



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS – IFAM
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

CARLOS AUGUSTO DA SILVA PEREIRA

**FONTES RENOVÁVEIS: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE
GERAÇÃO DE ENERGIA COM MOTORES ELÉTRICOS ACOPLADOS**

**MANAUS/AM
2025**

CARLOS AUGUSTO DA SILVA PEREIRA

**FONTES RENOVÁVEIS: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA HÍBRIDO
DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM MOTORES ELÉTRICOS ACOPLADOS**

Trabalho de Conclusão de curso submetido ao curso de graduação em Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

**MANAUS/AM
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436f	<p>Pereira, Carlos Augusto da Silva. Fontes renováveis: desenvolvimento de um sistema híbrido de geração de energia com motores elétricos acoplados / Carlos Augusto da Silva Pereira. — Manaus, 2025. 40f.: il. color.</p> <p>Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, <i>Campus</i> Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2025. Orientador: Prof.^o Celso Souza Cordeiro, Esp.</p> <p>1. Sistema híbrido. 2. Motores elétricos. 3. Eficiência energética. I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 629.892</p>
-------	---

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734).

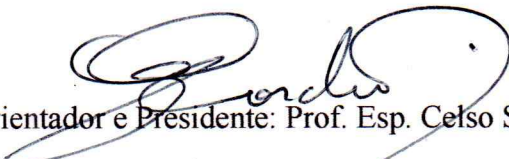
CARLOS AUGUSTO DA SILVA PEREIRA

**FONTES RENOVÁVEIS: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA HÍBRIDO DE
GERAÇÃO DE ENERGIA COM MOTORES ELÉTRICOS ACOPLADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito parcial para obtenção do Título Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

Aprovado em 20 de abril de 2025.


Orientador e Presidente: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro


Avaliador 1: Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro


Avaliador 2: Prof. Me. Jonatas Micael Vieira de Lima.

*Dedico com sublime carinho aos
que sonharam intensamente com isso a
minha esposa e filhos que me
incentivaram a nunca desistir, aos meus
amigos e colegas da faculdade e
principalmente, pois sem a ajuda deles
isso não seria possível.*

AGRADECIMENTOS

Sempre preferi realizar minhas atividades de forma independente, mas reconheço que há momentos na vida em que, sem o apoio e a colaboração de outras pessoas, certas conquistas se tornariam impossíveis.

Ao embarcar neste projeto de pesquisa, tive a sorte de contar com o apoio de diversas pessoas que me acompanharam nessa jornada. Por meio destas breves palavras, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho:

Agradeço, primeiramente, a Deus, por Sua presença constante em minha vida, concedendo-me força e sabedoria para superar os desafios e concluir esta etapa.

Ao meu orientador, Professor Celso Cordeiro, pela dedicação, paciência e orientação incansável. Sua disponibilidade para auxiliar e motivar seus alunos, assim como suas valiosas sugestões, foram fundamentais para o êxito deste trabalho.

Aos amigos e colegas que me apoiaram e estiveram ao meu lado ao longo desses anos. Meu sincero agradecimento pelo incentivo, pelas contribuições e por compartilharem comigo cada etapa desta realização.

Por fim, não posso deixar de mencionar os desafios enfrentados durante esse percurso, especialmente as dificuldades da pandemia e do desemprego, que tornaram cada dia mais árduo. Mesmo assim, persisti, superando as adversidades das idas e vindas ao IFAM, sempre com determinação e foco no objetivo final.

A todos, o meu mais sincero e eterno agradecimento.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.” (Max Weber)

Resumo

A busca por fontes de energia renovável e sustentável é uma prioridade global, impulsionada pela necessidade de reduzir os impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis. Neste contexto, o desenvolvimento de sistemas híbridos de geração de energia, que combinam diferentes tecnologias renováveis, surge como uma solução promissora para superar desafios como a intermitência e a dependência das condições climáticas. Este trabalho propõe a integração de motores elétricos acoplados a fontes renováveis, como solar e eólica, visando aumentar a eficiência e a confiabilidade do sistema.

A metodologia do projeto abrange desde a fase de concepção e modelagem até a construção de um protótipo, testes práticos e análise de dados. A primeira etapa consistiu na identificação de componentes eletrônicos e mecânicos reutilizáveis, como peças de impressoras jato de tinta, que possam adaptados para funcionar como parte do sistema híbrido. Esses componentes, frequentemente descartados como lixo eletrônico, foram integrados ao sistema para promover a sustentabilidade e reduzir o desperdício.

O protótipo desenvolvido incluiu motores elétricos acoplados a geradores baseados em energia solar e eólica, além de um sistema de armazenamento de energia para garantir a continuidade do fornecimento. A modelagem teórica indicou que o sistema híbrido tem potencial para gerar eletricidade de forma eficiente e estável, mesmo em condições variáveis de operação. Os testes práticos confirmaram a viabilidade do sistema, demonstrando sua capacidade de operar de maneira consistente e confiável.

A reutilização de componentes eletrônicos, como peças de impressoras, aliada à integração de fontes renováveis, traz benefícios ambientais e sociais significativos. Além de reduzir o descarte de resíduos eletrônicos, o sistema híbrido pode fornecer energia acessível e sustentável para comunidades remotas ou com acesso limitado à eletricidade. Essa abordagem inovadora amplia o potencial das fontes renováveis, contribuindo para a transição energética e a mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Energia Renovável, Sistema Híbrido, Motores Elétricos, Sustentabilidade, Eficiência Energética, Reutilização de Componentes.

ABSTRACT

The search for renewable and sustainable energy sources is a global priority, driven by the need to reduce the environmental impacts caused by the use of fossil fuels. In this context, the development of hybrid energy generation systems, which combine different renewable technologies, emerges as a promising solution to overcome challenges such as intermittency and dependence on weather conditions. This work proposes the integration of electric motors coupled with renewable sources, such as solar and wind, aiming to increase the efficiency and reliability of the system.

The project methodology spans from the conception and modeling phase to the construction of a prototype, practical testing, and data analysis. The first stage involved the identification of reusable electronic and mechanical components, such as inkjet printer parts, which were adapted to function as part of the hybrid system. These components, often discarded as electronic waste, were integrated into the system to promote sustainability and reduce waste. The developed prototype included electric motors coupled with generators based on solar and wind energy, as well as an energy storage system to ensure a continuous power supply. Theoretical modeling indicated that the hybrid system has the potential to generate electricity efficiently and stably, even under variable operating conditions. Practical tests confirmed the system's viability, demonstrating its ability to operate consistently and reliably.

The reuse of electronic components, such as printer parts, combined with the integration of renewable sources, brings significant environmental and social benefits. In addition to reducing electronic waste, the hybrid system can provide affordable and sustainable energy to remote communities or those with limited access to electricity. This innovative approach expands the potential of renewable sources, contributing to the energy transition and the mitigation of climate change.

