboratório de Fontes Renováveis do IFG – Câmpus Itumbiara, contribuindo para a formação de estudantes e a disseminação do conhecimento em tecnologias de energia limpa [6][7].

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 PROTOTIPAGEM DO ELETROLISADOR ALCALINO

O eletrolisador alcalino (Figura 1) foi projetado com geometria paralelepípedica, apresentando dimensões de 16,2 × 16,2 × 15 cm, com volume útil aproximado de 3,4 L. A estrutura principal do reator foi confeccionada em chapas de acrílico, selecionadas devido à sua adequada resistência química em meio alcalino, transparência para inspeção visual do processo e facilidade de usinagem.

**FIGURA 1 – MODELO TRIDIMENSIONAL DO ELETROLISADOR E PROTÓTIPO CONFECCIONADO.**



Fonte: Acervo do Autor.

A vedação do sistema foi realizada por meio da combinação de adesivo específico para acrílico e aplicação de selante à base de poliuretano (PU) nas junções estruturais, garantindo estanqueidade. Complementarmente, foi empregada uma junta de borracha nitrílica na interface com a tampa (1), visando evitar vazamentos de eletrólito e gases. A tampa foi fabricada em polietileno de alta densidade (PEAD), material escolhido por sua elevada resistência química e estabilidade mecânica.

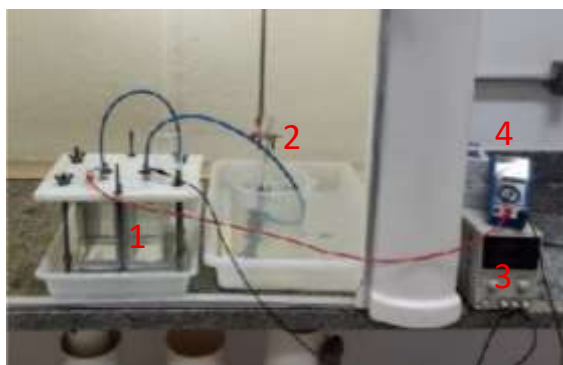
Os eletrodos (2) e barramentos elétricos (3) apresentados no modelo 3D da Figura 1, foram confeccionados em aço inoxidável AISI 304, material que apresenta boa resistência à corrosão em meios alcalinos e adequada condutividade elétrica. O sistema foi projetado de forma ajustável, permitindo a variação da distância entre os eletrodos (2) por meio de barras roscadas, possibilitando a avaliação de três configurações distintas: 7,3 cm, 4,4 cm e 9 mm. Essa configuração experimental foi adotada com o objetivo de investigar a influência da distância intereletrodos na resistência ôhmica do meio e, conseqüentemente, na eficiência do processo eletrolítico.

O eletrólito utilizado consistiu em uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de  $10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , escolhida devido à sua elevada condutividade iônica. Para a condução dos gases gerados, foram integrados à tampa engates pneumáticos de  $1/4'' \times 6 \text{ mm}$  (4), permitindo a coleta controlada de hidrogênio e oxigênio durante os ensaios. Os elementos de fixação do conjunto, incluindo barras roscadas, porcas de aperto e porcas borboleta (5), foram confeccionados em aço galvanizado.

## 2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA PRODUÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE $\text{H}_2$

A Figura 2 apresenta o aparato experimental desenvolvido e utilizado para produção de hidrogênio e sua respectiva quantificação. Os experimentos foram conduzidos em capela laboratorial, com utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs), em função da inflamabilidade do hidrogênio produzido e do caráter altamente alcalino da solução eletrolítica.

**FIGURA 2 – APARATO EXPERIMENTAL PARA ELETRÓLISE.**



Fonte: Acervo do Autor.

A produção de hidrogênio foi realizada por meio da eletrólise alcalina no eletrolisador desenvolvido (1), operando sob tensão constante de 2,0 V, fornecida por uma fonte de alimentação regulada Hikari HF-3205S (3). Durante o processo, a corrente elétrica foi monitorada continuamente com o auxílio de um multímetro digital Minipa ET1507B (4), permitindo a avaliação do comportamento eletroquímico do sistema. A temperatura do eletrólito foi acompanhada por meio de uma câmera térmica Fluke Ti25, a fim de reproduzir os experimentos nas mesmas condições térmicas.

A quantificação do hidrogênio produzido foi realizada pelo método de deslocamento de volume, conforme ilustrado na Figura 2. O gás gerado no eletrolisador foi conduzido por meio de uma mangueira de poliuretano até uma proveta graduada invertida de 100 mL (2), previamente preenchida com água e imersa em um béquer de 2L, permitindo a medição direta do volume de gás deslocado ao longo do tempo. Esse procedimento possibilitou a determinação da vazão

volumétrica de hidrogênio e, conseqüentemente, a estimativa da taxa de produção do gás. O oxigênio gerado no processo foi liberado para a atmosfera, não sendo objeto de quantificação neste estudo.

### 2.3 EFICIÊNCIA DO ELETROLISADOR

A eficiência do eletrolisador desenvolvido foi determinada conforme proposto por Knob (2013) [8], a partir da relação entre a potência química associada ao hidrogênio produzido e a potência elétrica consumida pelo sistema.

Inicialmente, a potência elétrica de operação (P) foi calculada com base nos valores medidos de tensão (U) e corrente (I), conforme a Eq. (1).

$$P=U \cdot I \quad (1)$$

Em seguida, a taxa de produção de hidrogênio ( $P_{H_2}$ ) foi determinada a partir dos dados experimentais de volume, utilizando a Eq. (2).

$$P_{H_2} = \frac{p \cdot MM \cdot V}{R \cdot T \cdot \Delta t} \quad (2)$$

Em que:

- $P_{H_2}$  é a taxa de produção de hidrogênio em  $g \cdot s^{-1}$ .
- $p$  é a pressão à qual o hidrogênio está submetido em Pa.
- $V$  é o volume medido em  $m^3$ .
- $MM$  é a massa molar do hidrogênio em  $g \cdot mol^{-1}$ .
- $R$  é a constante universal dos gases ( $8,314 J/mol \cdot K$ ).
- $T$  é a temperatura medida na solução eletrolítica em K (301 K).
- $\Delta t$  é o intervalo de tempo medido em segundos.

Por fim, a eficiência da eletrólise ( $\eta_e$ ) foi calculada pela razão entre a potência associada ao hidrogênio produzido e a potência elétrica consumida, conforme a Eq. (3), em que o poder calorífico superior do hidrogênio (PCS) é de  $141840 W \cdot s \cdot g^{-1}$ .

$$\eta_e = \frac{P_{H_2} \cdot PCS}{U \cdot I} \quad (3)$$

### 2.4 PROTOTIPAGEM DA CÉLULA COMBUSTÍVEL

O protótipo da célula a combustível de hidrogênio (Figura 3A) do tipo PEM foi desenvolvido com foco em aplicações educacionais e de pesquisa, tendo como elemento central do sistema um conjunto eletrodo-membrana (MEA – Membrane Electrode Assembly) comercial de cinco camadas (Figura 3B). A MEA era composta por uma membrana de polímero perfluorsulfônico (PFSA), com espessura de  $50,8 \mu m$  e área ativa de  $5 \times 5 cm$ , disposta sobre uma área total de  $10 \times 10 cm$ . Os eletrodos (ânodo e cátodo) apresentavam carregamento de platina (Pt) de  $0,5 mg \cdot cm^{-2}$ , utilizando catalisador com 60% de Pt suportado em carbono (Vulcan).



**FIGURA 3 – CÉLULA COMBUSTÍVEL CONFECIONADA E MEA UTILIZADA.**



Fonte: Acervo do Autor.

Adjacentes à MEA, foram utilizados difusores de gás (Gas Diffusion Layers – GDL) em fibra de carbono do tipo W1S1011, com camada microporosa integrada e espessura de 410  $\mu\text{m}$ .

Entre a MEA e as placas coletoras de elétrons, foi inserida uma tela de aço inoxidável, atuando como meio auxiliar de difusão de gases e condução elétrica. As placas coletoras foram confeccionadas em aço inoxidável AISI 304, devido à sua resistência à corrosão e boa condutividade. A vedação foi realizada com borracha, que também atuou como isolante elétrico.

Externamente, o conjunto foi comprimido por chapas de acrílico transparente, que garantem a integridade estrutural e permitem inspeção visual. Nessas placas foram instalados conectores pneumáticos de 6 mm para alimentação e condução dos gases, conforme ilustrado na Figura 3A. A fixação foi realizada com parafusos revestidos por segmentos de borracha, assegurando vedação e isolamento elétrico. O hidrogênio e o oxigênio utilizados foram provenientes do eletrolisador alcalino previamente desenvolvido (Figura 2).

## 2.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA CÉLULA COMBUSTÍVEL

O hidrogênio utilizado nos ensaios da célula a combustível foi produzido no eletrolisador alcalino e coletado por deslocamento de volume em provetas graduadas invertidas, conforme o aparato experimental apresentado na Figura 2. Após a coleta, o hidrogênio foi transferido para uma seringa graduada, utilizada como reservatório temporário e como dispositivo de alimentação da célula durante os ensaios, conforme ilustrado na Figura 4.

O oxigênio alimentado à célula, por sua vez, também foi proveniente do eletrolisador, porém foi coletado diretamente na seringa a partir da saída pneumática do sistema (Figura 2), sem passar pelo processo de medição volumétrica em proveta. Esse procedimento foi adotado com o objetivo de simplificar a alimentação do cátodo, uma vez que o foco da quantificação experimental estava centrado na produção de hidrogênio.

Durante os ensaios, o hidrogênio foi injetado manualmente no ânodo da célula a combustível, enquanto o oxigênio foi alimentado no cátodo, ambos por meio de conexões pneumáticas compatíveis, como apresentado na Figura 4. A vazão dos gases foi controlada de forma qualitativa pelo deslocamento do êmbolo das seringas.



FIGURA 4 – APARATO EXPERIMENTAL DA CÉLULA COMBUSTÍVEL.



Fonte: Acervo do Autor.

A caracterização elétrica da célula foi realizada por meio da medição da tensão em circuito aberto (sem carga) e da corrente em condição de curto-circuito, utilizando um multímetro digital conectado aos terminais do dispositivo.

## 2.6 EFICIÊNCIA DA CÉLULA COMBUSTÍVEL

A eficiência da célula a combustível do tipo PEM foi determinada a partir da relação entre a tensão elétrica medida experimentalmente e o potencial termoneutro da reação de formação da água (1,482 V). Foram realizados ensaios em condição de circuito aberto, utilizando um multímetro digital para obtenção da tensão máxima da célula ( $V$ ), minimizando a influência de perdas associadas à circulação de corrente. A eficiência elétrica foi então calculada conforme a Eq. (4).

$$\eta_e = \frac{V}{1,482} \quad (4)$$

Esse procedimento permite estimar a fração da energia química total convertida em energia elétrica pelo sistema.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 DESEMPENHO DA CÉLULA ELETROLÍTICA ALCALINA

A distância entre os eletrodos é um dos principais parâmetros que influenciam o desempenho de sistemas de eletrólise, pois está diretamente relacionada à resistência ôhmica do eletrólito e, conseqüentemente, às perdas energéticas do processo. Nesse contexto, avaliou-se o efeito da variação da distância intereletrodos (9 mm, 44 mm e 73 mm) sobre a eficiência do eletrolisador e a corrente elétrica do sistema, mantendo-se constante a tensão de operação.

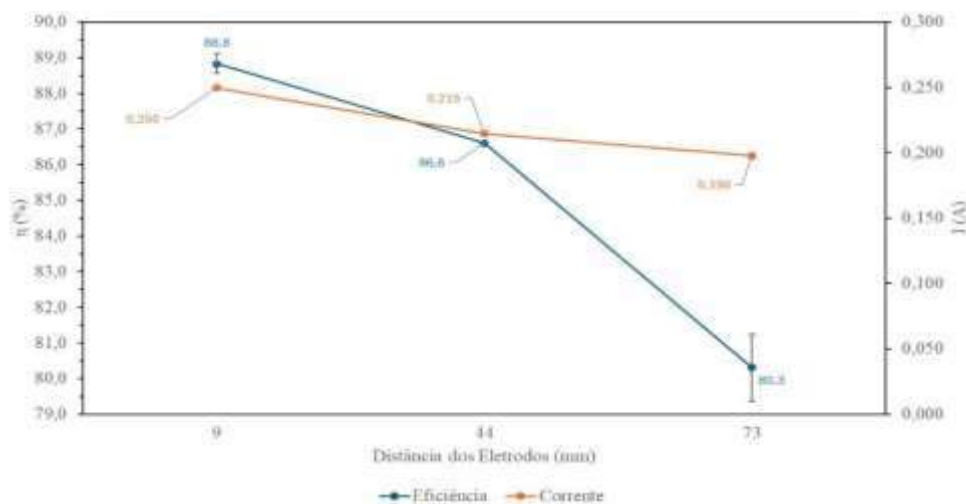
Os resultados obtidos indicam uma clara influência da distância entre eletrodos sobre a eficiência do processo eletrolítico. Como pode ser observado na Figura 5, para a menor distância avaliada (9 mm), foi observada a maior eficiência, atingindo aproximadamente 88,8%, associada a uma corrente de cerca de 0,250 A. À medida que a distância foi aumentada para 44 mm,

verificou-se uma leve redução da eficiência para 86,6%, acompanhada de uma diminuição da corrente para 0,215 A.

Para a maior distância analisada (73 mm), a eficiência apresentou queda mais acentuada, atingindo aproximadamente 80,3%, enquanto a corrente foi reduzida para cerca de 0,198 A. Esse comportamento evidencia uma relação inversa entre a distância intereletrodos e o desempenho do sistema.

Do ponto de vista físico, o aumento da distância entre os eletrodos eleva a resistência ôhmica do eletrólito, devido ao maior caminho percorrido pelos íons, o que intensifica as perdas energéticas e reduz a eficiência do processo. Conseqüentemente, observa-se também a diminuição da corrente elétrica para uma mesma tensão aplicada. Além disso, a menor corrente implica redução na taxa de produção de hidrogênio, impactando o rendimento do sistema. Assim, menores distâncias intereletrodos favorecem o transporte iônico e melhoram a eficiência da eletrólise.

**FIGURA 5 – APARATO EXPERIMENTAL DA CÉLULA COMBUSTÍVEL.**



Fonte: Acervo do Autor.

Os resultados obtidos estão em concordância com a literatura [9], que indica que a minimização da distância entre eletrodos é uma estratégia eficaz para aumentar a eficiência de eletrolisadores alcalinos, desde que respeitados limites construtivos e operacionais, como evitar curto-circuito e garantir adequada circulação do eletrólito.