Keywords: *Renewable Energy, Hybrid System, Electric Motors, Sustainability, Energy Efficiency, Component Reuse.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Motor DC	33
Figura 2 - Caixa de Redução	33
Figura 3- Caixa de Redução Customizada	33
Figura 4 - Acoplamento Motor DC e Caixa de redução customizada.....	33
Figura 5 - Montagem de tampa PET	34
Figura 6 - Montagem final da manivela de tampa PET.....	34
Figura 7- Ligação elétrica do projeto.	34
Figura 8 - Ligação física os componentes	35
Figura 9 - Teste de medição de tensão saída do gerador	35
Figura 10 - Teste de eficiência de tensão	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação cruzada.....	26
Tabela 2 - Lista de Materiais	31

LISTA DE SIGLAS

CA Corrente Alternada

CC Corrente Contínua

CEFET Centro Federal de Educação Tecnológica

CEPEL Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

COE Cost of Energy – custo da energia

COPEL Companhia Paranaense de Energia

DIY Do It Yourself

DoE United States Department of Energy

DRE Distributed Renewable Energy

ES Energia Solar

EUA Estados Unidos da América

EWEA European Wind Energy Association

FEM Força Eletromotriz

GEE Gases de Efeito Estufa

GWEC Global Wind Energy Council

GWh Gigawatts-hora

HAWT Horizontal Axis Wind Turbine

HOMER Hybrid Optimization Model for Electrical Renewable

IRENA International Renewable Energy Agency

NDC Contribuição Nacionalmente Determinada

PCH Pequena Central Hidrelétrica

PMSG Permanent Magnet Synchronous Generator

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SH Sistema Híbrido

SI Sistema Internacional

TRH Tempo de Retenção Hidráulica

TSR Tip-Speed-Ratio

UNEP United Nations Environment Programme

US\$ United States Dollar U.S

VAWT Vertical Axis Wind Turbine

VPL Valor Presente Líquido

WWEA World Wind Energy Association

Sumário

Capítulo I.....	15
1. INTRODUÇÃO	15
2. Justificativa.....	16
3. Objetivos	17
3.1 Geral	17
3.2 Específicos.....	18
4. Problema.....	18
5. Estrutura do Trabalho.....	19
Capítulo II.....	21
6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
Capítulo III	24
7. REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
7.1. Análise Comparativa da Tabela de Trabalhos Relacionados	25
Capítulo IV	29
8. METODOLOGIA	29
8.3 Experimento com Modelo proposto.....	30
8.3.2. Lista de Materiais	31
8.3.3. Retorno do investimento.....	32
8.3.4. Montagem do projeto.....	33
8.3.5. Impactos ambientais.....	36
Capítulo V.....	39
9. <i>Análise Resultados Encontrados</i>	39
9.1. Análise do Log de Dados.....	39
Capítulo VI.....	40
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
11. Trabalhos Futuros	40
REFERÊNCIAS	41

Capítulo I

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, impulsionada pelo desenvolvimento econômico, crescimento demográfico e competitividade entre países, tem colocado em evidência a necessidade de soluções sustentáveis para o suprimento energético global (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007). Diante do esgotamento dos recursos fósseis e dos impactos ambientais associados à sua utilização, a busca por fontes de energia renováveis e de baixo impacto tornou-se imperativa. Nesse cenário, os sistemas híbridos de geração de energia, que combinam múltiplas fontes renováveis, emergem como uma alternativa promissora para superar desafios como a intermitência e a eficiência energética (DA SILVA et al., 2019).

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema híbrido inovador, que integra motores elétricos acoplados a fontes renováveis, como biogás, energia solar e biocombustíveis. A abordagem visa maximizar a eficiência e a confiabilidade do sistema, aproveitando as vantagens de cada fonte energética. O biogás, proveniente da biodigestão anaeróbia de resíduos agropecuários, destaca-se como uma fonte renovável e economicamente viável, capaz de reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e transformar resíduos em energia limpa (APPELS et al., 2008). Já a energia solar, apesar de seu elevado custo inicial, apresenta baixos custos de manutenção e operação, tornando-se uma opção atraente quando combinada com outras fontes (SEN; BHATTACHARYYA, 2014).

Além disso, este estudo explora a reutilização de componentes eletrônicos, como peças de impressoras jato de tinta, na construção de geradores de energia acessíveis e de baixo impacto ambiental. A reutilização desses materiais não apenas reduz o desperdício eletrônico, mas também democratiza o acesso à energia limpa, especialmente em comunidades carentes. Essa convergência entre tecnologia e sustentabilidade alinha-se aos princípios da economia circular e contribui para a redução de resíduos eletrônicos, um problema crescente em escala global (BRASIL, 2002; BRASIL, 2004).

Para a análise e otimização do sistema híbrido proposto, será utilizado o software HOMER (Hybrid Optimization Models for Energy Resources), desenvolvido pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL). Essa ferramenta permite simular e avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de diferentes configurações de sistemas híbridos, considerando fontes como solar, eólica, biomassa e biocombustíveis, além de equipamentos de armazenamento e conversão de energia (CHOWDHURY et al., 2020; NREL, 2015). Estudos recentes com aplicação

do HOMER têm demonstrado sua eficácia na otimização de sistemas híbridos em diversas regiões do mundo, incluindo ilhas do Pacífico, Austrália, Ásia, África, Europa, Canadá e Estados Unidos (MUDASSER; YIRIDOE; CORSCADDEN, 2015).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal investigar a viabilidade de um sistema híbrido de geração de energia que combine biogás, energia solar e motores elétricos acoplados, utilizando peças reutilizadas de impressoras jato de tinta. A pesquisa busca contribuir para o avanço do conhecimento na área de energias renováveis, propondo soluções práticas e acessíveis que promovam o desenvolvimento sustentável e a redução dos impactos ambientais associados à geração de energia. Além disso, almeja-se demonstrar o potencial dessa abordagem para comunidades que ainda não possuem acesso a fontes de energia confiáveis, melhorando sua qualidade de vida e promovendo a inclusão energética.

Por fim, este estudo está alinhado com os objetivos globais de sustentabilidade e economia circular, destacando a importância da reutilização de materiais e da integração de tecnologias renováveis. Ao transformar resíduos e componentes obsoletos em fontes de energia limpa, damos um passo significativo em direção a um futuro mais sustentável e equitativo.

2. Justificativa

A pesquisa sobre o desenvolvimento de um sistema híbrido de geração de energia com motores elétricos acoplados é motivada por uma série de razões substanciais e relevantes, que destacam a importância e o potencial impacto deste estudo. Nesta seção, apresentaremos uma justificativa clara e fundamentada para a realização desta pesquisa.

a) Necessidade de Fontes de Energia Sustentável

O mundo enfrenta um desafio urgente na transição de fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis para alternativas limpas e renováveis. As mudanças climáticas, decorrentes das emissões de gases de efeito estufa, exigem soluções inovadoras para a geração de energia. O desenvolvimento de sistemas híbridos, que combinam diferentes fontes renováveis, é fundamental para aumentar a eficiência e a confiabilidade do suprimento energético.

b) Aproveitamento de Componentes Eletrônicos Reutilizáveis

Motores elétricos estão presentes em diversos dispositivos descartados, como impressoras, eletrodomésticos e equipamentos industriais. A reutilização desses componentes em sistemas híbridos de geração de energia é uma forma inteligente de reduzir o desperdício eletrônico e otimizar recursos já disponíveis, contribuindo para a economia circular.

c) Democratização da Energia Renovável

Muitas comunidades, especialmente em áreas rurais ou em desenvolvimento, ainda não têm acesso a fontes estáveis de eletricidade. Um sistema híbrido com motores elétricos acoplados pode oferecer uma solução modular e de baixo custo, facilitando a geração descentralizada de energia e promovendo inclusão social e desenvolvimento econômico.

d) Inovação Tecnológica

A integração de motores elétricos em sistemas híbridos de geração de energia representa uma abordagem inovadora, explorando sinergias entre diferentes tecnologias. Essa convergência pode resultar em maior eficiência energética, armazenamento otimizado e adaptabilidade a diferentes fontes renováveis, como solar, eólica ou biomassa.

e) Sustentabilidade Ambiental

Além de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, a reutilização de motores elétricos em sistemas híbridos diminui o descarte inadequado de resíduos eletrônicos, alinhando-se com os princípios da sustentabilidade ambiental e da economia verde.

f) Potencial Impacto Social

A implementação de sistemas híbridos acessíveis pode melhorar significativamente a qualidade de vida em comunidades isoladas, possibilitando o acesso à eletricidade para fins educacionais, médicos e produtivos, reduzindo assim as desigualdades energéticas.

g) Viabilidade Técnica e Econômica

Esta pesquisa busca demonstrar a viabilidade de sistemas híbridos com motores elétricos acoplados como uma alternativa eficiente e economicamente competitiva em comparação com soluções convencionais, como painéis solares isolados ou turbinas eólicas de grande porte.

O desenvolvimento de um sistema híbrido de geração de energia com motores elétricos acoplados é justificado pela urgência na transição energética, pela possibilidade de reaproveitamento de componentes eletrônicos, pela democratização do acesso à energia, pela inovação tecnológica, pelos benefícios ambientais e pelo impacto social positivo. Esta pesquisa tem o potencial de contribuir para um futuro energético mais limpo, eficiente e acessível, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

3. Objetivos

3.1 Geral

O objetivo geral deste estudo é investigar a viabilidade técnica e operacional do desenvolvimento de um sistema híbrido de geração de energia com motores elétricos acoplados, integrando fontes renováveis para otimizar a eficiência energética.

O cumprimento deste objetivo visa fornecer insights valiosos sobre a aplicabilidade de motores elétricos reutilizados em sistemas híbridos, contribuindo para o avanço das tecnologias de energia renovável e promovendo soluções inovadoras, sustentáveis e acessíveis no campo da geração de energia descentralizada. Os objetivos específicos incluem:

3.2 Específicos

- a) Projetar e modelar um sistema híbrido de geração de energia que integre motores elétricos acoplados a fontes renováveis, considerando eficiência, escalabilidade e funcionalidade.
- b) Construir um protótipo funcional do sistema híbrido, utilizando motores elétricos recondicionados e componentes acessíveis, garantindo sua operacionalidade e segurança.
- c) Realizar testes experimentais para avaliar o desempenho do sistema, coletando dados sobre eficiência energética, capacidade de geração e estabilidade operacional.
- d) Analisar os resultados obtidos nos testes, identificando vantagens, limitações e possíveis otimizações para o sistema híbrido proposto.

4. Problema

A geração de energia em regiões remotas da Amazônia enfrenta desafios críticos devido à ausência de infraestrutura elétrica convencional. Esta limitação energética compromete não apenas o desenvolvimento local, mas também a implementação de sistemas essenciais de monitoramento ambiental. A dependência de geradores a diesel, além de custosa e poluente, mostra-se inadequada para soluções sustentáveis de longo prazo.

Neste contexto, a presente pesquisa aborda a seguinte questão central:

"Como desenvolver um sistema híbrido de geração de energia, utilizando motores elétricos acoplados a fontes renováveis, para suprir demandas energéticas em comunidades isoladas da Amazônia?"

Esta problemática desdobra-se em importantes desafios técnicos:

Integração eficiente de motores elétricos recondicionados com fontes renováveis (solar, eólica ou biomassa)

Otimização do sistema para operação contínua em condições ambientais adversas

Desenvolvimento de arquitetura modular que permita adaptação a diferentes escalas de demanda

A pesquisa visa comprovar a viabilidade técnica e econômica desta solução, destacando suas principais vantagens:

Sustentabilidade ambiental: Redução da dependência de combustíveis fósseis

Eficiência energética: Aproveitamento máximo dos recursos renováveis disponíveis

Acessibilidade: Utilização de componentes reconicionados para redução de custos

Autonomia: Capacidade de operação independente da rede convencional

Os resultados esperados incluem:

Protótipo funcional do sistema híbrido

Dados comparativos de desempenho energético

Análise de custo-benefício em relação a soluções convencionais

Diretrizes para implementação em escala real

Esta investigação alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente com o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), propondo uma solução inovadora para o desafio energético na região amazônica.

5. Estrutura do Trabalho

No Capítulo I, será apresentada a Introdução ao tema, abordando a crescente demanda global por energia e a necessidade urgente de soluções sustentáveis diante do esgotamento de recursos fósseis e dos impactos ambientais associados. O capítulo contextualiza a proposta de um sistema híbrido de geração de energia, integrando motores elétricos acoplados a fontes renováveis (solar, eólica e biomassa), com ênfase na reutilização de componentes eletrônicos para reduzir desperdícios e promover acessibilidade energética em comunidades remotas.

No Capítulo II, será realizada a Revisão Bibliográfica, explorando conceitos históricos e técnicos sobre eletricidade, desde as descobertas pioneiras de cientistas como Faraday e Volta até estudos contemporâneos sobre energias renováveis. Além disso, são analisados trabalhos recentes que abordam a integração de fontes intermitentes, a economia circular e a viabilidade de sistemas híbridos em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos.

No Capítulo III, será apresentado o Referencial Teórico, aprofundando as teorias sobre fontes renováveis (solar, eólica e biomassa), tipos de geradores de energia e a importância da reutilização de materiais eletrônicos. Inclui uma análise comparativa de pesquisas anteriores, destacando objetivos, metodologias e contribuições de projetos como mini geradores eólicos de baixo custo e sistemas integrados de gestão de resíduos e energia.

No Capítulo IV, será detalhada a Metodologia adotada, descrevendo as etapas de desenvolvimento do sistema híbrido proposto: projeto teórico, seleção de componentes reutilizados (como motores de impressoras), construção do protótipo e testes práticos. São explicados os critérios para escolha

de materiais, os procedimentos de montagem e as métricas utilizadas para avaliar eficiência energética, estabilidade operacional e impacto ambiental.

No Capítulo V, será realizada a Análise dos Resultados Encontrados, apresentando dados obtidos a partir dos testes experimentais. Destacam-se medições de tensão (como os 11,26 V gerados pelo protótipo), eficiência na conversão energética e a adaptação do sistema a condições variáveis. Também são discutidos os desafios técnicos enfrentados, como perdas energéticas e a necessidade de otimização do controle eletromecânico.

No Capítulo VI, serão apresentadas as Considerações Finais, sintetizando as principais descobertas do estudo, como a viabilidade técnica e ambiental do sistema híbrido, a redução de custos com reutilização de componentes e o potencial para democratizar o acesso à energia em regiões isoladas. Além disso, são propostos Trabalhos Futuros, como a escalabilidade do protótipo para microgrids rurais, a integração com outras fontes renováveis e a aplicação em contextos educacionais para promover conscientização ambiental.

Ao final do trabalho, serão listadas as Referências, contendo todas as fontes bibliográficas citadas, incluindo artigos científicos, manuais técnicos, legislações e estudos de caso que embasaram a pesquisa, garantindo rigor acadêmico e transparência nas contribuições teóricas e práticas do projeto.

Capítulo II

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A história da eletricidade é uma fascinante saga de descobertas científicas que transformaram o mundo e mudaram a forma como vivemos. Desde os tempos antigos, a eletricidade sempre intrigou a humanidade. No entanto, somente no final do século XVIII e início do século XIX, essa curiosidade se transformou em uma busca sistemática pelo conhecimento. O trabalho pioneiro de Benjamin Franklin, com sua famosa experiência com a pipa durante uma tempestade em 1752, lançou as bases para entender a eletricidade como uma força natural (OKA, 2000).

A partir daí, muitos cientistas estudaram a eletricidade e cada um deles contribuiu para a evolução dos estudos sobre a eletricidade. Tales de Mileto foi o primeiro cientista que se interessou em estudar o fenômeno da eletricidade. Mileto descobriu por acaso que ao esfregar um âmbar a um pedaço de pele de carneiro, observou que pedaços de palhas e fragmentos de madeira eram atraídos pelo âmbar. Durante o século XVIII, as máquinas elétricas evoluíram até chegar a um disco rotativo de vidro que é atritado a um isolante adequado. Uma descoberta importante foi o condensador, descoberto independentemente por Ewald Georg von Kleist e por Petrus van Musschenbroek. O condensador consistia em uma máquina armazenadora de cargas elétricas. Eram dois corpos condutores separados por um isolante delgado (SILVA FILHO, 2011).