Dessa forma, conclui-se que a configuração com menor distância intereletrodos (9 mm) apresentou o melhor desempenho entre as condições avaliadas, evidenciando a importância da otimização desse parâmetro no projeto de sistemas de eletrólise.

### 3.2 DESEMPENHO DA CÉLULA COMBUSTÍVEL TIPO PEM

A montagem da célula a combustível foi concluída com sucesso, atendendo aos requisitos técnicos e estruturais. Na análise de eficiência da célula a combustível do tipo PEMFC desenvolvida, obteve-se uma tensão máxima de 1,009 V, quando alimentada com hidrogênio e oxigênio puros produzidos pelo eletrolisador alcalino. Essa condição resultou em uma eficiência de aproximadamente 68%, calculada pela Eq. 4. Nessa condição, a célula apresentou uma



corrente de 0,1 A, correspondente a uma densidade de corrente de  $0,004 \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$ , considerando uma área ativa de  $25 \text{ cm}^2$ .

A tensão obtida aproxima-se do limite teórico de 1,23 V para células PEM a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , ainda que naturalmente reduzida por perdas de ativação, resistências ôhmicas e limitações de transporte de massa [6, 7]. O resultado indica funcionamento compatível com células experimentais operando em baixas densidades de corrente. Todavia, embora eficiente, a potência permanece baixa (dezenas de mW), restringindo aplicações práticas sem associação de células ou aumento da área ativa com redução da resistência ôhmica do sistema proposto.

#### 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a análise dos protótipos de eletrolisador alcalino e célula a combustível PEM demonstraram a viabilidade de sistemas de baixo custo para a produção e conversão de hidrogênio, com aplicações significativas no ensino e pesquisa. Os resultados obtidos com o eletrolisador alcalino revelaram uma correlação positiva entre a redução da distância entre os eletrodos e o aumento da eficiência do processo, com valor máximo de 88,84% para a configuração mais curta. Por sua vez, a célula a combustível PEM construída apresentou um desempenho satisfatório, com tensão máxima de 1,009 V e uma eficiência global de aproximadamente 68%, valor compatível com o reportado na literatura para células PEM operando em baixas densidades de corrente. Embora a potência gerada seja limitada, o protótipo cumpriu seu propósito didático e de pesquisa, permitindo a observação direta do funcionamento de uma célula a combustível e a análise de parâmetros elétricos fundamentais

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SULEMAN, F.; DINCER, I.; AGELIN-CHAAB, M. Environmental impact assessment and comparison of some hydrogen production options. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 40, n. 21, p. 6976-6987, 2015.
- [2] CASTELLAN, G. **Fundamentos de físico-química**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- [3] SORENSEN, B.; SPAZZAFUMO, G. **Hydrogen and fuel cells: emerging technologies and applications**. 3. ed. Londres: Academic Press, 2018.
- [4] PALHARES, Dayana D'Arc de Fátima et al. **Produção de hidrogênio por eletrólise alcalina da água e energia solar**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- [5] AQUIGEH, Ivan Newen et al. **Multiphysical models for hydrogen production using NaOH and stainless steel electrodes in alkaline electrolysis cell**. Douala: University of Douala, 2021.
- [6] BARBIR, F.; GOMEZ, T. **Efficiency and economics of proton exchange membrane (PEM) fuel cells**. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 22, n. 10-11, p. 1027-1037, 1997.
- [7] LARMINIE, James; DICKS, Andrew; MCDONALD, Maurice S. **Fuel cell systems explained**. Chichester, UK: J. Wiley, 2003.
- [8] KNOB, Daniel. **Geração de hidrogênio por eletrólise da água utilizando energia solar fotovoltaica**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [9] ZENG, Kai; ZHANG, Dongke. Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. **Progress in energy and combustion science**, v. 36, n. 3, p. 307-326, 2010.

# CAPÍTULO 14

## MODELAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS EM MDF POR CORTE CNC A LASER

**Eryc Dias Medeiros Silva** - erycerycdiasdias@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Anna Júlia Sandim Moraes**- annajuliasandim@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Anna Karolyna Marques Rodrigues**- anna.karolyna.mr@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Igor Fernandes Silva**- igorfernandescruz@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**Josemar A. dos Santos Jr.**- josemar.junior@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS CAMPUS ITUMBIARA – IFG

**RESUMO:** Esta pesquisa explora o processo de criar e construir estruturas de MDF através do corte a laser CNC. O foco principal é minimizar a dificuldade de converter projetos 2D em modelos 3D com encaixes perfeitos, sem comprometer a estrutura. A meta é identificar esses problemas e apresentar alternativas viáveis, como um acompanhamento preciso das medidas, para assegurar montagens seguras em formas complexas ou arredondadas. O método empregado segue o sistema CAD/CAM, usando AutoCAD e/ou Fusion 360 para criar e ajustar as dimensões das partes. Para equilibrar a perda de material causada pelo laser, aplicou-se um espaço extra de 0,1 mm a 0,2 mm nas junções. Adicionalmente, foram efetuados ensaios em modelos menores de MDF de 3 mm. Os achados indicam que o ajuste desses espaços evita erros na montagem e permite conexões robustas sem precisar de cola. O uso de formas básicas auxiliou a reforçar a resistência da estrutura, enquanto a técnica de dobradiças vivas viabilizou a criação de curvas maleáveis no material. Em suma, a exatidão do projeto 2D é fundamental para uma montagem 3D bem-sucedida.

**PALAVRAS-CHAVES:** (CNC LASER; MDF; MODELAGEM; FABRICAÇÃO DIGITAL).

### 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de corte CNC (Comando Numérico Computadorizado) a laser tem se consolidado como uma ferramenta importante em processos de fabricação digital, permitindo a produção de peças com alto nível de precisão, repetibilidade e detalhamento. Materiais como o MDF (Fibras de madeira compactadas) são amplamente utilizados nesse processo devido à sua boa estabilidade, baixo custo e facilidade de usinagem, possibilitando a criação de componentes

complexos a partir de desenhos digitais. Essa tecnologia é frequentemente empregada em projetos de design, arquitetura e prototipagem, nos quais a fidelidade entre o modelo digital e a peça final é um fator essencial para o sucesso deste processo.

Entretanto, apesar da alta precisão do processo, a transição de desenhos bidimensionais para estruturas tridimensionais apresenta desafios significativos. Pequenas variações dimensionais, a remoção de material causada pelo feixe do laser e imprecisões no planejamento dos encaixes podem gerar falhas de montagem, desalinhamentos e perda de resistência estrutural. Esses problemas tornam-se ainda mais evidentes em projetos que utilizam sistemas de encaixe por interferência (tipo de encaixe em que as peças entram muito justas, pressionando-se entre si para ficarem firmes) ou que exigem curvaturas e geometrias mais complexas.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar esses desafios e propor estratégias de modelagem que contribuam para garantir a precisão geométrica, a estabilidade estrutural e a eficiência no processo de montagem. Com o controle dimensional adequado e do planejamento correto dos encaixes, busca-se demonstrar como é possível obter estruturas tridimensionais funcionais e bem ajustadas a partir de desenhos bidimensionais produzidos em ambientes CAD (Projeto/Desenho Assistido por Computador).

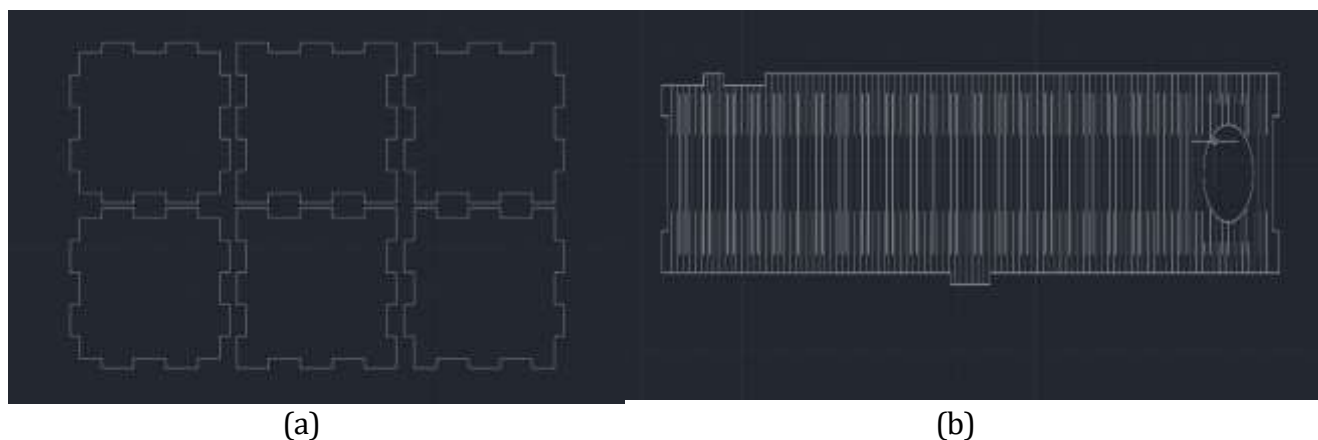
## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 FERRAMENTAS DE MODELAGEM DIGITAL (CAD/CAM)

O processo de desenvolvimento das peças foi realizado com o auxílio de ferramentas de modelagem digital baseadas no fluxo de trabalho CAD/CAM (Manufatura Auxiliada por Computador), que permitem criar, ajustar e preparar os modelos para fabricação com alta precisão. Nesse contexto, foram utilizados os softwares AutoCAD e Fusion 360, amplamente empregados em projetos de engenharia, design e prototipagem digital.

O AutoCAD foi utilizado principalmente para a elaboração dos desenhos bidimensionais das peças, etapa fundamental para o corte CNC a laser, já que o processo é orientado por vetores. Nesse ambiente foram definidos os contornos das peças, dimensões exatas, posicionamento dos encaixes e organização do layout de corte. A precisão do desenho é essencial nessa fase, pois qualquer erro dimensional pode comprometer a montagem final da estrutura conforme mostra a figura 1.

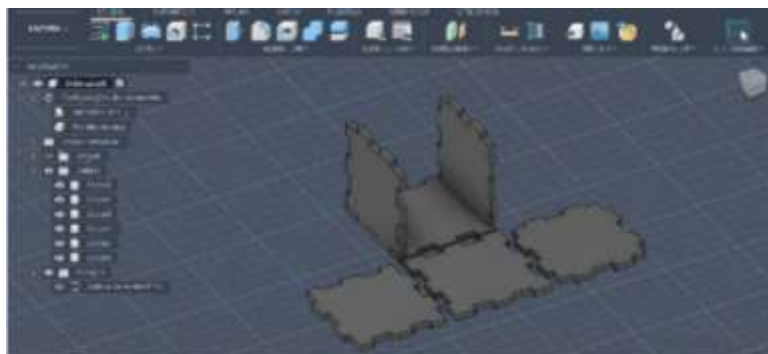
**FIGURA 1 - MODELOS AUTOCAD.**



Fonte: Autoria Própria.

Já o Fusion foi empregado como ferramenta complementar para visualização tridimensional conforme mostra a figura 2, verificação de encaixes e simulação da montagem das peças. A partir da importação dos desenhos bidimensionais, foi possível extrudar as formas e avaliar como os componentes se comportariam no modelo 3D. Esse processo permitiu identificar possíveis interferências, desalinhamentos ou inconsistências antes da fabricação física, reduzindo erros e retrabalho.

**FIGURA 2 – MODELO FUSION.**



Fonte: Autoria Própria.

A integração entre essas ferramentas permitiu um fluxo de trabalho eficiente, no qual o desenho técnico bidimensional serviu como base para análise tridimensional e planejamento da montagem. Dessa forma, o uso combinado de AutoCAD e Fusion 360 contribuiu para garantir maior precisão geométrica e melhor controle sobre o resultado final das peças produzidas por corte CNC a laser.

## **2.2 MATERIAIS E PARÂMETROS DE CORTE**

Para a execução do projeto foram utilizados painéis de MDF com espessura de 3 mm, material amplamente empregado em processos de corte a laser devido à sua homogeneidade, boa estabilidade dimensional e facilidade de usinagem. Essas características tornam o MDF adequado para a produção de peças com encaixes precisos e detalhes finos, além de permitir cortes limpos e consistentes quando submetido ao feixe laser.

A escolha da espessura de 3 mm também está relacionada à leveza do material e à sua versatilidade na construção de estruturas tridimensionais, possibilitando tanto a criação de peças estruturais quanto elementos com maior detalhamento geométrico. Esse tipo de painel permite ainda a aplicação de técnicas como cortes padronizados para flexibilidade do material, mantendo ao mesmo tempo resistência suficiente para a montagem final.

Quanto aos parâmetros de corte, a máquina CNC a laser foi configurada considerando a potência do feixe, a velocidade de deslocamento e a focalização adequada para garantir um corte contínuo e preciso. Esses ajustes são fundamentais para evitar queimaduras excessivas nas bordas, perda de material ou falhas no corte completo das peças. A calibração correta da máquina também contribui para manter a repetibilidade do processo e assegurar que as dimensões definidas no modelo digital sejam reproduzidas com fidelidade no material físico.

## **2.2 CONTROLE DE TOLERÂNCIAS E ENCAIXES**

Um dos fatores mais importantes no desenvolvimento de peças para corte CNC a laser é o controle das tolerâncias dimensionais, especialmente em projetos que utilizam sistemas de

encaixe entre componentes. Durante o processo de corte, o feixe do laser remove uma pequena quantidade de material ao longo da linha de corte, fenômeno conhecido como *kerf* (*quantidade de material removida durante o corte a laser*). Esse desgaste pode alterar levemente as dimensões previstas no desenho digital, afetando diretamente o ajuste entre as peças.

Para compensar esse efeito, foram aplicadas folgas controladas nos encaixes, variando entre 0,1 mm e 0,2 mm nos desenhos das peças. Essa margem permite equilibrar dois aspectos essenciais da montagem: evitar encaixes excessivamente apertados, que podem causar danos ao material durante a montagem, e impedir folgas grandes demais, que comprometeriam a estabilidade estrutural do conjunto.

A definição dessas tolerâncias foi realizada ainda na fase de modelagem, garantindo que as dimensões finais das peças, após o corte, permanecessem adequadas para a montagem. Esse controle dimensional contribui para que as peças se unam de forma firme e precisa, muitas vezes dispensando o uso de adesivos ou outros elementos de fixação. Dessa forma, o planejamento adequado das folgas no projeto digital torna-se fundamental para garantir a qualidade e a funcionalidade da estrutura tridimensional final.