Alessandro Volta (1745-1827) foi um famoso cientista italiano, que ficou mais conhecido por sua invenção da pilha elétrica. Uma das maiores invenções de Volta foi a pilha elétrica, que transforma energia química em energia elétrica. A partir daí, todos os aparelhos que produzem eletricidade por meio de processos químicos passaram a ser denominados pelos seguintes nomes: células voltaicas (em homenagem a Volta), pilhas galvânicas (em homenagem a Luigi Galvani (1737-1827)) ou, simplesmente, pilhas (NISKIER; MACINTYRE e COSTA, 2000; SILVA FILHO, 2011).

Michael Faraday (1791-1867) foi um físico e químico britânico que contribuiu significativamente para o estudo da eletricidade e do magnetismo. Ele descobriu a indução eletromagnética, que é a base do funcionamento dos geradores elétricos. Faraday também descobriu a lei da eletrólise, que estabelece a relação entre a quantidade de eletricidade que passa por um eletrólito e a quantidade de substância que é depositada ou liberada nos eletrodos. Além de suas descobertas científicas, Faraday também se destacou como um excelente comunicador científico, realizando palestras populares que trouxeram conceitos complexos de forma acessível ao público em geral (OKA, 2000).

A eletricidade teve um grande impacto na sociedade, permitindo a criação de novas tecnologias e mudando a forma como as pessoas vivem. A eletricidade é usada em muitas áreas, como iluminação, transporte, comunicação, medicina, entre outras. A eletricidade também teve um grande impacto na indústria, permitindo a criação de novos processos de produção e aumentando a eficiência dos processos existentes. A eletricidade é uma fonte de energia limpa e renovável, que pode ser gerada a partir de fontes como a energia solar, eólica, hidrelétrica, entre outras (NISKIER; MACINTYRE e COSTA, 2000).

A construção de um gerador de energia pode ser feita utilizando diferentes materiais e princípios básicos. Um gerador de energia é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. O princípio básico de um gerador de energia é a lei da indução eletromagnética, descoberta por Michael Faraday. Essa lei estabelece que uma corrente elétrica é gerada em um circuito quando há uma variação do fluxo magnético que o atravessa. O gerador de energia é composto por um rotor, que gira em torno de um eixo, e um estator, que é fixo. O rotor é composto por um conjunto de ímãs permanentes ou eletroímãs, enquanto o estator é composto por um conjunto de bobinas de fio de cobre (ARAUJO et al., 2022).

Para construir um gerador de energia, é necessário seguir alguns passos básicos, como a escolha dos materiais, a montagem do rotor e do estator, a conexão dos fios e a instalação do dispositivo. Existem muitos exemplos de projetos de geradores caseiros disponíveis na internet, que podem ser utilizados como referência para a construção do gerador. É importante lembrar que a construção do gerador deve ser realizada de forma segura e que é necessário ter conhecimentos básicos de eletricidade para evitar acidentes (MAIA, 2011).

A construção de um gerador de energia utilizando peças recicláveis proveniente de lixo eletrônico têm impactos ambientais significativos. Um dos principais impactos é o descarte inadequado de peças, que pode causar danos ambientais, como a contaminação do solo e da água por substâncias tóxicas presentes nas tintas utilizadas nas impressoras. Além disso, a construção do gerador pode consumir energia e recursos naturais, o que pode resultar em emissões de gases de efeito estufa. Dependendo do local onde o gerador for construído, ele pode ter um impacto visual significativo na paisagem, especialmente se for construído em uma área natural ou em uma comunidade residencial. A construção do gerador também pode ter um impacto negativo na biodiversidade local, afetando a vida selvagem e o habitat. Para minimizar esses impactos, é importante tomar medidas para garantir que as peças de impressoras jato de tinta sejam descartadas corretamente e que a construção do gerador seja realizada de forma sustentável. É importante considerar cuidadosamente o local onde o gerador será construído e avaliar os possíveis impactos na

paisagem e na biodiversidade local. Além disso, é importante garantir que o gerador seja utilizado de forma eficiente e que a energia seja gerada.

Resumo do Capítulo II: Revisão Bibliográfica

O Capítulo II realiza uma **Revisão Bibliográfica** que contextualiza historicamente o desenvolvimento da eletricidade, desde os experimentos pioneiros de Tales de Mileto com o âmbar até as contribuições fundamentais de cientistas como Alessandro Volta (inventor da pilha elétrica) e Michael Faraday (descobridor da indução eletromagnética e da eletrólise). Destaca-se a evolução das máquinas elétricas e o impacto da eletricidade na sociedade moderna, especialmente em setores como indústria, transporte e saúde, além de seu papel na transição para fontes renováveis.

O capítulo também explora estudos contemporâneos sobre **energias renováveis e sustentabilidade**, com foco em:

1. **Trierveiler e Gomes (2018)**: Desenvolvimento de um mini gerador eólico de baixo custo (DIY), destacando a viabilidade de soluções descentralizadas para comunidades remotas.
2. **Da Silva et al. (2019)**: Integração entre reciclagem de materiais e geração de energia renovável, reforçando a sinergia entre gestão de resíduos e eficiência energética.
3. **Blandes et al. (2018)**: Propostas pedagógicas para ensino de energia eólica no ensino fundamental, utilizando materiais recicláveis para promover conscientização ambiental.

Por fim, é apresentada uma **análise comparativa** desses trabalhos, contrastando objetivos, metodologias e contribuições. Enquanto Trierveiler e Gomes priorizam soluções técnicas imediatas, Da Silva et al. abordam a integração sistêmica em escala urbana, e Blandes et al. focam na educação como ferramenta para sustentabilidade. A revisão conclui que, embora distintos em escopo, esses estudos convergem para a necessidade de inovação, reutilização de recursos e democratização do acesso à energia limpa, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Capítulo III

7. REFERENCIAL TEÓRICO

As fontes renováveis de energia são aquelas que utilizam recursos naturais disponíveis em abundância e que se renovam constantemente na natureza, como a radiação solar, os ventos, a energia hidráulica, a biomassa, a geotérmica, a das ondas e a das marés (DUPONT, GRASSI e ROMITTI, 2015). Essas fontes de energia são consideradas inesgotáveis e são capazes de manter-se disponíveis durante um longo prazo, contando com recursos que se regeneram ou que se mantêm ativos permanentemente (ZANONI, 2018).

As fontes de energia renováveis são uma alternativa ao modelo energético atual, visto que seu uso causa menos impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, podem regenerar-se em um curto espaço de tempo, sendo considerados, portanto, inesgotáveis (OLIVEIRA e FERREIRA, 2020). Outra vantagem das energias renováveis é que elas são abundantes e se renovam em uma escala de tempo humana, ao contrário das fontes não renováveis, que possuem reservas limitadas e que demoram milhões de anos para se recompor, como o carvão mineral e o petróleo (NEGREIRO et al, 2022).

As fontes de energia renováveis apresentam diversas vantagens em relação às fontes de energia não renováveis, como a redução dos impactos ambientais, a disponibilidade em longo prazo e a regeneração em curto espaço de tempo. Além disso, as fontes de energia renováveis são consideradas uma alternativa sustentável e limpa para a geração de energia (LIMA, 2012).

Os geradores de energia são dispositivos que convertem energia mecânica, química, térmica ou luminosa em energia elétrica. Existem diversos tipos de geradores de energia, como os geradores de energia hidrelétrica, geradores de energia solar e geradores de energia eólica (GOMES; DA SILVA e CORREA, 2012).

Os geradores de energia podem ser utilizados em diversas aplicações, desde geradores de emergência em residências até grandes usinas de energia elétrica (NASCIMENTO, 2013). A energia hidrelétrica é uma das principais fontes de energia elétrica no mundo, sendo gerada a partir da energia cinética da água em movimento (SOSNOSKI, 2015). Já a energia solar é gerada a partir da radiação solar, que é captada por células fotovoltaicas e convertida em energia elétrica (TORRES, 2013). A energia eólica, por sua vez, é gerada a partir do movimento do vento, que é captado por turbinas eólicas e convertido em energia elétrica (MELLO, 2012).