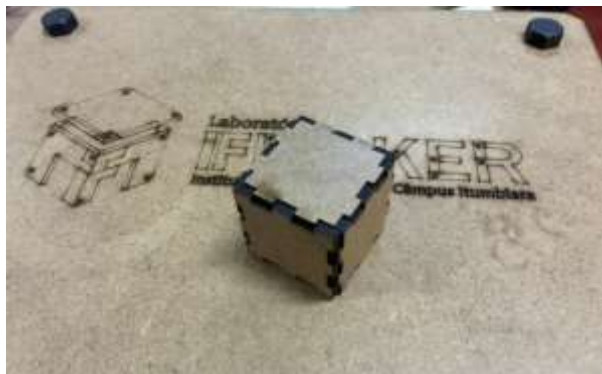
### 3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados obtidos nas simulações estáticas e dinâmicas, contrastando o desempenho do sistema base com o do sistema modificado.

#### 3.1 VALIDAÇÃO POR PROTOTIPAGEM

A etapa de prototipagem desempenhou um papel fundamental na validação do projeto, permitindo verificar na prática o comportamento das peças antes da fabricação final. Para isso, foram produzidos protótipos em escala reduzida utilizando o mesmo material e processo de corte CNC a laser. Essa abordagem possibilitou avaliar com maior precisão aspectos como o ajuste dos encaixes, o alinhamento das peças e a estabilidade da estrutura durante a montagem. A construção desses modelos preliminares permitiu identificar pequenas inconsistências que não eram facilmente percebidas apenas na modelagem digital. Entre os pontos observados estavam variações nos encaixes, necessidade de ajustes nas tolerâncias e pequenas correções nas dimensões de determinadas peças conforme mostra a figura 3. A partir dessas análises, foi possível realizar modificações no desenho original, refinando o projeto antes da produção da versão definitiva.

FIGURA 3 - protótipo caixa.



Fonte: Autoria Própria.

Além de reduzir o risco de falhas na montagem final, a prototipagem também contribuiu para otimizar o processo de fabricação, evitando desperdício de material e retrabalho. Dessa forma, a validação por meio de protótipos mostrou-se uma etapa importante para garantir maior precisão e confiabilidade no resultado final do projeto.

### 3.2 TÉCNICA DE *LIVING HINGES* (DOBRADIÇAS VIVAS)

Durante o desenvolvimento do projeto, também foi explorada a técnica conhecida como *living hinges* (técnicas de cortes que permitem flexibilidade em materiais rígidos) que consiste na criação de padrões repetitivos de cortes no material para permitir sua flexibilidade. Esse método é amplamente utilizado em projetos de fabricação digital para transformar materiais rígidos, como o MDF, em superfícies capazes de se curvar sem quebrar.

No caso do MDF de 3 mm utilizado neste trabalho, foram aplicados padrões de hachuras e cortes paralelos em áreas específicas das peças. Esses cortes reduzem a rigidez local do material, distribuindo a tensão ao longo da região trabalhada e permitindo que a peça seja dobrada gradualmente conforme mostra a figura 4. Dessa forma, torna-se possível criar superfícies curvas e formas mais orgânicas a partir de um material originalmente plano.

FIGURA 4 - protótipo *living hinges*.



Fonte: Autoria Própria.

A aplicação dessa técnica foi especialmente relevante na construção de elementos com curvatura, como no modelo de embarcação desenvolvido durante o projeto. A utilização das *living hinges* permitiu adaptar o MDF a formas arredondadas sem comprometer a integridade da peça, além de manter a leveza e a estética da estrutura. Os resultados demonstraram que, quando bem planejada no desenho bidimensional, essa técnica amplia significativamente as possibilidades de design e inovação em projetos realizados com corte CNC a laser.

### 3.3 ESTABILIDADE E RIGIDEZ

A estabilidade estrutural do objeto montado depende diretamente do planejamento das geometrias das peças e da qualidade dos encaixes projetados. Durante o desenvolvimento do projeto, observou-se que o uso de geometrias simples, aliado a um dimensionamento adequado dos encaixes, contribui significativamente para a rigidez da estrutura final. Formas bem definidas e alinhadas permitem uma melhor distribuição das forças entre os componentes, reduzindo pontos de tensão e aumentando a resistência do conjunto.

Os encaixes por interferência desempenham um papel essencial nesse processo, pois permitem que as peças se conectem de forma firme sem a necessidade de elementos adicionais de fixação, como parafusos ou adesivos. Quando projetados com tolerâncias adequadas, esses encaixes

garantem que as peças permaneçam estáveis após a montagem, evitando movimentos indesejados ou desalinhamentos que poderiam comprometer a integridade do objeto.

Além disso, a organização estrutural das peças, considerando a orientação e o posicionamento dos encaixes, também influencia na rigidez do modelo. Estruturas com boa distribuição de apoio e intertravamento entre os componentes tendem a apresentar maior resistência mecânica. Dessa forma, os resultados demonstram que a combinação entre geometrias simples, planejamento adequado dos encaixes e controle dimensional preciso é fundamental para garantir a estabilidade e a durabilidade da estrutura produzida por corte CNC a laser.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto demonstram que a precisão no desenho bidimensional é um fator determinante para o sucesso da montagem tridimensional em processos de corte CNC a laser. O controle rigoroso das dimensões, aliado ao planejamento adequado dos encaixes e das tolerâncias, mostrou-se essencial para evitar falhas de montagem, desalinhamentos e perdas de estabilidade estrutural. A aplicação de folgas controladas, a validação por meio de prototipagem e a análise prévia das peças em ambiente digital contribuíram significativamente para garantir que o modelo final apresentasse encaixes precisos e boa rigidez estrutural.

Além disso, a exploração de técnicas como as *living hinges* demonstrou que é possível ampliar as possibilidades de design mesmo utilizando materiais rígidos como o MDF, permitindo a criação de formas curvas e estruturas mais inovadoras. Esses resultados evidenciam que, quando bem planejado, o processo de fabricação digital por corte CNC a laser é capaz de produzir objetos complexos com alto nível de precisão e qualidade estética.

Dessa forma, conclui-se que a técnica apresenta grande viabilidade para aplicações em projetos de design, arquitetura e prototipagem, especialmente em situações que exigem leveza estrutural, eficiência na montagem e acabamento refinado. O domínio das etapas de modelagem e controle dimensional torna-se, portanto, fundamental para explorar todo o potencial dessa tecnologia na criação de estruturas tridimensionais a partir de desenhos bidimensionais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**LIVING hinges.** [S. l.], 2014. Disponível em: <https://mekatronik2014.wordpress.com/2014/04/11/living-hinges/>. Acesso em: 12 set. 2025.

MAGALHÃES, Sofia et al. FABRICAÇÃO, TECTÔNICA E PROJETO: CATÁLOGO DE ENCAIXES EM MADEIRA - MATERIOTECA. **Departamento de Arquitetura e Urbanismo**, [s. l.], 2020.

MOTA, Nicholas; VALLE, Raphael. Apostila de AutoCAD Módulo Básico. **Grupo PET – Civil da UFJF**, [s. l.], 2021.

**Visão geral de montagens.** [S. l.], 2025. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/PTB/?guid=ASM-ASSEMBLIES>. Acesso em: 11 ago. 2025.

**MÁQUINA de gravação e corte a laser CO2.** [S. l.], 2015. Disponível em: [https://www.avisobr.com/pdf/izis-laser-1410-1060.pdf?srsltid=AfmBOooJpi2Tt7vo\\_6ThOdtAO4m4gco3wU2Z-PI9UZJVF7Vii4QzT0pc](https://www.avisobr.com/pdf/izis-laser-1410-1060.pdf?srsltid=AfmBOooJpi2Tt7vo_6ThOdtAO4m4gco3wU2Z-PI9UZJVF7Vii4QzT0pc). Acesso em: 7 ago. 2025.



# CAPÍTULO 15

## ANÁLISE DA COMPENSAÇÃO REATIVA NA INTERLIGAÇÃO MANAUS-BOA VISTA UTILIZANDO O SOFTWARE ANAREDE

**GILMAR VIEIRA GARCIA** – gilmargarcia186@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**IGOR FERNANDES SILVA** – igorfernandescruz@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

**MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA** – marcelo.oliveira@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - IFG

**RESUMO:** Este artigo avalia o impacto da inserção de uma linha de transmissão de 500 kV e de diferentes estratégias de compensação reativa no desempenho de um sistema elétrico, considerando o efeito Ferranti e os limites de qualidade de tensão ( $\pm 5\%$ ). Utilizando o software ANAREDE, foram simulados oito cenários, incluindo o caso base e diferentes distribuições de bancos de reatores. As análises envolveram fluxo de potência, curvas PV, Margem de Estabilidade de Tensão (MET) e capacidade de aumento de carga. Os resultados indicaram que a nova interligação altera significativamente o perfil de tensões e a necessidade de compensação reativa. A distribuição equilibrada da compensação entre as barras 4 e 10 apresentou o melhor desempenho, proporcionando maior margem de estabilidade e maior capacidade de suporte de carga. Conclui-se que a avaliação periódica e o planejamento adequado da compensação reativa são essenciais para garantir a estabilidade e a qualidade de tensão em sistemas de transmissão de longa distância.

**PALAVRAS-CHAVES:** COMPENSAÇÃO REATIVA; ESTABILIDADE DE TENSÃO; EFEITO FERRANTI; FLUXO DE POTÊNCIA; ANAREDE.

### 1. INTRODUÇÃO

A operação estável de sistemas de transmissão de energia elétrica exige não apenas o suprimento de potência ativa, mas também o controle adequado da potência reativa, fundamental para manter os níveis de tensão e garantir o transporte eficiente de energia. Em linhas de transmissão de média e longa distância, os efeitos capacitivos e indutivos podem alterar o balanço reativo, provocando variações de tensão que comprometem a estabilidade e a qualidade da operação (ONS, 2025).

O déficit de potência reativa reduz os níveis de tensão e aumenta o risco de colapso do sistema, enquanto o excesso, comum em linhas longas com baixa demanda, pode provocar sobretensão, fenômeno conhecido como Efeito Ferranti. Nesse contexto, o uso de reatores e bancos de

capacitores, em coordenação com compensadores síncronos e estáticos, é fundamental para manter o perfil de tensão adequado (ONS, 2025). Estudos sobre estabilidade de tensão em sistemas de potência mostram que a análise dessas condições é essencial para identificar situações críticas de operação e apoiar o planejamento do sistema elétrico (MINGORANÇA et al., 2020).

A inserção de novas linhas de transmissão em malhas existentes pode alterar o balanço de potência reativa e redistribuir fluxos, modificando perfis de tensão, pontos críticos e a Margem de Estabilidade de Tensão (MET). Assim, torna-se necessário reavaliar o planejamento elétrico e as estratégias de compensação sempre que novas interligações forem implementadas.

Este trabalho avalia, no ANAREDE, o impacto de diferentes estratégias de compensação reativa, antes e após a inserção da nova linha de 500 kV, sobre o perfil de tensão, curvas PV/MET e a capacidade de carregamento do sistema que interliga Balbina, Lechuga, Silves, Estreito e Tucuruí.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A modelagem do sistema elétrico para estudos de fluxo de carga e estabilidade de tensão foi realizada no software ANAREDE, desenvolvido pelo CEPEL e amplamente utilizado no Brasil para análise de redes em regime permanente. Os dados de configuração do sistema, como conexões, comprimentos e níveis de tensão das linhas de transmissão, foram obtidos na plataforma SIN Maps do ONS.

Para a representação das linhas de transmissão foram adotados dois procedimentos principais. O primeiro foi a representação direta, utilizada quando havia disponibilidade completa dos parâmetros elétricos (resistência, reatância e susceptância), que foram inseridos diretamente no modelo. O segundo foi a representação estimada, aplicada quando esses dados não estavam disponíveis, sendo os parâmetros calculados a partir do comprimento da linha e de valores típicos por quilômetro.

No ANAREDE, as barras foram classificadas como PV (controle de tensão), PQ (barras de carga) e Slack (barra de referência), conforme sua função no sistema. Essa definição considerou dados do SIN Maps para identificação de pontos de geração e consumo, bem como a participação relativa das regiões na carga total.

Os valores de carga (MW e MVar) e geração (MW) foram estimados a partir de informações públicas do ONS sobre capacidade instalada e histórico de operação, além de proporções regionais de consumo e ajustes realizados no ANAREDE para garantir o balanço de potência ativa e reativa.

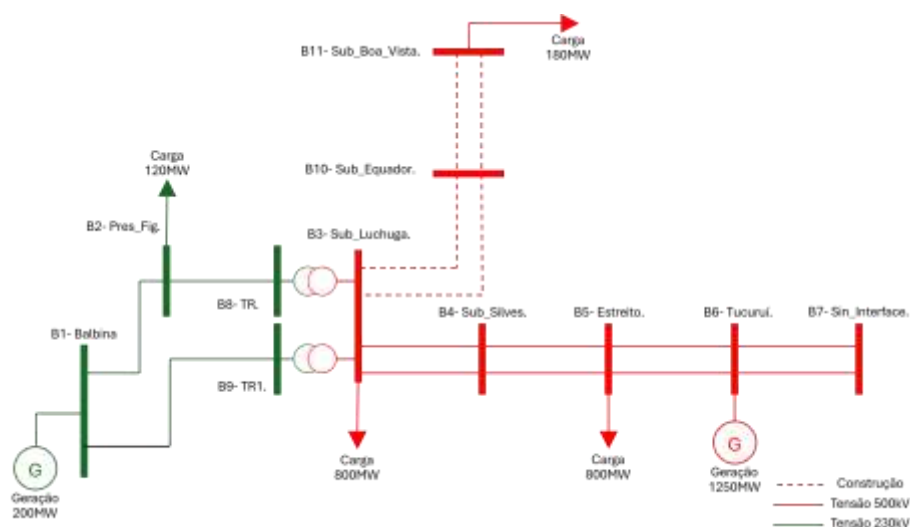
Para avaliar a influência da compensação reativa, foram incorporados elementos shunt nas barras do sistema, conforme estratégias recomendadas nos Procedimentos de Rede do ONS para suporte de tensão e mitigação de sobrecargas reativas. Essa modelagem permitiu analisar o efeito da compensação sobre o perfil de tensões e a MET.

## 3. SISTEMA ANALISADO

A Figura 1 apresenta o sistema analisado, o caso base desconsidera a linha de 500 kV – Luchuga – Boa Vista (tracejada) e o caso modificado considera a inserção desta linha. A energização da

nova interligação altera os fluxos de potência e redistribui os carregamentos, sendo essa comparação o ponto de partida para as análises subsequentes de compensação reativa.

FIGURA 1 – SISTEMA ANALISADO NO ANAREDE.



Fonte: Autor (2026).

O sistema modelado possui 11 barras, incluindo pontos de geração, carga e interligação. As principais fontes de geração estão nas barras 1 (Balbina), com 200 MW, e 6 (Tucuruí), com 1250 MW. As maiores cargas concentram-se nas barras 3 (Sub\_Luchuga), com 800 MW e 300 MVar, 5 (Estreito), com 450 MW e 150 MVar, e 11 (Sub\_Boa\_Vista), com 180 MW e 75 MVar, enquanto as demais barras representam pontos de interligação e transformação do sistema.

A Tabela 1 apresenta os dados das linhas de transmissão, incluindo identificação, barras de origem e destino, tensão nominal e parâmetros elétricos (R, X e susceptância shunt). Na nomenclatura das linhas, o formato “2X3\_4–500 kV” indica circuito duplo (“2X”), ligação entre as barras 3 e 4, e tensão nominal de 500 kV.

TABELA 1 - LINHAS DE TRANSMISSÃO.

Linha	KM	R (%)	X (%)	B sht (MVar)	R (Ω/KM)	X (Ω/KM)	B μ (S/KM)
1_2 -230KV	57.	0,590	4,10	15.	0,0548	0,3805	4,9746
2_3-230KV	98.	0,930	6,44	23.	0,0502	0,3476	4,4365
1_3-230KV	113.	1,610	10,91	40.	0,0753	0,5107	6,6915
2X3_4 -500KV	244.	0,170	2,38	177.	0,0174	0,2438	2,9016
2X4_5 - 500KV	335.	0,240	3,98	267.	0,0179	0,2597	3,1880
2X5_6 -500KV	244.	0,230	2,98	201.	0,0236	0,3053	3,2950
2X6_7 -500KV	380	0,230	3,39	187.	0,0151	0,2230	1,968
2X3_10 -500KV	400.	0,279	3,90	290.	0,0174	0,2238	2,9016
2X10_11 -500KV	315.	0,219	3,07	228.	0,0174	0,2438	2,9016

Fonte: Autor (2026).

Nos modelos, as barras 8 e 9 foram representadas apenas como pontos de elevação de tensão para alimentação da barra 3, sendo o trecho 2–8 incorporado à linha 2–3 no sistema equivalente. Em todos os cenários, os transformadores foram modelados com resistência de 0,01 pu e reatância de 0,10 pu, valores típicos adotados em estudos do ONS.

## 4. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no software ANAREDE, sendo a análise dividida em oito cenários com diferentes configurações de compensação reativa. Não foi considerado um caso base modificado sem compensação, pois o sistema não convergiu nessa condição devido à grande distância da cidade de Boa Vista em relação às principais fontes de geração e à baixa carga local. Essa característica, associada à presença de longas linhas de transmissão, intensificou o problema de sobretensão causado pelo efeito Ferranti, exigindo a instalação de bancos de reatores para permitir a convergência do fluxo de potência.

Os cenários de análise foram definidos de forma progressiva. Inicialmente analisou-se o caso base com sobretensões e, em seguida, aplicou-se compensação na barra 4 para normalizar o perfil de tensão. Com a energização da nova linha de transmissão, manteve-se a compensação existente e adicionou-se o montante necessário para garantir a operação do sistema. A partir desse ajuste, foi definido um valor total de compensação reativa (MVar), mantido constante nas simulações seguintes.

Nos cenários subsequentes, esse valor total foi redistribuído entre diferentes barras para avaliar o desempenho do sistema, considerando estratégias como concentração em uma única barra, distribuição entre as barras 4 e 10, inclusão da barra 3 (maior conectividade) e alocação próxima às cargas.

Em cada cenário foram realizadas simulações de fluxo de potência, traçado das curvas PV e cálculo da MET, permitindo analisar o impacto da localização da compensação no perfil de tensão, na estabilidade do sistema e na capacidade de aumento de carga.

## 5. ESTUDO DE CASO

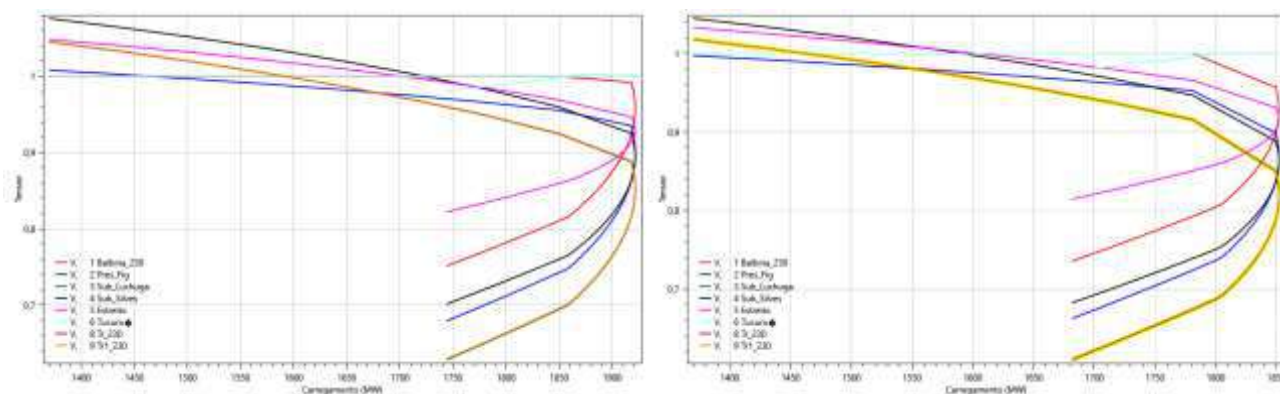
### 5.1 CENÁRIO 1 - CASO BASE.

O sistema apresenta carregamento de 1370 MW. Após o fluxo de potência, a barra PQ com maior tensão foi a barra 4 (1,07 pu), seguida das barras 5 e 3 (1,048 pu e 1,045 pu). A Figura 2(A) apresenta as curvas PV obtidas por meio do Fluxo de Potência Continuado no ANAREDE. A partir dessas curvas, obteve-se um carregamento máximo de 1921,61 MW, resultando em uma MET de 551,61 MW (40,26%). A barra crítica identificada foi a barra 3, por apresentar maior sensibilidade ao aumento de carga.

### 5.2 CENÁRIO 2 – CASO BASE COM COMPENSAÇÃO.

Devido à maior elevação de tensão na barra 4, a compensação reativa foi alocada nesse ponto. Após simulações, determinou-se o valor de -100 MVar como compensação ótima. Com essa configuração, todas as barras passaram a operar dentro da faixa de  $\pm 5\%$ , com tensão mínima de 0,997 pu na barra 2 e máxima de 1,045 pu na barra 4. A Figura 2(B) apresenta as curvas PV obtidas após o Fluxo de Potência Continuado no ANAREDE. O carregamento máximo foi de 1852,12 MW, resultando em uma MET de 482,12 MW (35,19%). A barra crítica permaneceu sendo a barra 3. Observou-se que, embora o perfil de tensão tenha sido corrigido, a MET foi reduzida devido ao consumo de potência reativa do reator shunt.

FIGURA 2 - CURVAS PV PARA ANÁLISE DA MET: (A) CENÁRIO 1; (B) CENÁRIO 2.



Fonte: Autor (2026).

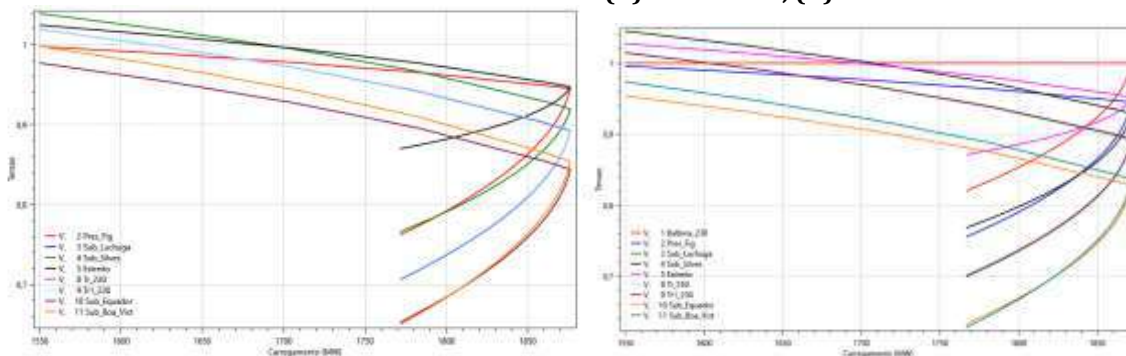
### 5.3 CENÁRIO 3 – CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO ANTERIOR + COMPENSAÇÃO DA LINHA NOVA.

A inserção da nova linha de transmissão para Boa Vista provocou elevação de tensão devido ao efeito Ferranti. Para manter as tensões na faixa operacional, foi necessária uma compensação de  $-975$  MVar em reatores, distribuídos entre as barras 4 e 10, com maior parcela nesta última por estar no centro da região de carga. Com essa configuração, as tensões permaneceram dentro do limite de  $\pm 5\%$ , variando entre  $0,977$  pu e  $1,039$  pu. A Figura 3(A) apresenta as curvas PV obtidas pelo Fluxo de Potência Continuado. O carregamento máximo atingiu  $1875,74$  MW, resultando em uma MET de  $325,74$  MW ( $21,02\%$ ), com a barra 10 como barra crítica. O aumento de carga na barra 11 (Boa Vista) foi de  $370,68$  MW, cerca de  $106\%$  acima da carga inicial.

### 5.4 CENÁRIO 4 - CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO APENAS NA LINHA NOVA.

Nesse cenário, a compensação reativa foi concentrada na barra 10 ( $100\%$ ). Após o fluxo de potência, todas as barras operaram dentro da faixa de  $\pm 5\%$ , com tensão mínima de  $0,954$  pu na barra 10 e máxima de  $1,045$  pu na barra 4. A Figura 3(B) apresenta as curvas PV dessa configuração. O carregamento máximo foi de  $1870,89$  MW, resultando em uma MET de  $320,89$  MW ( $20,70\%$ ). O aumento de carga suportado na barra 11 (Boa Vista) foi de  $366,75$  MW, cerca de  $104\%$  acima da carga inicial. Os resultados indicam que a concentração da compensação em um único ponto não maximiza a estabilidade de tensão.

FIGURA 3 - CURVAS PV PARA ANÁLISE DA MET: (A) CENÁRIO 3; (B) CENÁRIO 4.



Fonte: Autor (2026).

### 5.5 CENÁRIO 5 - CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO APENAS NA LINHA EM OPERAÇÃO.

A linha em operação escolhida foi a da barra 4, por apresentar o pior perfil de tensão. Contudo, as tensões ainda ultrapassam os limites; em particular, a barra 10 atinge 1,355 pu ( $> 1,05$  pu). Portanto, o cenário com compensação apenas na barra 4 é inviável e requer compensação adicional na barra 10 para atender à faixa de qualidade.

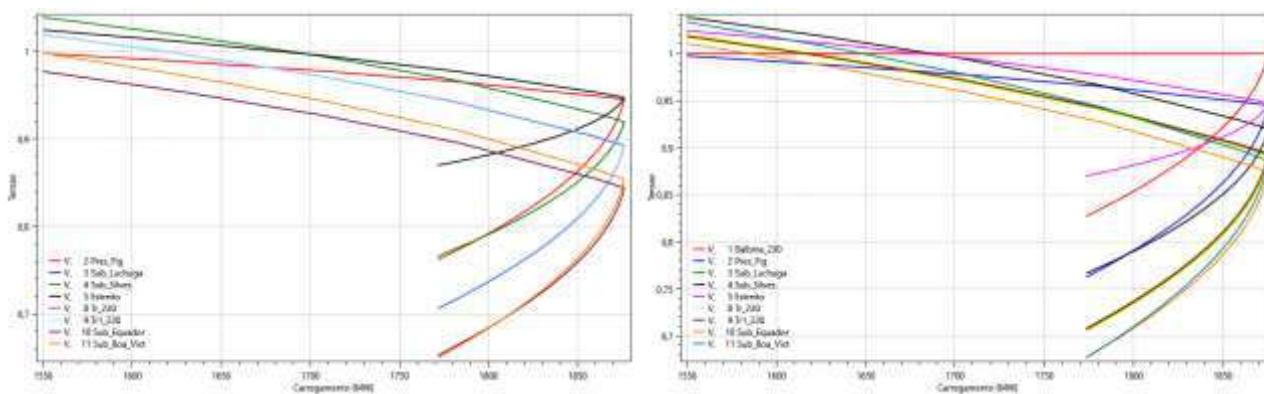
### 5.6 CENÁRIO 6 – CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO NAS LINHAS NOVAS E EXISTENTE.

A compensação foi distribuída entre as barras 4 e 10, sendo 28% na barra 4 e 72% na barra 10. A Figura 4(A) apresenta as curvas PV obtidas para essa configuração. O carregamento máximo do sistema foi de 1892,69 MW, resultando em uma Margem de Estabilidade de Tensão (MET) de 342,69 MW (22,06%), valor semelhante ao obtido no caso 3. O aumento de carga suportado na barra 11 foi de 382,64 MW, representando um acréscimo de aproximadamente 112% em relação à carga inicial. Observou-se também um perfil de tensão mais elevado, com todas as barras operando acima de 1,0 pu e dentro da faixa permitida.

### 5.7 CENÁRIO 7 – CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO NAS BARRAS LOCALIZADAS NO CENTRO DAS CARGAS E COM MAIOR NÚMERO DE LIGAÇÕES.

Nesse cenário, parte da compensação foi realocada da barra 4 para a barra 3, ponto de divisão do sistema, resultando em 18% na barra 3, 10% na barra 4 e 72% na barra 10. A Figura 4(B) apresenta a curva PV dessa configuração. O carregamento máximo foi de 1875,03 MW, com Margem de Estabilidade de Tensão (MET) de 325,03 MW (20,97%), inferior ao cenário anterior. O aumento de carga na barra 11 atingiu 372,51 MW, cerca de 106% acima da carga inicial. Observou-se tensão mínima de 0,997 pu na barra 2 e máxima de 1,035 pu na barra 4, comportamento semelhante ao Caso 2.

FIGURA 4 - CURVAS PV PARA ANÁLISE DA MET: (A) CENÁRIO 6; (B) CENÁRIO 7.