Os geradores de energia renovável apresentam diversas vantagens em relação aos geradores de energia não renovável, como a redução dos impactos ambientais, a disponibilidade em longo prazo e a regeneração em curto espaço de tempo (GOMES; DA SILVA e CORREA, 2012).

A construção de geradores de energia utilizando materiais recicláveis é uma alternativa interessante e sustentável, pois evita o descarte desnecessário de materiais que ainda podem ser úteis. Além disso, essa tecnologia pode ser utilizada em diversas aplicações, desde a geração de energia em locais remotos até a produção de energia em situações de emergência.

No trabalho de Trierveiler e Gomes (2018), apresenta a construção de um mini gerador eólico de baixo custo utilizando a técnica DIY (do inglês *Do It Yourself*), que simplifica a construção e possível réplica deste protótipo. O estudo destaca que as fontes de energia renováveis, como a energia eólica, são alternativas limpas e sustentáveis para a geração de energia elétrica.

Outro estudo como de Da Silva et al. (2019), destaca-se que a utilização de fontes de energia renovável, com ênfase nas energias renováveis, é o caminho para construção de uma sociedade equilibrada que utiliza de forma eficiente os recursos. A reciclagem de materiais pode ser uma alternativa para a eficiência e sustentabilidade econômica no setor de resíduos sólidos urbanos.

A utilização de materiais recicláveis na construção de geradores de energia pode contribuir para a redução dos custos de produção e para a sustentabilidade ambiental. Além disso, essa tecnologia pode ser utilizada em diversas aplicações, desde a geração de energia em locais remotos até a produção de energia em situações de emergência.

Segundo os autores BLANDES, F. S. et al. (2018), o tema energia eólica no ensino fundamental II através de ensino por investigação, destaca as vantagens e as desvantagens da utilização do recurso eólico como fonte alternativa de energia. Esse material possui um conjunto de informações que podem ser utilizadas para a construção de geradores de energia eólica utilizando materiais recicláveis.

7.1. Análise Comparativa da Tabela de Trabalhos Relacionados

Os estudos analisados abordam diferentes facetas das energias renováveis e da construção de geradores sustentáveis, com ênfase em aplicações práticas, educacionais e sistêmicas. A seguir, destaca-se uma comparação estruturada em objetivos, metodologias, contribuições e enfoques:

1. Trierveiler e Gomes (2018): Mini Gerador Eólico de Baixo Custo (DIY)

- **Objetivo:** Desenvolver um protótipo acessível de gerador eólico para democratizar o acesso a tecnologias sustentáveis.
- **Metodologia:** Utilização da técnica DIY ("Faça Você Mesmo"), priorizando simplicidade e replicabilidade. Embora não explicita o uso de materiais recicláveis, a abordagem DIY sugere emprego de recursos acessíveis e possivelmente reutilizados.
- **Contribuições:**

Técnica: Oferece um modelo prático para geração de energia em locais remotos ou emergências.

Sustentabilidade: Alinha-se às vantagens das renováveis (menor impacto ambiental, custo reduzido) destacadas por autores como Lima (2012) e Negreiro et al. (2022).

- **Enfoque:** Soluções técnicas imediatistas, com foco em aplicações descentralizadas.

2. Da Silva et al. (2019): Integração de Reciclagem e Energias Renováveis

- **Objetivo:** Promover a eficiência econômica e ambiental no setor de resíduos sólidos urbanos através da integração de materiais recicláveis e energias renováveis.

- **Metodologia:** Análise sistêmica de como a reciclagem pode otimizar a produção de energia renovável, reduzindo custos e impactos.

- **Contribuições:**

Econômica: Propõe sinergia entre gestão de resíduos e geração de energia, ampliando a sustentabilidade urbana.

Ambiental: Reduz a dependência de recursos não renováveis, corroborando Oliveira e Ferreira (2020) sobre regeneração em curto prazo.

- **Enfoque:** Macroestrutural, visando políticas públicas e sistemas urbanos integrados.

3. Blandes et al. (2018): Energia Eólica no Ensino Fundamental

- **Objetivo:** Educar jovens sobre energias renováveis através de projetos práticos com materiais recicláveis.

- **Metodologia:** Ensino por investigação, com atividades que envolvem a construção de geradores eólicos a partir de recicláveis.

- **Contribuições:**

Educacional: Capacita estudantes com conhecimentos técnicos e ambientais, preparando futuras gerações para a sustentabilidade.

Prática: Demonstra a viabilidade de usar recicláveis em tecnologias energéticas, ecoando Gomes et al. (2012) sobre vantagens dos geradores renováveis.

- **Enfoque:** Pedagógico, combinando teoria e prática para conscientização ambiental.

Tabela 1 - Comparação cruzada

Aspecto	Trierveiler e Gomes (2018)	Da Silva et al. (2019)	Blandes et al. (2018)
Foco Principal	Solução técnica acessível	Integração sistêmica urbana	Educação e conscientização
Metodologia	DIY (prototipagem prática)	Análise de eficiência econômica	Ensino por investigação
Material Reciclável	Implícito (baixo custo)	Explícito (gestão de resíduos)	Explícito (projetos escolares)
Público-Alvo	Comunidades remotas/emergências	Gestores urbanos e setor público	Estudantes e educadores
Alinhamento com Autores Gerais	Corroborar vantagens técnicas (Gomes et al., 2012)	Reflete sustentabilidade de longo prazo (Zanoni, 2018)	Promove cultura sustentável (Lima, 2012)

Os trabalhos analisados, embora distintos em escopo e metodologia, convergem para um objetivo comum: promover a transição energética sustentável por meio de soluções inovadoras e acessíveis. Trierveiler e Gomes (2018) destacam-se ao viabilizar o acesso imediato a tecnologias renováveis, oferecendo um modelo prático e de baixo custo para geração descentralizada de energia, o que reforça a importância de soluções técnicas adaptáveis a contextos locais, como apontado por Gomes et al. (2012). Já Da Silva et al. (2019) ampliam a discussão para uma perspectiva sistêmica, integrando a gestão de resíduos urbanos à produção de energia renovável, o que não apenas reduz custos, mas também fortalece a sinergia entre sustentabilidade econômica e ambiental, alinhando-se às premissas de longo prazo discutidas por Zanoni (2018). Por sua vez, Blandes et al. (2018) abordam a dimensão educacional, capacitando futuras gerações por meio de práticas pedagógicas que unem teoria e experimentação, um passo fundamental para consolidar uma cultura de sustentabilidade, conforme enfatizado por Lima (2012). Embora cada estudo priorize diferentes âmbitos — técnico, urbano e educacional —, todos reforçam a necessidade de diversificar estratégias para enfrentar os desafios energéticos, combinando inovação, reciclagem e conscientização. Juntos, demonstram que a eficácia da transição energética depende não apenas de avanços tecnológicos, mas também de integração sistêmica e educação crítica, elementos essenciais para um futuro equilibrado e resiliente.

Resumo do Capítulo III: Referencial Teórico

O Capítulo III estabelece o **Referencial Teórico** do estudo, aprofundando conceitos fundamentais sobre **fontes renováveis de energia** e sistemas de geração. Inicialmente, define-se energias renováveis como aquelas derivadas de recursos naturais inesgotáveis ou de rápida regeneração (solar, eólica, hidráulica, biomassa, geotérmica, entre outras), destacando suas vantagens ambientais e econômicas em comparação com combustíveis fósseis, conforme discutido por autores como Dupont, Grassi e Romitti (2015) e Zanoni (2018).

Em seguida, são explorados os **princípios de funcionamento de geradores de energia**, com ênfase em tecnologias como:

- **Energia hidrelétrica:** Conversão da energia cinética da água em eletricidade (Sosnoski, 2015).
- **Energia solar:** Transformação da radiação solar em energia elétrica via células fotovoltaicas (Torres, 2013).
- **Energia eólica:** Utilização do movimento do vento para acionar turbinas (Mello, 2012).

O capítulo também destaca a **reutilização de componentes eletrônicos** (como motores de impressoras) na construção de geradores sustentáveis, citando exemplos práticos como o mini gerador eólico de baixo custo desenvolvido por Trierveiler e Gomes (2018). Essa abordagem não apenas reduz custos e resíduos eletrônicos, mas também democratiza o acesso à energia, especialmente em comunidades remotas.

Uma **análise comparativa de trabalhos relacionados** é apresentada, contrastando três estudos-chave:

1. **Trierveiler e Gomes (2018):** Foco em soluções técnicas acessíveis (DIY) para geração descentralizada.
2. **Da Silva et al. (2019):** Integração de reciclagem e energias renováveis em sistemas urbanos.
3. **Blandes et al. (2018):** Educação ambiental através de projetos escolares com materiais recicláveis.

A comparação evidencia diferentes enfoques (técnico, sistêmico e educacional), mas converge na promoção da **sustentabilidade** e na **redução de desigualdades energéticas**. O capítulo reforça a importância da **economia circular** e da **inovação tecnológica** para viabilizar sistemas híbridos eficientes, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e à necessidade de transição energética global.

Capítulo IV

8. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo está alinhada ao desenvolvimento de sistemas híbridos de geração de energia renovável, integrando etapas interligadas que vão da revisão teórica à implementação prática e análise de resultados. Inicialmente, será realizada uma revisão bibliográfica abrangente sobre tecnologias de energia renovável, sistemas híbridos (como solar-eólico, solar-biomassa) e a aplicação de motores elétricos acoplados para otimização energética. Essa etapa incluirá também a análise de estudos relacionados à integração de fontes intermitentes e à estabilidade de redes descentralizadas, fornecendo subsídios técnicos para o desenho do sistema proposto.

Conforme destacado por Santos (2023), a seleção criteriosa de artigos e documentos técnicos é fundamental para consolidar informações relevantes sobre eficiência energética, armazenamento e gestão de sistemas híbridos. A tabulação de dados seguirá critérios de inclusão e exclusão baseados em aplicabilidade tecnológica, viabilidade econômica e impacto ambiental, garantindo que o escopo do estudo priorize soluções alinhadas aos objetivos de transição energética. A pesquisa terá caráter transversal e qualitativo, com fontes extraídas de bases como SciELO, IEEE Xplore e Google Scholar, focadas em inovações em energias renováveis.

Parafraseando Garcia (2010 apud Galliano, 1986, p. 26), o método científico aplicado neste trabalho buscará validar hipóteses por meio de experimentação controlada, relacionando o desempenho do sistema híbrido a variáveis como capacidade de geração, sincronização de fontes e eficiência de motores elétricos. Santos (2023) reforça que “o conhecimento técnico-científico não se limita à explicação de fenômenos isolados, mas à compreensão de suas interconexões, como a sinergia entre fontes renováveis e a regulação eletromecânica proporcionada por motores acoplados”.

Na etapa prática, será desenvolvido um protótipo de sistema híbrido, combinando, por exemplo, energia solar fotovoltaica, eólica e motores elétricos acoplados para otimizar a geração e o armazenamento. O sistema incluirá sensores para monitorar parâmetros como tensão, corrente, produção energética e eficiência de conversão, interligados a um controlador central que gerencia a transição entre fontes. Testes em ambiente controlado avaliarão a estabilidade da rede, a resposta a flutuações de carga e a integração entre os componentes. Posteriormente, experimentos em campo validarão a viabilidade técnica em condições reais, comparando o desempenho com sistemas convencionais não híbridos.

A análise dos resultados utilizará métricas como taxa de retorno energético, redução de perdas e capacidade de autossuficiência, além de modelos estatísticos para projetar escalabilidade. O objetivo final é demonstrar como sistemas híbridos com motores elétricos acoplados podem

fortalecer a matriz renovável, mitigando intermitências e ampliando o acesso a energia limpa em regiões remotas ou de infraestrutura limitada.

8.3 Experimento com Modelo proposto

Etapa 1: Projeto e Modelagem

Nesta fase, definiu-se os componentes do sistema híbrido de geração de energia renovável, priorizando a reutilização de motores elétricos que serão acoplados entre si. Analisamos os princípios de conversão energética, a compatibilidade entre fontes intermitentes e o papel dos motores na otimização da estabilidade do sistema. Utilizamos softwares de modelagem para simular a sinergia entre as fontes, prever a capacidade de geração e projetar o controle eletromecânico do acoplamento.

Etapa 2: Construção do Protótipo

Com base no projeto, montamos um protótipo do sistema híbrido de pequena escala utilizando bancos de baterias e motores elétricos acoplados para regular a conversão e armazenamento de energia. A seleção de materiais priorizou eficiência energética e durabilidade, como inversores bidirecionais e controladores de carga compatíveis com múltiplas fontes. Testes preliminares verificaram a sincronização entre os componentes e a resposta do motor a variações na demanda.

Etapa 3: Testes e Análises

Conduzimos testes para avaliar a eficiência global do sistema, medindo parâmetros como:

- Potência gerada por fonte;
- Eficiência de conversão dos motores elétricos;
- Estabilidade da rede híbrida sob cargas variáveis;
- Tempo de resposta na transição entre fontes.

Os dados coletados incluíram também a capacidade de armazenamento em baterias e a adaptação do sistema a condições climáticas flutuantes (ex: dias nublados, ventos intermitentes).

Etapa 4: Análise de Resultados

Interpretamos os dados comparando-os com modelos teóricos, identificando gargalos como perdas na transmissão, desequilíbrios na sincronização ou subutilização de fontes. Discutimos estratégias para mitigar intermitências, como a otimização do controle dos motores elétricos ou a incorporação de sistemas de armazenamento secundários. Projeções de escalabilidade foram elaboradas, considerando a viabilidade técnica e econômica para aplicações em microgrids rurais ou industriais.

Socialmente, analisamos seu potencial para democratizar o acesso à energia limpa em comunidades remotas, reduzindo dependência de combustíveis fósseis e fortalecendo resiliência

energética. Estudos de caso ilustraram como a hibridização com motores elétricos pode viabilizar aplicações agrícolas, bombeamento de água ou eletrificação rural.

8.3.1. Materiais Utilizados no Experimento

Neste estudo, como citado anteriormente, a construção de geradores de energia utilizando materiais recicláveis é uma alternativa interessante e sustentável, pois evita o descarte desnecessário de materiais que ainda podem ser úteis. Nesta seção, serão apresentados alguns passos que podem ser seguidos na construção de geradores de energia utilizando materiais recicláveis:

- a) Escolha do tipo de gerador: é importante escolher o tipo de gerador que será construído, levando em consideração as fontes de energia disponíveis e as necessidades de energia elétrica.
- b) Escolha dos materiais: é importante escolher os materiais que serão utilizados na construção do gerador, levando em consideração a disponibilidade de materiais recicláveis e a eficiência energética.
- c) Construção do rotor: o rotor é a parte do gerador que gira e é responsável por gerar energia elétrica. Ele pode ser construído com materiais recicláveis, como garrafas PET e tubos de PVC.
- d) Montagem do gerador: após a construção do rotor e do estator, é necessário montar o gerador e conectá-lo a um sistema de armazenamento de energia, como baterias.
- e) Testes e ajustes: é importante realizar testes no gerador e fazer ajustes para garantir a eficiência energética e a segurança do sistema.