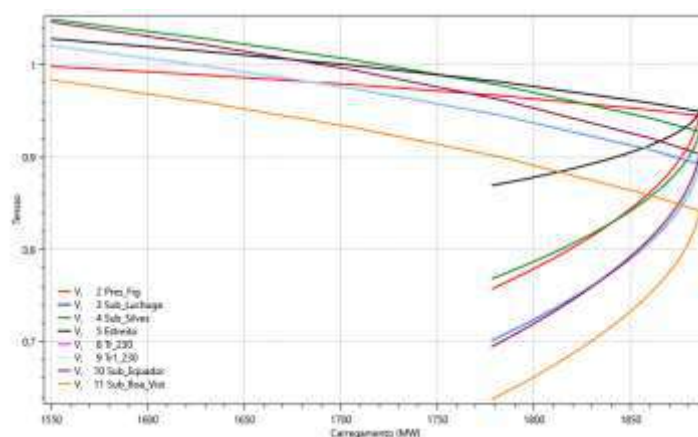
Fonte: Autor (2026).



### 5.8 CENÁRIO 8 - CASO BASE MODIFICADO COM COMPENSAÇÃO NAS BARRAS PRÓXIMAS ÀS CARGAS.

O último cenário considerou a compensação próxima às cargas, distribuída em 1,5% na barra 3, 42% na barra 6 e 56,5% na barra 11. A Figura 5 apresenta a curva PV dessa configuração. O carregamento máximo foi de 1885,90 MW, resultando em Margem de Estabilidade de Tensão (MET) de 335,90 MW (21,61%), superior aos cenários anteriores. O aumento de carga na barra 11 atingiu 379,12 MW, cerca de 106% acima da carga inicial. A barra mais sensível foi a barra 11, com 0,984 pu, enquanto as barras 4 e 10 registraram 1,049 pu e 1,047 pu, próximas ao limite superior de tensão.

FIGURA 5 - CURVAS PV PARA ANÁLISE DA MET: CENÁRIO 8.



Fonte: Autor (2026).

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises indicam que, no caso base, o sistema opera de forma estável, porém requer compensação reativa para normalização das tensões, principalmente devido ao efeito Ferranti. A inserção da nova linha de transmissão altera o comportamento elétrico do sistema e modifica as necessidades de compensação. Observou-se que as barras 4 e 10 são os pontos mais adequados para alocação da compensação reativa, apresentando melhores valores de Margem de Estabilidade de Tensão (MET) e maior capacidade de aumento de carga quando a distribuição é equilibrada.

O cenário 8 também apresentou bons resultados, porém com tensões nas barras 4 e 10 próximas ao limite superior da faixa de qualidade. Assim, o cenário 6 mostrou-se o mais adequado para aplicação prática, por conciliar estabilidade de tensão, segurança operacional e margem de estabilidade satisfatória. A Tabela 2 apresenta a comparação entre os cenários analisados.

TABELA 2 - ANÁLISE DOS CASOS.

Cenário	Barras Comp.	Comp. (%)	Comp. (MVar)	MET (%)	B11 Aumento Carga (%)	Barra Crítica	Observações de Tensão
1	-	-	-	40,26	-	3	B4 1,07 pu mais alta, B3 e B5 acima de 1,045 pu
2	4	100	-100	35,19	-	3	Perfil corrigido, B2 0,997 pu, mais alta B4 1,045 pu
3	4 10	11 89	-100 -875	21,04	105	10	Tensão elevada pela nova linha; B10 0,977 pu, mais alta B4 1,039
4	10	100	-975	20,69	104	10	Menor eficiência; B10 0,954 pu, mais alta B4 1,045
5	4	100	-975	-	-	-	Necessário compensação na B10 1,355 pu
6	4 10	28 72	-275 -700	22,06	112,5	10	Todas as barras > 1,00 pu, e <1,05 pu
7	3 4 10	18 10 72	-175 -100 -700	20,97	106	10	B2 caiu para 0,997 pu, mais alta B4 1,038 pu
8	3 6 11	1,5 42 56.5	-15 -410 -550	21,61	106	11	B11 passou a ser crítica; B11 0,984 pu, Mais alta B4 1,049 pu

Fonte: Autor (2026).

## 7. CONCLUSÃO

A inserção de novos elementos no sistema elétrico, como a linha de transmissão estudada, pode alterar o perfil de tensões e a estabilidade do sistema. Portanto, torna-se necessário reavaliar o sistema sempre que houver modificações na malha de transmissão, a fim de identificar ajustes e evitar problemas operacionais. Nesse contexto, a busca por estratégias eficientes de compensação reativa é fundamental para manter a qualidade de tensão dentro dos limites estabelecidos, garantindo segurança, confiabilidade e bom desempenho da rede.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual do Usuário – ANAREDE: Programa para Análise de Redes Elétricas em Regime Permanente. Rio de Janeiro: CEPEL, última versão.

MINGORANÇA, J. S.; MELO, I. D.; ANTUNES, M. P.; OLIVEIRA, B. C. Avaliação da estabilidade de tensão em sistemas de potência através de análise modal e estimação de estados. In: Congresso Brasileiro de Automática (CBA), 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. SIN Maps – Sistema Interativo de Consulta da Malha de Transmissão do SIN. Disponível em: <https://www.ons.org.br>. Acesso em: ago. 2025.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Procedimentos de Rede – Módulo 2: Planejamento da Operação Elétrica. Brasília: ONS, 2023.

# CAPÍTULO 16

## **AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTÁTICA E DINÂMICA DO SISTEMA IEEE 14 BARRAS COM A INTEGRAÇÃO DE UM GERADOR EÓLICO DO TIPO GSE**

**IGOR FERNANDES SILVA** - igorfernandescruz@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS Campus Itumbiara – IFG

**ERYC DIAS MEDEIROS SILVA** - erycerycdiasdias@gmail.com  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS Campus Itumbiara – IFG

**MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA** - marcelo.oliveira@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS Campus Itumbiara – IFG

**RESUMO:** Este artigo apresenta uma análise diversificada da estabilidade estática e dinâmica do sistema teste IEEE 14 barras frente à integração de um gerador eólico moderno do tipo GSE (Gerador Síncrono com Elo CC), modelado em detalhe através de Controladores Definidos pelo Utilizador (CDU). Utilizando os programas ANAREDE e ANATEM, a metodologia aborda três aspectos distintos da estabilidade. Primeiramente, uma análise de estabilidade de tensão via fluxo de potência continuado é realizada para diagnosticar as vulnerabilidades do sistema. Os resultados indicam que a inserção do gerador eólico de 15 MW na barra mais fraca do sistema elevou a margem de estabilidade de tensão de 71,8% para 84,5%, aumentando significativamente a robustez estática da rede. Em segundo lugar, uma análise de estabilidade transitória é conduzida através da simulação de um curto-circuito trifásico severo. A comparação entre o cenário base e o cenário com o gerador eólico demonstra que a capacidade de controle rápido do inversor melhora significativamente a recuperação da tensão e o amortecimento das oscilações angulares, graças à injeção imediata de potência reativa durante a falta. Por fim, como contraponto, é analisada a estabilidade de frequência durante um evento de rampa de descida da geração eólica. A simulação revela o desafio imposto pela baixa inércia da fonte, resultando numa queda de frequência significativa para um valor mínimo de 59,63 Hz. Conclui-se que, embora a geração eólica moderna ofereça benefícios substanciais para a estabilidade de tensão e transitória, a sua natureza intermitente exige uma abordagem cuidadosa para garantir a estabilidade de frequência em sistemas com alta penetração de fontes renováveis.

**PALAVRAS-CHAVES:** ESTABILIDADE DE SISTEMAS ELÉTRICOS; GERAÇÃO EÓLICA; SISTEMA IEEE 14-BARRAS; ANATEM; MODELOS CDU.

### **1. INTRODUÇÃO**

A estabilidade de um sistema elétrico de potência, definida como a sua capacidade de manter um estado de equilíbrio após uma perturbação, é um pré-requisito para o fornecimento de

energia de forma segura e confiável. As análises de estabilidade são tradicionalmente divididas em três áreas principais: estabilidade de tensão, estabilidade angular e estabilidade de frequência, cada uma abordando fenômenos distintos que podem levar o sistema a um estado de operação inaceitável ou a um colapso.

A transição para uma matriz energética com alta penetração de fontes renováveis está a transformar profundamente as características dinâmicas das redes elétricas. A substituição de geradores síncronos convencionais por recursos baseados em inversores (Inverter-Based Resources - IBRs), como a geração eólica e solar, resulta numa redução significativa da inércia rotacional total do sistema. Esta redução de inércia torna o sistema mais vulnerável a perturbações, levando a variações de frequência mais rápidas e severas, o que representa um desafio crítico para a estabilidade de frequência.

Em contrapartida, a eletrônica de potência que interfaceia estes novos geradores oferece capacidade de controle rápido e flexíveis, que são inexistentes nas máquinas convencionais. Em particular, os aerogeradores modernos do Tipo 4 (GSE - Gerador Síncrono com Elo CC), que utilizam um conversor de potência total, podem ser programados para fornecer serviços auxiliares avançados. Estes serviços incluem o suporte dinâmico de tensão através da injeção rápida de corrente reativa durante afundamentos de tensão, um comportamento análogo ao de um STATCOM, que pode melhorar significativamente a estabilidade transitória do sistema.

Esta dualidade — um desafio para a frequência, uma oportunidade para a tensão — é o foco central deste trabalho. Para investigar estes fenômenos, este artigo apresenta uma análise abrangente do impacto da inserção de um gerador eólico do tipo GSE no sistema teste IEEE 14 barras, uma referência amplamente utilizada para estudos de estabilidade.

## 2. DESENVOLVIMENTO

As simulações são conduzidas utilizando a suíte de programas do CEPTEL (ANAREDE e ANATEM), com a particularidade de empregar modelos detalhados de controladores definidos pelo utilizador (CDU) para representar com alta fidelidade a complexa dinâmica aerodinâmica e elétrica do aerogerador.

### 2.1 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

O programa ANAREDE é uma ferramenta consolidada para a análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente. Neste estudo, o ANAREDE foi fundamental para a primeira etapa da metodologia: a análise de estabilidade de tensão. Através da sua funcionalidade de fluxo de potência continuado, foi possível determinar o ponto de máximo carregamento do sistema e gerar as curvas P-V, permitindo a identificação das barras mais vulneráveis.

Já o programa ANATEM é destinado à análise dinâmica de sistemas elétricos de potência, permitindo a simulação de fenômenos transitórios no domínio do tempo. A sua principal vantagem reside na flexibilidade da modelagem através de Controladores Definidos pelo Utilizador (CDU). Esta funcionalidade foi essencial para este trabalho, onde foram desenvolvidos

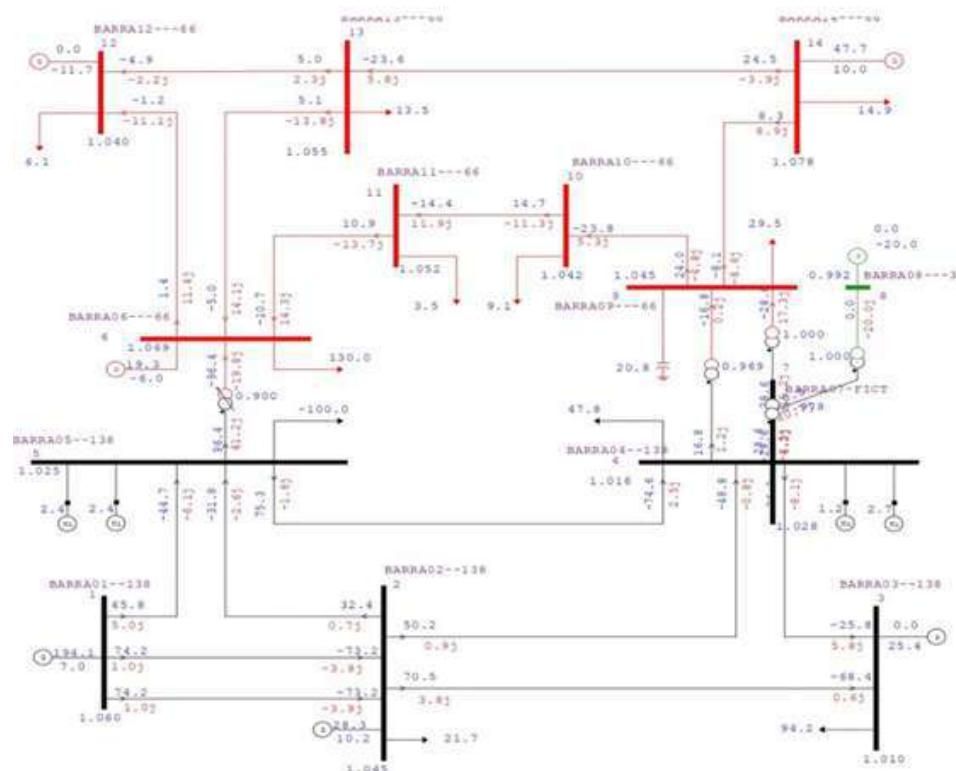


e implementados os modelos dinâmicos detalhados do gerador eólico do tipo GSE, abrangendo a sua turbina, os controles elétricos do conversor e a sua lógica de proteção.

## 2.2 SIMULAÇÃO E CENÁRIOS

Para avaliar o impacto da geração eólica na estabilidade do sistema, foi utilizada uma metodologia de análise comparativa tendo como base o sistema teste IEEE 14 barras estruturado conforme a figura 1. Com a sua topologia, composta por 14 barras, 5 geradores síncronos e 11 cargas (totalizando 259 MW e 73,5 Mvar), é apresentada abaixo.

FIGURA 1 - DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA IEEE 14 BARRAS.



Fonte: Autoria Própria.

Dois cenários principais foram construídos:

1. Cenário Base: O sistema IEEE 14 barras na sua configuração original, com toda a geração proveniente das cinco máquinas síncronas convencionais.
2. Cenário Eólico: O sistema modificado com a adição de um parque eólico de 15 MW, conectado à Barra 14. Esta barra foi selecionada como ponto de conexão por ter sido identificada, na análise estática preliminar, como a mais vulnerável do sistema a problemas de estabilidade de tensão.

A representação do parque eólico foi realizada através de um modelo detalhado de um aerogerador do tipo GSE (Full-Converter), implementado via CDU no ANATEM. A arquitetura de controle inclui o modelo da turbina e controle de passo, o modelo do conversor do lado da máquina (responsável pelo travão reostático e FRT) e o modelo do conversor do lado da rede, que gere a injeção de potência ativa e reativa.

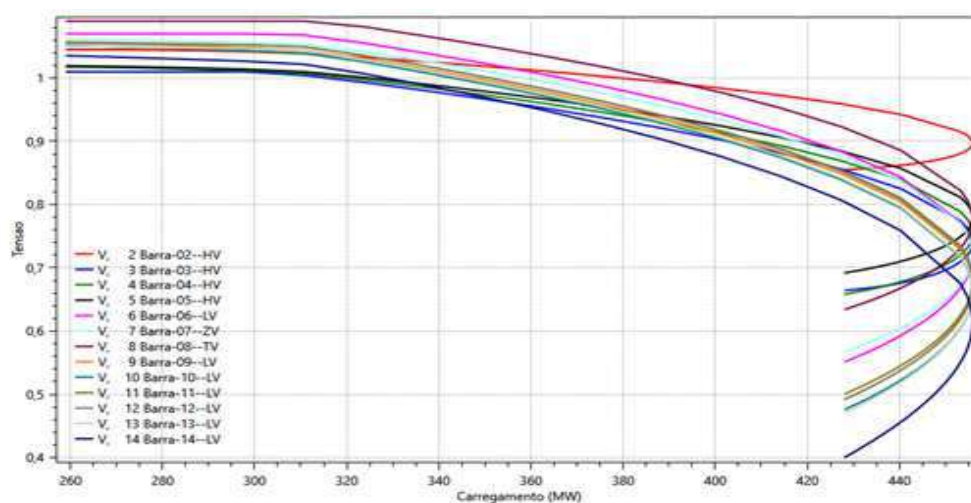
### 3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados obtidos nas simulações estáticas e dinâmicas, contrastando o desempenho do sistema base com o do sistema modificado.

#### 3.1 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TENSÃO (ESTÁTICA)

O estudo de estabilidade de tensão foi realizado para determinar a robustez do sistema em regime permanente. As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas P-V para o Cenário Base e o Cenário Eólico, ilustrando o perfil de tensão em função do carregamento.

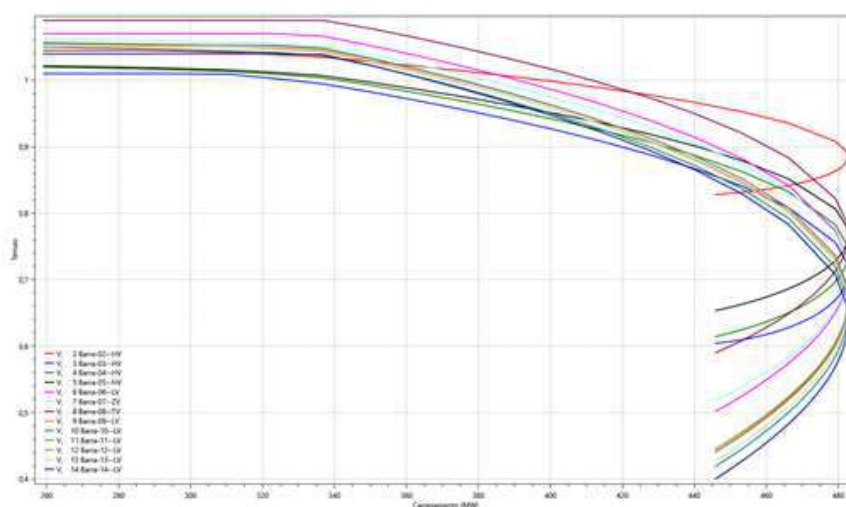
FIGURA 2 - CURVAS P-V PARA O CENÁRIO BASE.



Fonte: Autoria Própria.

A análise do Cenário Base (Figura 2) revela que o ponto de máximo carregamento ocorre em aproximadamente 445 MW. A Barra 14 demonstra ser a mais vulnerável, com uma margem de estabilidade de tensão de 71,8%.

FIGURA 3 - CURVAS P-V PARA O CENÁRIO EÓLICO (GSE NA BARRA 14).



Fonte: Autoria Própria.

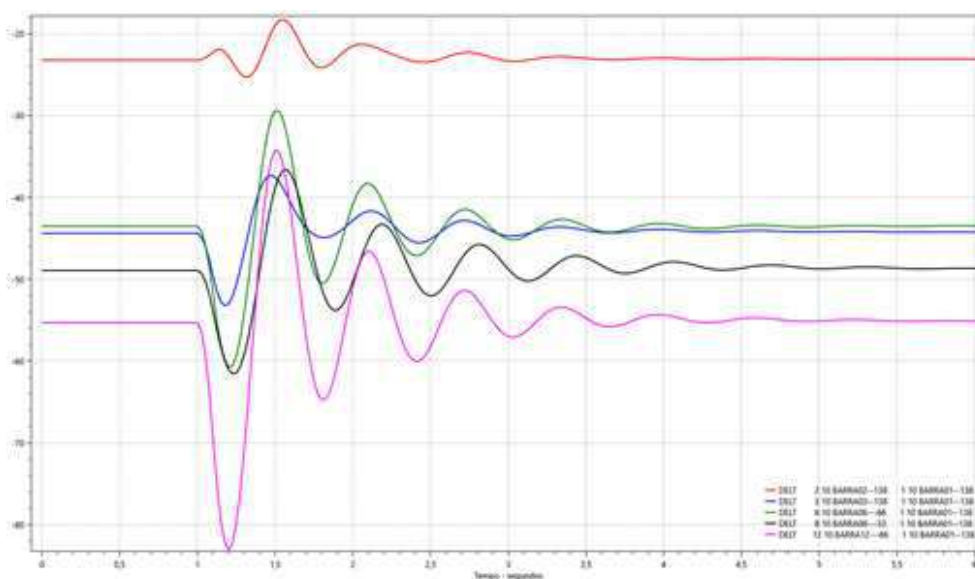


Com a inserção do gerador eólico na Barra 14 (Figura 3), o ponto de máximo carregamento é estendido para 478 MW. Conseqüentemente, a margem de estabilidade aumenta para 84,5%. Este resultado demonstra a eficácia da geração distribuída como uma fonte de suporte de potência reativa.

### 3.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA

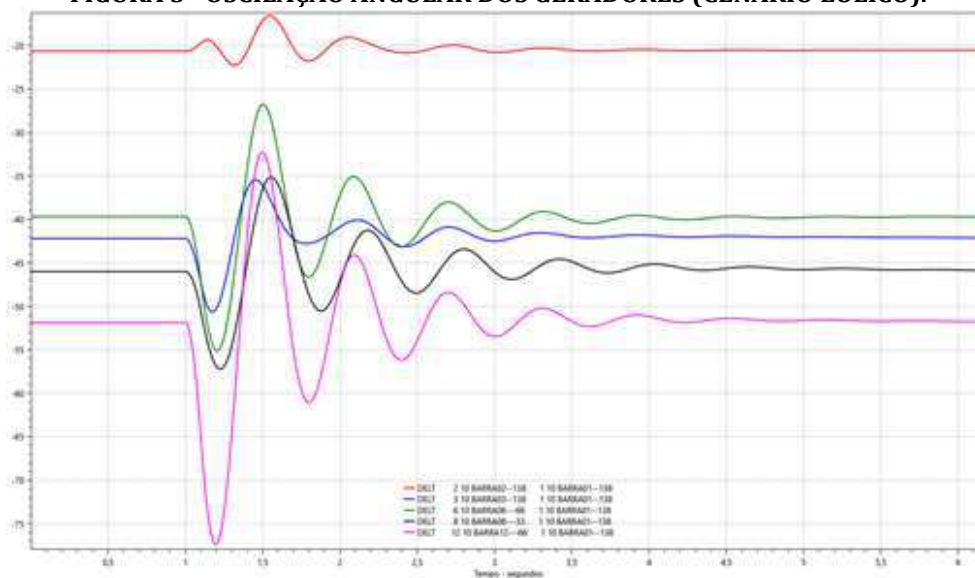
Para a análise dinâmica, um curto-circuito trifásico na Barra 9 foi simulado em ambos os cenários (duração de 100ms). As Figuras 4 e 5 apresentam as oscilações angulares dos geradores.

**FIGURA 4 - OSCILAÇÃO ANGULAR DOS GERADORES (CENÁRIO BASE).**



Fonte: Autoria Própria.

**FIGURA 5 - OSCILAÇÃO ANGULAR DOS GERADORES (CENÁRIO EÓLICO).**



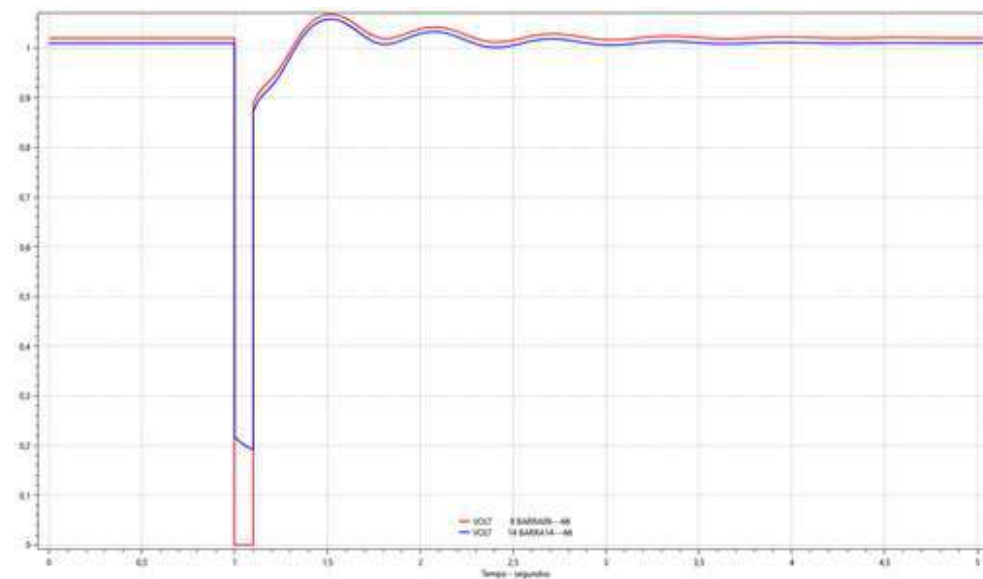
Fonte: Autoria Própria.



No Cenário Base, as oscilações são pronunciadas e pouco amortecidas, atingindo um ponto mínimo crítico. No Cenário Eólico, as oscilações são visivelmente menores em amplitude e o amortecimento é mais eficaz, demonstrando uma melhoria na estabilidade angular.

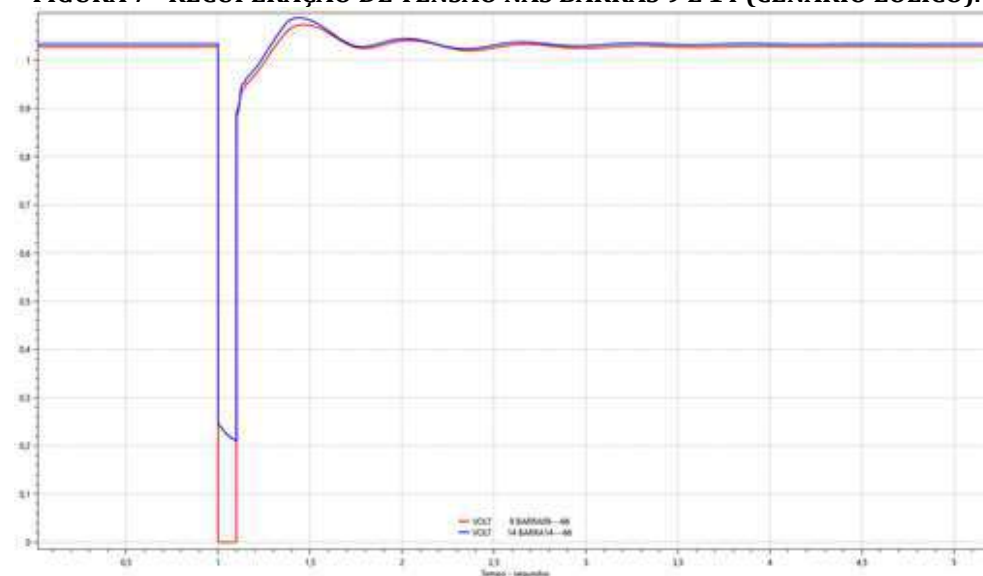
As Figuras 6 e 7 focam na recuperação de tensão. No Cenário Eólico, a recuperação é quase imediata e robusta, atingindo um sobrevalor de 1,1 p.u., evidenciando o suporte ativo fornecido pelo gerador eólico.

**FIGURA 6 - RECUPERAÇÃO DE TENSÃO NAS BARRAS 9 E 14 (CENÁRIO BASE).**



Fonte: Autoria Própria.

**FIGURA 7 - RECUPERAÇÃO DE TENSÃO NAS BARRAS 9 E 14 (CENÁRIO EÓLICO).**

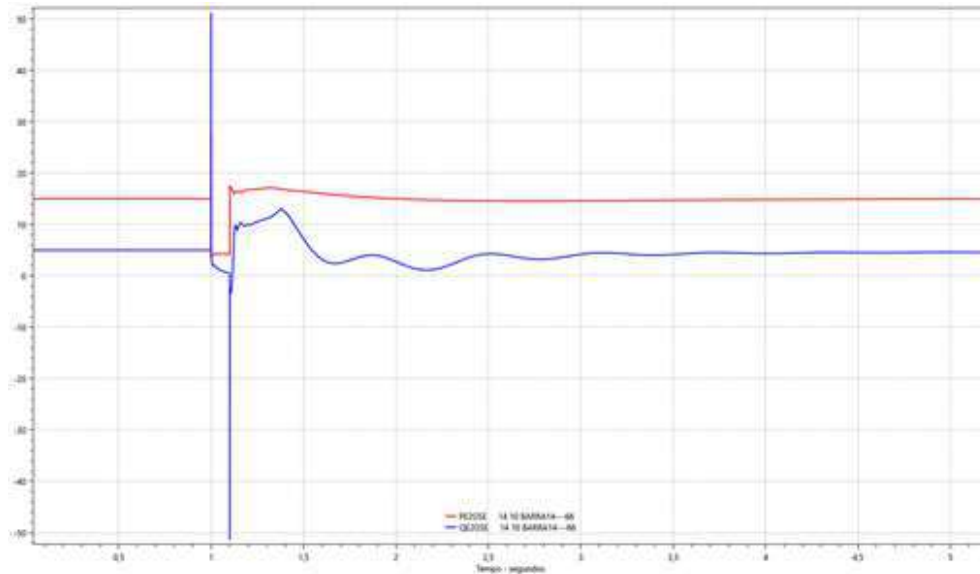


Fonte: Autoria Própria.