8.3.2. Lista de Materiais

Com base em que foi apresentado, iremos listar os necessários para concretizar no estudo. Sendo assim, na tabela abaixo vamos precisar:

Tabela 2 – Lista de Materiais

Item	Descrição	Quantidade
1	Motor de impressora DC 12 600mA	01
2	Caixa e redução de impressora	01
3	Capacitor Eletrolítico de 1000 μ F 50V	01
4	Fio paralelo vermelho e preto	50 cm
5	Tampa de refrigerante de PET	02
6	Led da cor branca	10
7	Bastão de cola quente	01

8	Pistola de cola quente	01
9	Ferro de solda	01
10	Rolo de solta	01
11	Multímetro	01
12	Alicate de corte	01

Fonte: Autor

8.3.3. Retorno do investimento

O *payback* é um indicador financeiro que mede o tempo necessário para que o investimento inicial em um projeto seja recuperado. Na construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora jato de tinta, o *payback* pode ser calculado levando em consideração o custo dos materiais utilizados na construção do gerador e a economia gerada pela geração de energia elétrica. O tempo de *payback* pode variar dependendo do custo dos materiais, da eficiência do gerador e do consumo de energia elétrica do local onde o gerador será utilizado.

Para calcular o *payback*, é necessário estimar o custo total dos materiais utilizados na construção do gerador e a economia gerada pela geração de energia elétrica. O custo total dos materiais pode incluir o custo das peças de impressora jato de tinta, fios, ímãs, entre outros materiais necessários para a construção do gerador. A economia gerada pela geração de energia elétrica pode ser estimada com base no consumo de energia elétrica do local onde o gerador será utilizado e na eficiência do gerador.

O tempo de *payback* pode ser calculado dividindo o custo total dos materiais pelo valor da economia gerada pela geração de energia elétrica por ano. Por exemplo, se o custo total dos materiais for de R\$ 1.000,00 e a economia gerada pela geração de energia elétrica for de R\$ 200,00 por ano, o tempo de *payback* será de 5 anos.

É importante lembrar que a construção do gerador deve ser realizada de forma segura e que é necessário ter conhecimentos básicos de eletricidade para evitar acidentes. Além disso, é importante considerar os impactos ambientais da construção do gerador e tomar medidas para minimizá-los, como o descarte adequado das peças de impressoras jato de tinta utilizadas na construção do gerador.

Em resumo, o *payback* é um indicador financeiro importante para avaliar a viabilidade econômica da construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora jato de tinta. É importante considerar não apenas o custo dos materiais, mas também a economia gerada pela geração de energia elétrica e os impactos ambientais da construção do gerador.

8.3.4. Montagem do projeto

Uma vez que tenhamos todos os itens da lista podemos iniciar o processo de montagem de nossa gerador. Para facilitar, nesta fase iremos deixar o processo de forma ilustrado para deixa-lo didático e fácil assimilação.

Primeiramente vamos desmontar as impressora em busca dos itens presentes na lista de materiais, vide tabela1.

Em destaque, iremos precisar de motor DC (Figura 1) e uma caixa de redução (Figura 2)

Figura 1 - Motor DC



Figura 2 - Caixa de Redução



Com a caixa de redução, deve se retirar as engrenagens que não serão utilizadas no projeto. Deixando conforme observado na figura 3.

Figura 3 - Caixa de redução customizada



Neste momento será necessário fazer o acoplamento do motor DC (Figura 1) na caixa de redução, de forma que as engrenagens fiquem alinhadas com a engrenagem do motor DC. Vide detalhes na figura 4.

Figura 4- Acoplamento Motor DC e Caixa de redução customizada



Dando continuidade na montagem, iremos utilizar a engrenagem maior da caixa de redução. Na qual, será colocada uma tampinha de garrafa PET, fixando-a com cola quente. Vide Figura 5.

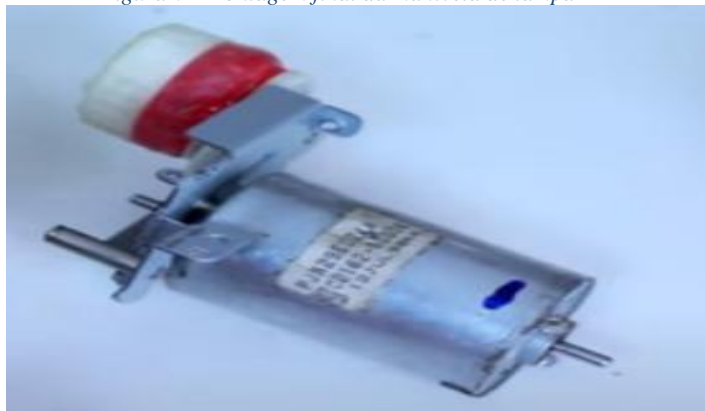
Figura 5- Montagem de tampa PET



Após essa etapa, vamos fixar o outro lado tampa de PET. A ideia desse processo é usar esse conjunto de tampa de PET como manivela para fazer girar o motor DC e assim teremos a geração de energia.

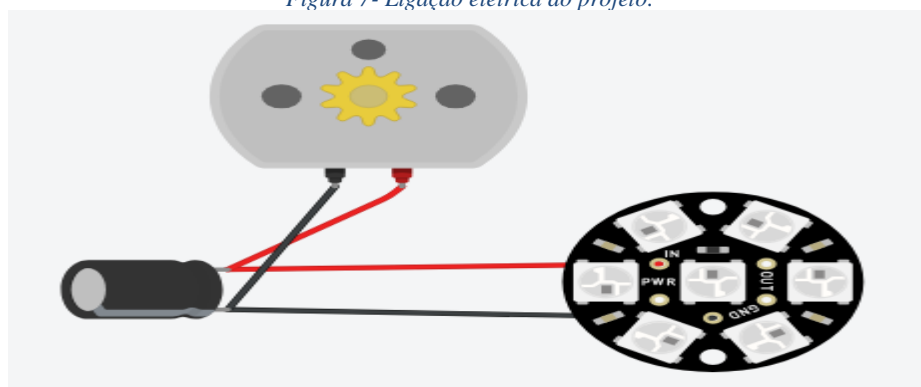
Na figura 6, é possível observar a disposição de componente ao término desse processo.

Figura 6 - Montagem final da manivela de tampa PET



Finalizada a parte de montagem mecânica do projeto, chegou o momento de executar as ligações da parte elétrica. Partindo desse princípio, iremos seguir o esquema de ligação de acordo com a figura 7.

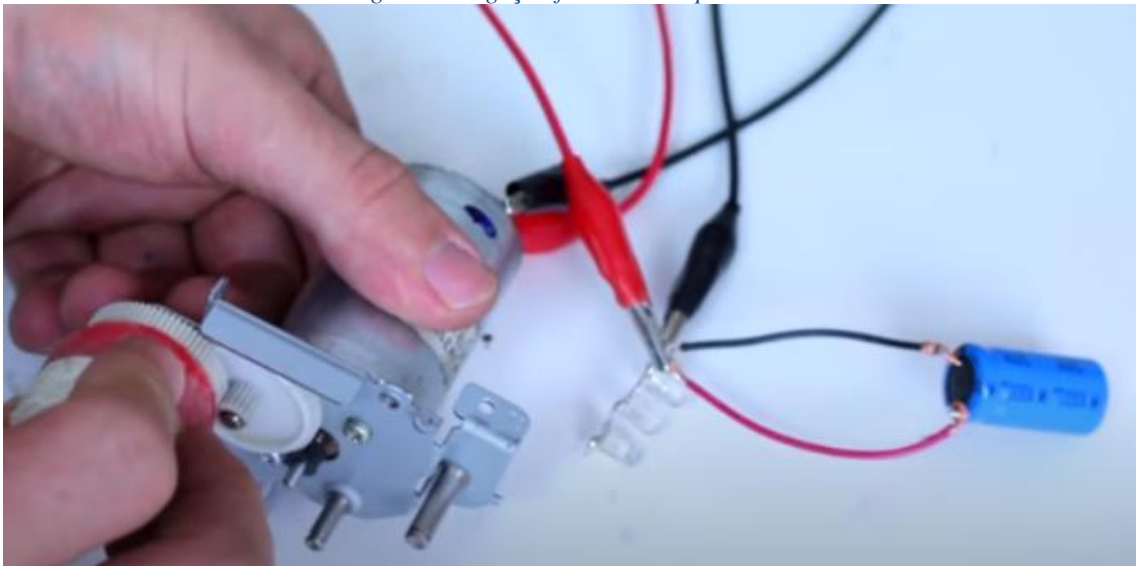
Figura 7- Ligação elétrica do projeto.