A causa deste desempenho superior é explicada na Figura 8. No instante da falta, o controle do inversor prioriza a injeção de corrente reativa intensa (curva azul), atuando como um STATCOM.



**FIGURA 8 - POTÊNCIA ATIVA (VERMELHO) E REATIVA (AZUL) INJETADA PELO GSE.**

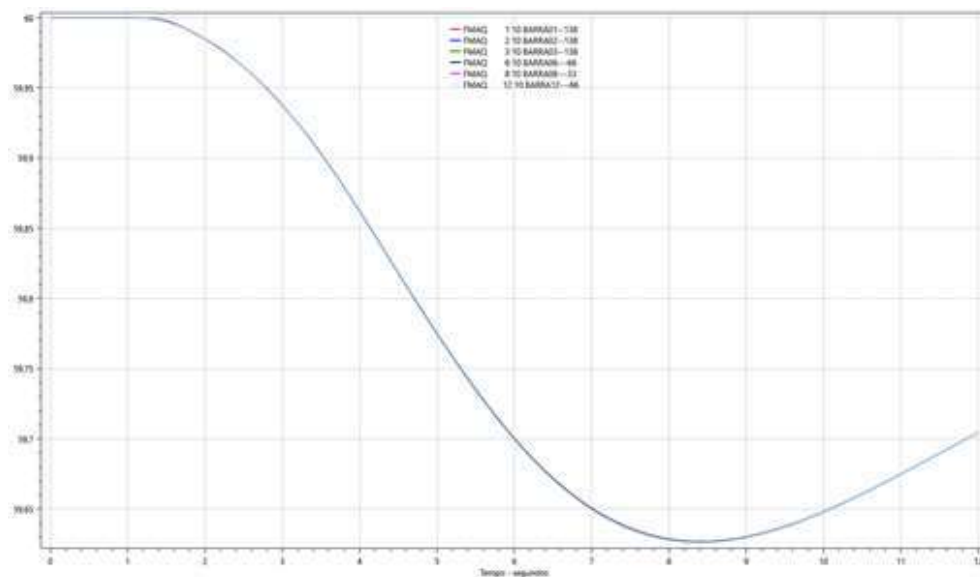


Fonte: Autoria Própria.

### 3.3 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE FREQUÊNCIA

O último teste avaliou o impacto da intermitência, simulando uma rampa de descida na velocidade do vento (perda de 8,8 MW) resultando em uma perturbação na frequência do sistema como visto na figura 9.

**FIGURA 9 - RESPOSTA DA FREQUÊNCIA DO SISTEMA À RAMPA DE DESCIDA.**



Fonte: Autoria Própria.

A simulação demonstrou o desafio imposto pela baixa inércia. A perda de geração resultou numa queda de frequência significativa para um valor mínimo de 59,63 Hz, cuja recuperação dependeu inteiramente das máquinas síncronas remanescentes.

## 4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma análise abrangente do impacto da integração de um gerador eólico moderno do tipo GSE no sistema teste IEEE 14 barras. As simulações comprovaram que a instalação do gerador eólico numa área eletricamente fraca é uma estratégia altamente eficaz para melhorar a robustez da rede, aumentando a margem de estabilidade estática em mais de 12 pontos percentuais. Na análise transitória, o gerador eólico demonstrou uma capacidade de Fault Ride-Through exemplar, melhorando a recuperação de tensão e o amortecimento das oscilações.

Em contrapartida, a simulação de variação de vento expôs o desafio da baixa inércia, onde a perda rápida de geração induziu uma variação de frequência considerável. Conclui-se, portanto, que a integração de geradores eólicos modernos é benéfica, mas requer uma abordagem integrada que considere também soluções para garantir a estabilidade de frequência, como controle de inércia sintética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANQUIL, F. A.; KAMARUDIN, M. N.; RAHIM, S. R. A.; SHAFIE, S. Voltage stability analysis of grid-connected wind farms with FACTS devices. In: 2019 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), 2019, pp. 268-272.

KOTLER, P. **Administração de marketing: a edição do novo milênio**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL). **ANAREDE - Análise de Redes - Manual do Usuário**. Rio de Janeiro, Brasil, 2023.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL). **ANATEM - Análise de Transitórios Eletromecânicos - Manual do Usuário**. Rio de Janeiro, Brasil, 2023.

KUNDUR, P.; PASERBA, J.; AJJARAPU, V.; ANDERSSON, G.; BOSE, A. et al. Definition and classification of power system stability IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions. **IEEE Transactions on Power Systems**, vol. 19, no. 3, pp. 1387-1401, Aug. 2004.

MULLER, S.; DEICKE, M.; DE DONCKER, R. W. Doubly fed induction generator systems for wind turbines. **IEEE Industry Applications Magazine**, vol. 8, no. 3, pp. 26-33, May/June 2002.

POOLLA, B.; BASAK, A.; SEN, D.; NIJHAWAN, S. High-penetration of renewable energy sources: Challenges in power system stability. In: **2017 North American Power Symposium (NAPS)**, 2017, pp. 1-6.

ULLAH, N. R.; THIRINGER, T.; KARLSSON, D. Temporary primary frequency control support by variable-speed wind turbines— potential and applications. **IEEE Transactions on Power Systems**, vol. 23, no. 2, pp. 601–612, May 2008.

UNIVERSITY OF WASHINGTON. **Power Systems Test Case Archive**. Disponível em: <http://www.ee.washington.edu/research/pstca/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

# CAPÍTULO 17

## FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PARA RECONHECIMENTO DE ONDAS DE ELETROCARDIOGRAMA

EMILE SILVA SANTANA – emile.santana@academico.ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG

MIGUEL ALEXANDRE BARBOSA COSTA - Leug1m\_@hotmail.com  
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – ITPAC

MARCELO ESCOBAR DE OLIVEIRA – marcelo.oliveira@ifg.edu.br  
INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - IFG

**RESUMO:** Na contemporaneidade, estudos indicam alta taxa de mortalidade por doenças cardiovasculares. Nesse sentido, o Eletrocardiograma (ECG) é uma alternativa para o diagnóstico precoce dessas complicações. No entanto, alunos da área de saúde têm apresentado dificuldades na interpretação do ECG. Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta computacional com abordagem gamificada voltada ao ensino-aprendizagem da interpretação básica do ECG. A proposta consiste na criação de um protótipo de jogo educativo que auxilia no reconhecimento das principais curvas do exame, estimulando o aprendizado por meio de interação visual e desafios progressivos. A ferramenta busca atuar como recurso complementar às metodologias tradicionais de ensino, tornando o processo de aprendizagem mais acessível e intuitivo. O protótipo ainda não foi validado experimentalmente, estando em fase de aprimoramento de interface, mecânicas de jogo e funcionalidades pedagógicas.

**PALAVRAS-CHAVES:** ELETROCARDIOGRAMA; ENGENHARIA E SAÚDE; JOGO EDUCACIONAL.

### 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a Organização Mundial da Saúde (OMS) indica que cerca de 17,9 milhões de óbitos ocorrem por ano devido a complicações cardiovasculares, assim o Eletrocardiograma (ECG) é uma alternativa para o diagnóstico precoce de tais complicações, ele é utilizado vastamente, dado que é um exame de baixo custo, não invasivo, disponível em larga escala, de rápida e fácil execução (Reis et. al, 2013), (Peluso, 2025), (OMS, 2025). Nesse contexto, existem desafios na compreensão do ECG por profissionais da saúde. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo educacional interativo para o ensino de ECG, elaborado em linguagem Python com interface gráfica. O software permite a visualização de traçados simulados de ECG e a identificação manual das ondas P, QRS e T, estimulando o aprendizado

ativo dos estudantes. Cada acerto é recompensado com pontuação positiva e cada erro reduz a pontuação, configurando uma abordagem lúdica. O sistema foi projetado com o intuito de auxiliar alunos de cursos da área da saúde e engenharia biomédica/elétrica na compreensão dos principais componentes do ECG, oferecendo um ambiente de prática sem riscos clínicos e com feedback imediato. Espera-se que sua implementação futura contribua para tornar o aprendizado mais dinâmico, acessível e motivador, promovendo o engajamento dos estudantes no estudo da interpretação de ECG.

Outro aspecto relevante refere-se ao caráter interdisciplinar da proposta, que integra conhecimentos das áreas de saúde, computação e engenharia. O desenvolvimento do software em Python demonstra o potencial de ferramentas de programação no apoio ao ensino de conteúdos biomédicos, ao mesmo tempo em que estimula habilidades tecnológicas nos estudantes. Assim, o jogo educacional proposta busca não apenas facilitar a compreensão dos elementos do ECG, mas também incentivar abordagens inovadoras no processo de ensino-aprendizagem.

## 2. ANATOMIA, FISIOLOGIA E FUNCIONAMENTO ELÉTRICO CARDÍACO

O coração é um órgão do sistema cardiovascular que possui como sua principal função bombear sangue para o restante do corpo. Ele é formado por 4 câmaras, sendo eles dois átrios e dois ventrículos, que contraem para a movimentação do sangue (Orellana et. al, 2023).

Fisiologicamente o sangue tem um “caminho” específico para percorrer, ele chega pobre em oxigênio no coração pelas veias cavas superiores e inferiores e eles são armazenados no Átrio Direito, que é a primeira câmara do coração, após isso a Válvula Tricúspide que permanece abaixo dele se abre ao mesmo tempo que ele contrai, empurrando o sangue para a segunda câmara com o nome de Ventrículo Direito. Com o ventrículo se enchendo ele se contrai e desloca o sangue pela artéria pulmonar, direcionando esse sangue para o pulmão, oxigenando o mesmo (Orellana et. al, 2023).

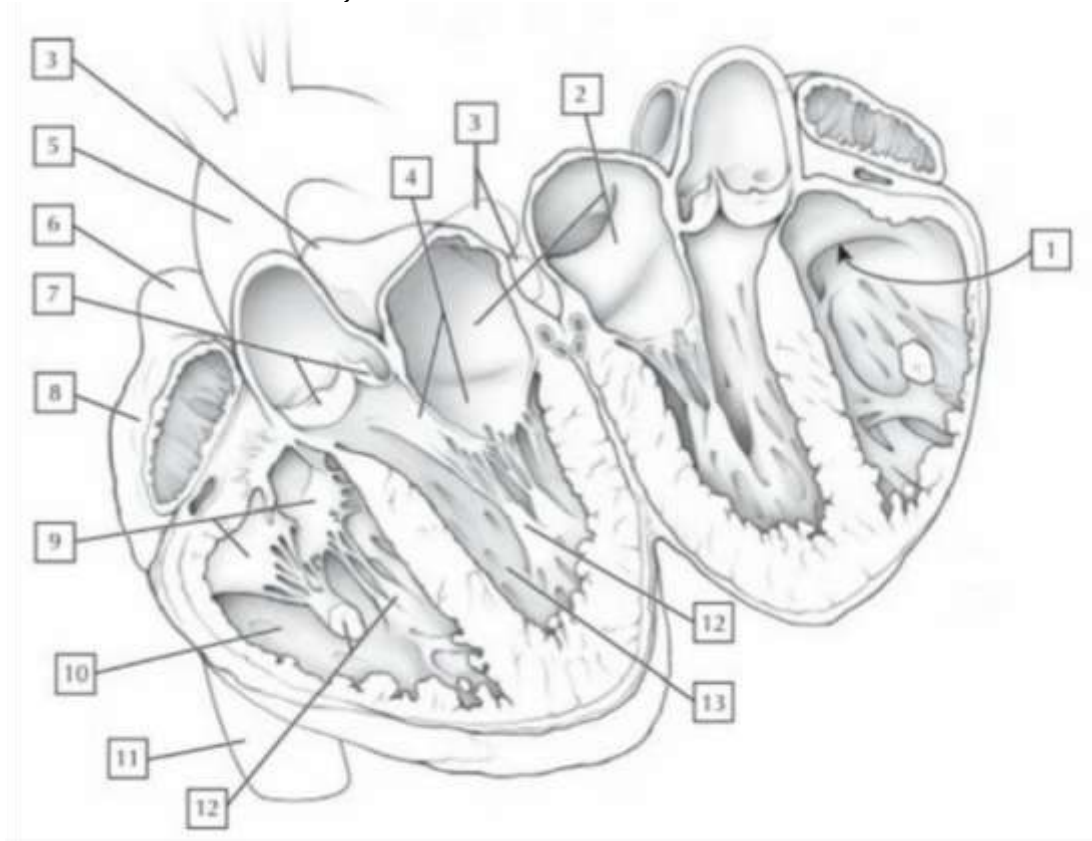
Após a oxigenação, o sangue retorna ao coração pelas Veias Pulmonares para a terceira câmara, Átrio Esquerdo, na qual se encherá e através da Válvula Bicúspide alcançará o Ventrículo Esquerdo a quarta câmara, e por fim após ejetar esse sangue e passar pela Artéria Aorta o sangue se espalhará pelo corpo (Orellana et. al, 2023).

O coração por si próprio possui duas características interessantes: ele é involuntário e também automático. Isso quer dizer que ele tem o controle de bombear sangue independente da vontade de quem seja e ele tem seu próprio impulso nervoso que fará o coração trabalhar e bombear o sangue no seu ritmo desejado, tanto a contração quanto o relaxamento possuem nomes, sendo eles sístole e diástole respectivamente (Orellana et. al, 2023).

O coração funciona a base de impulso elétrico, ele tende a ser iniciado pela estrutura chamada “nó sinusal” que possuem estrutura anatômica capaz de produzir impulsos elétricos e conseguindo reagir com o tecido do coração, ele se localiza próximo à veia cava superior e Átrio Direito, este impulso do Nó realiza o disparo da contração do Átrio Direito e Esquerdo e se direciona ao “Nó atrioventricular” localizado mais próximo dos ventrículos, “Feixe de His” mais abaixo e posteriormente “Rede de Purkinje”, vale ressaltar que o impulso elétrico é retardado, primeiramente com o Nó sinusal os átrios se contraem enchendo os ventrículos e posteriormente atingindo outros pontos elétricos, os ventrículos são contraídos deslocando o sangue (Orellana et. al, 2023). Na Figura 1 pode-se observar a estrutura do músculo cardíaco e identificar o que foi citado anteriormente. Na Tabela 1 é definida a legenda para a Figura 1.



FIGURA 1 – ESTRUTURAS DO CORAÇÃO



Fonte: : Hansen, 2026

TABELA 1 – LEGENDA DA FIGURA 1

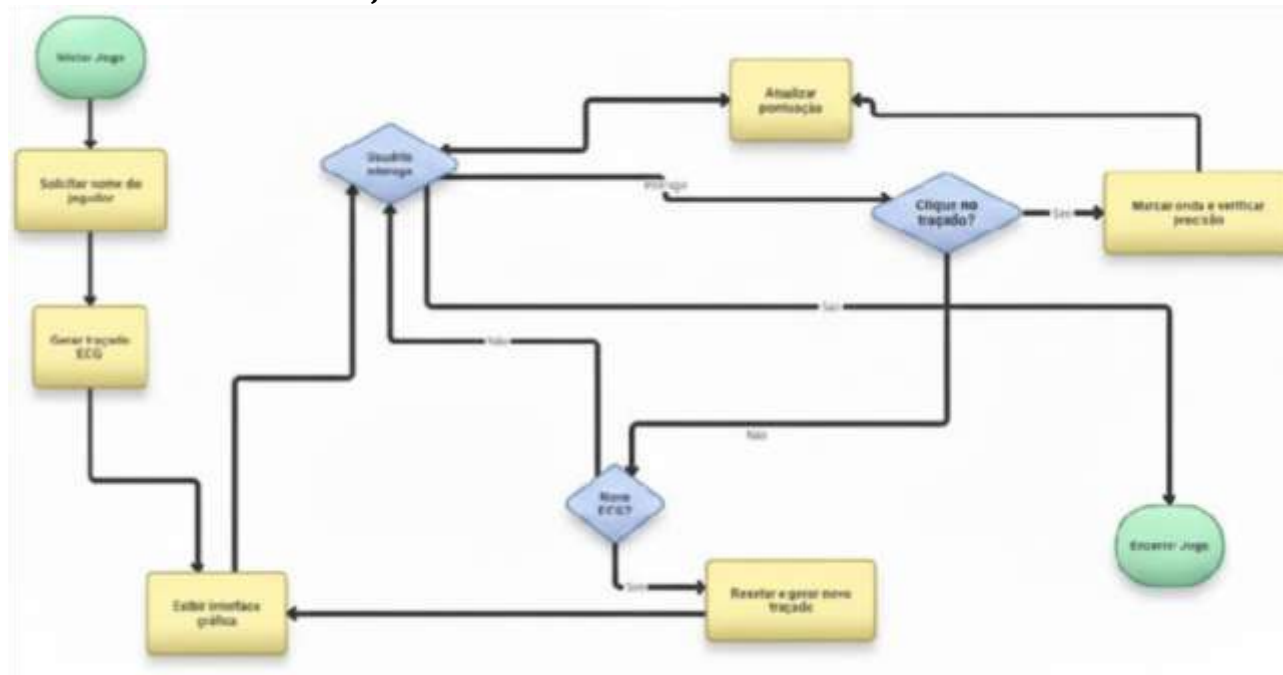
Número	Correspondência
1	Fluxo para fora do tronco pulmonar
2	Átrio esquerdo
3	Veias pulmonares
4	Valva mitral
5	Parte ascendente e arco da aorta
6	Veia cava superior
7	Valva da aorta
8	Átrio direito
9	Valva tricúspide
10	Ventrículo direito
11	Veia cava inferior
12	Músculos papilares
13	Ventrículo esquerdo
14	Valva do tronco pulmonar

FONTE: ADAPTADO DE HANSEN, 2026

### 3. DESENVOLVIMENTO

A ferramenta desenvolvida em Python foi estruturada conforme o fluxograma apresentado na Figura 2, que descreve as principais etapas de funcionamento do sistema. Inicialmente, o usuário interage com a interface do jogo, onde são apresentados traçados de eletrocardiograma. Em seguida, o sistema solicita a identificação das curvas características do sinal, como a onda P, o complexo QRS e a onda T. A partir das respostas fornecidas, o programa realiza a verificação das escolhas e apresenta feedback ao usuário, contribuindo para o processo de aprendizagem.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DO JOGO



Fonte: Os Autores, 2025.

O fluxograma descreve desde o início da sessão até o encerramento, focando na interação do usuário com a interface gráfica e o sistema de pontuação. Abaixo são descritas as etapas:

#### 1. Início e Configuração

- Iniciar Jogo: O ponto de partida do fluxo.
- Solicitar nome do jogador: O sistema pede a identificação do usuário.
- Gerar traçado ECG: O software gera um gráfico de eletrocardiograma (provavelmente aleatório ou baseado em um caso clínico).
- Exibir interface gráfica: O jogo apresenta o traçado e os controles para o jogador.

#### 2. Ciclo de Interação Principal

- A partir da exibição, o fluxo entra em um nó de decisão chamado "Usuário interage", que se ramifica em três caminhos principais:
- Interagir (Ação de Jogo):
- O usuário tenta clicar no gráfico (Clique no traçado?).
- Se SIM: O sistema executa a função "Marcar onda e verificar precisão". Se o acerto for validado, o fluxo segue para "Atualizar pontuação" e retorna ao ponto de interação do usuário.
- Se NÃO: O sistema pergunta se o usuário deseja um "Novo ECG?".

- f. Se SIM (para novo ECG): O sistema executa "Resetar e gerar novo traçado", voltando para a exibição da interface.
- g. Se NÃO (permanece no mesmo): O fluxo retorna para a espera de uma nova interação do usuário.

### 3. Finalização

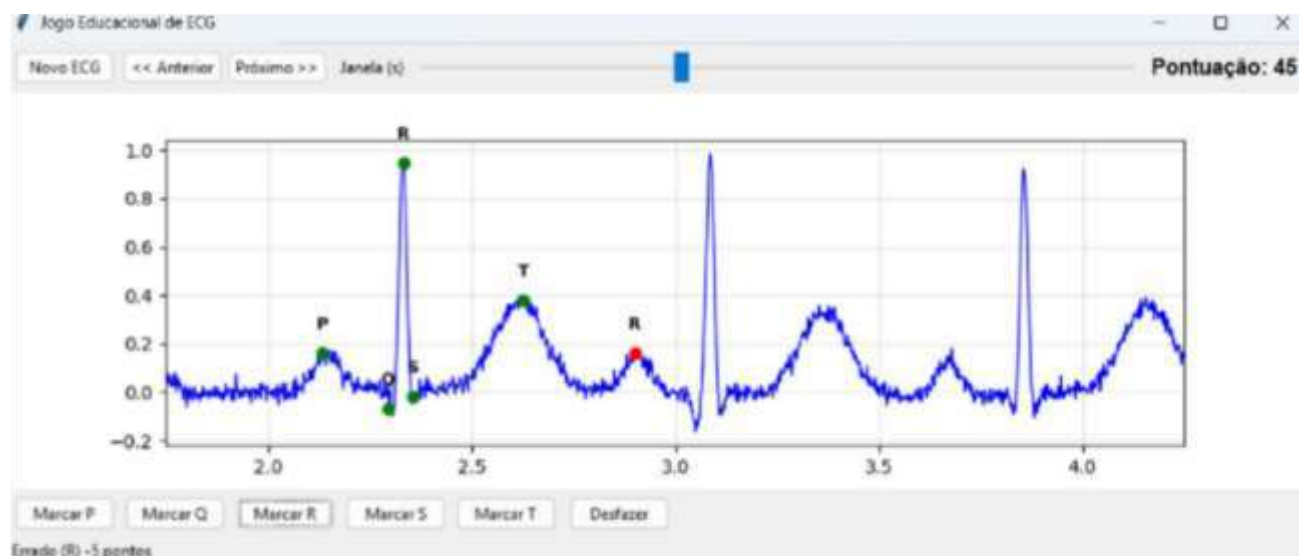
- a. Sair: No nó de decisão de interação, o usuário tem a opção de encerrar a sessão.
- b. Encerrar Jogo: O fluxo é direcionado para o fim do processo, fechando o aplicativo ou retornando ao menu principal.
- c. Resumo da Lógica: O design do fluxo sugere um ciclo de feedback contínuo onde o jogador analisa o ECG, marca as ondas, recebe pontos por precisão e pode optar por trocar de exame ou sair a qualquer momento.

## 4. RESULTADOS

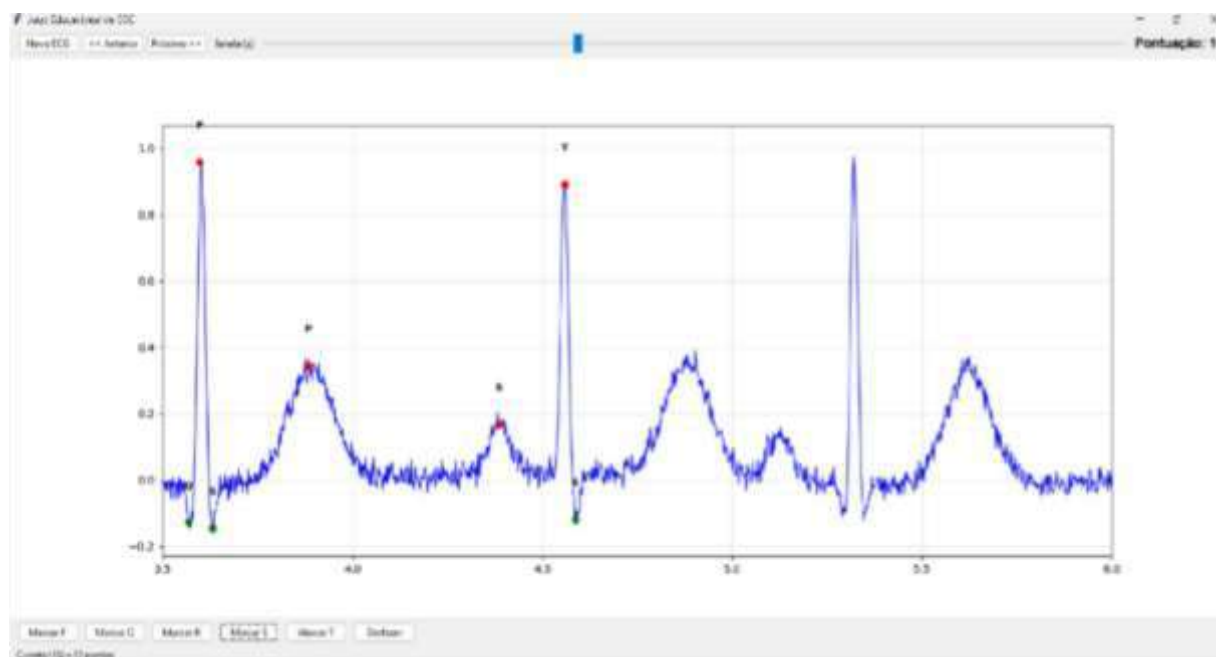
Através da interface gráfica apresentada na Figura 3, o sistema dispõe de traçados de eletrocardiograma, permitindo que o usuário visualize e interaja com o sinal em tempo real. A mecânica principal foca na identificação de ondas, onde o jogador utiliza botões específicos para marcar os componentes P, Q, R, S e T diretamente no gráfico.

O sistema de feedback imediato é um elemento central na experiência de aprendizado, validando as marcações do usuário e aplicando punições na pontuação em caso de erros de precisão, como exemplificado pela mensagem de "Errado (R) -5 pontos". Além disso, a ferramenta oferece dinamismo ao permitir que o jogador solicite novos exames ou resete o traçado atual, garantindo um ciclo de estudo contínuo e variado. A pontuação acumulada, visível na interface, consolida o aspecto de gamificação, incentivando o progresso técnico do aluno na análise clínica de ECG.

FIGURA 3 - INTERFACE DO JOGO



(a)



(b)

FONTE: OS AUTORES, 2025

## 5. CONCLUSÃO

A integração entre a linguagem Python e uma interface gráfica intuitiva permitiu a tradução de conceitos complexos da fisiologia elétrica do coração (como os disparos do nó sinusal e a propagação do impulso pelas redes de Purkinje) em uma dinâmica de aprendizado ativa. A mecânica de identificação das ondas P, QRS e T, aliada ao sistema de pontuação e feedback imediato, transforma o estudo em uma experiência prática e segura, livre de riscos clínicos, mas fiel à necessidade de precisão técnica exigida na prática profissional.

Conclui-se que o software possui grande potencial para ser utilizado como recurso complementar em instituições de ensino, contribuindo para uma formação acadêmica mais dinâmica e preparando melhor os futuros profissionais para a identificação precoce de patologias cardíacas, promovendo, em última análise, uma melhoria na qualidade da assistência à saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hansen, John T. *Netter anatomia para colorir*. Rio de Janeiro: Elsevier, s.d.

Nascimento, Rodrigo Manoel do; Rosenstock, Karelline Izaltemberg Vasconcelos (orient.). *Dificuldade dos alunos de enfermagem na interpretação de ECG e o uso da tecnologia para o aprendizado* [recurso eletrônico]. Cabedelo, PB: s.n., 2020. Artigo (Graduação em Enfermagem) – Centro Universitário UNIESP. 28 p. Disponível em: <...pdf>. Acesso em: 27 dez. 2025.

Orellana, Caio; Pedreira, Erika; Alcântara, José; Almeida, Lívia de; Machado, Manuela; Peixoto, Marcelo; Monteiro, Rafael; Rocha, Tarsila; Chebli, Vinícius. *Anatomofisiologia*. v. 1. Salvador: Sanar, 2023.

Organização Mundial da Saúde (OMS) - World Health Organization. **Cardiovascular diseases**. World Health Organization. Available at: [https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab5tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab5tab_1). Acesso em: 20 set. 2025.

Peluso, Carla. **Doenças cardiovasculares: principais causas, riscos e prevenção**. SYNLAB, 30 maio 2025.  
Disponível em: <https://www.synlab-sd.com/blog/saude-e-bem-estar-pt/as-doencas-cardiovasculares-sao-responsaveis-por-cerca-de-31-das-mortes-globais/>. Acesso em: 20 set. 2025.

Reis, Helder José Lima; Guimarães, Hélio Penna; Zazula, Ana Denise; Vasque, Ronaldo Gomes; Lopes, Renato Delascio (ed.). **ECG – Manual Prático de Eletrocardiograma**. São Paulo: Editora Atheneu, 2013. ISBN 978-85-388-0354-6. Disponível em: <https://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/419/2019/04/ECG-Manual-Pr%C3%A1tico-de-Eletrocardiograma-HCor.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.