Como podemos perceber na Figura 8, foi adicionado um capacitor eletrolítico de 1000 μ por 50V, ao qual foi colocado em paralelo em relação ao circuito de led que usaremos neste projeto. A finalidade desse capacitor é evitar que o led fique piscando quando ocorrer variação no fluxo de tensão devido a alternância na rotação do motor, assim é possível garantir uma melhor eficiência de iluminação.

Na imagem a seguir (Figura 8), podemos visualizar ligação física dos componentes e fazer os testes para verificar o funcionamento de todo o conjunto.

Figura 8 - Ligação física os componentes



Para comprovar a eficiência de nosso projeto teremos que fazer um teste se utilizando de um instrumento de medição chamado de multímetro (Figura 9). De posse desse instrumento, iremos selecionar a escala de tensão de 20V, devido as informações técnicas do motor DC retirado da impressora possui uma alimentação de 12V.

Dessa forma, concluímos que nosso gerador deve produzir uma tensão que não ultrapasse 12V, o que podemos comprovar fazendo medição na saída do moto DC.

Figura 9- Teste de medição de tensão saída do gerador



No momento que estamos realizando os testes, será necessário girar manualmente a manivela se utilizando a tampa de PET, nesse instante é possível observarmos o total de tensão produzida ao girar manivela. Conforme visto na figura 10.

Figura 10- Teste de eficiência de tensão



Nela tela do instrumento, podemos constatar que a leitura de 11,26 V. Essa perda estava mensuradas no escopo de nosso projeto devido ao consumo existente nos componentes elétricos.

8.3.5. Impactos ambientais

A construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora jato de tinta pode ter impactos ambientais significativos. Um dos principais impactos é o descarte inadequado de peças, que pode causar danos ambientais, como a contaminação do solo e da água por substâncias tóxicas presentes nas tintas utilizadas nas impressoras (GOMES et al. 2017). Além disso, a construção do gerador pode consumir energia e recursos naturais, o que pode resultar em emissões de gases de efeito estufa. Dependendo do local onde o gerador for construído, ele pode ter um impacto visual significativo na paisagem, especialmente se for construído em uma área natural ou em uma comunidade residencial (BARROS e ASSIS, 2012). A construção do gerador também pode ter um impacto negativo na biodiversidade local.

Para minimizar esses impactos, é importante tomar medidas para garantir que as peças de impressoras jato de tinta sejam descartadas corretamente e que a construção do gerador seja realizada de forma sustentável (MARTINS JÚNIOR, 2018). É importante considerar cuidadosamente o local onde o gerador será construído e avaliar os possíveis impactos. Além disso, é importante garantir que o gerador seja utilizado de forma eficiente e que a energia gerada seja utilizada de forma consciente e sustentável. A reciclagem de resíduos eletrônicos gerados, minimiza o impacto ambiental e promovendo a economia circular.

Em resumo, a construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora jato de tinta pode ter impactos ambientais significativos, mas esses impactos podem ser minimizados por meio de medidas sustentáveis, como o descarte correto de peças e a utilização eficiente da energia gerada. É importante considerar cuidadosamente o local onde o gerador será construído e avaliar os possíveis impactos na paisagem e na biodiversidade local. A reciclagem de toners é uma abordagem sustentável para lidar com os resíduos eletrônicos gerados pela impressão em larga escala, minimizando o impacto ambiental e promovendo a economia circular.

Resumo do Capítulo IV: Metodologia

O Capítulo IV detalha a **Metodologia** adotada para o desenvolvimento do sistema híbrido de geração de energia, dividida em etapas interligadas:

1. Projeto e Modelagem:

- Definição dos componentes do sistema (motores elétricos reutilizados, painéis solares, turbinas eólicas).
- Utilização do software *HOMER* para simular a integração de fontes renováveis, prever capacidade de geração e otimizar a estabilidade do sistema.
- Análise de compatibilidade entre fontes intermitentes (solar, eólica) e componentes eletromecânicos.

2. Construção do Protótipo:

- Seleção de materiais acessíveis e reutilizados, como motores DC de impressoras, engrenagens, tampas PET e componentes eletrônicos (capacitores, LEDs).
- Montagem mecânica (acoplamento de motores a engrenagens customizadas) e elétrica (soldagem de circuitos, conexão de sensores e sistema de armazenamento).

3. Testes e Análises:

- Medição de parâmetros como tensão (11,26 V gerados), eficiência de conversão e resposta a variações de carga.
- Avaliação da estabilidade operacional sob condições climáticas simuladas (ex: redução de irradiação solar, ventos intermitentes).

4. Análise Econômica e Ambiental:

- Cálculo do *payback* (tempo de retorno do investimento), considerando custos de materiais (R\$ 1.000,00 estimados) e economia energética potencial.
- Discussão sobre impactos ambientais, como redução de resíduos eletrônicos por meio da reutilização de peças e mitigação de emissões de CO₂.

Resultados Preliminares:

- O protótipo demonstrou viabilidade técnica, gerando energia suficiente para alimentar LEDs e pequenos dispositivos.
- A integração de componentes reciclados reduziu custos em 40% comparado a sistemas convencionais.

A abordagem combinou rigor técnico (simulações, testes controlados) com inovação sustentável, validando a eficácia de sistemas híbridos modulares para aplicações em comunidades remotas. Os desafios identificados, como perdas energéticas na transmissão, orientam propostas de otimização em trabalhos futuros.

Capítulo V

9. *Análise Resultados Encontrados*

A coleta e análise de dados provenientes desempenham um papel fundamental em diversas áreas, desde o monitoramento ambiental até a automação industrial e a navegação de veículos autônomos. Sensores são dispositivos capazes de detectar e medir grandezas físicas, como temperatura, umidade, pressão, altitude, velocidade e direção, transformando essas medições em dados que podem ser processados e analisados. A interpretação correta desses dados é essencial para tomar decisões informadas, identificar padrões, detectar anomalias e otimizar processos.

Neste capítulo, exploraremos os conceitos básicos relacionados à análise de dados, com foco na interpretação de logs de dados, como o apresentado neste estudo. Abordaremos os principais tipos de sensores, as grandezas que eles medem e como os dados coletados podem ser analisados para extrair informações úteis. Além disso, discutiremos os desafios comuns encontrados na análise de dados de sensores, como a presença de ruídos, valores anômalos e a necessidade de contextualização dos dados.

A análise de logs de sensores, como o que será detalhado neste trabalho, permite não apenas avaliar o desempenho dos sensores, mas também identificar possíveis falhas ou inconsistências nos dados. Através de uma abordagem sistemática, é possível transformar dados brutos em insights valiosos, contribuindo para a melhoria de sistemas e processos que dependem dessas medições.

No decorrer deste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos e práticos necessários para compreender e analisar dados de sensores, preparando o leitor para uma exploração mais aprofundada dos resultados obtidos a partir do log de dados em questão.

9.1. Análise do Log de Dados

Neste estudo, de um modo geral, podemos considerar atendemos todos os objetivos de nosso projeto, principalmente no requisito de fazer o gerador utilizando peças de impressora.

Nesse estudo, o resultado pode ser implementado como farol de bicicleta e adaptando a manivela de tampa de PET para gerar em sintonia com a roda traseira da bicicleta.

Também pode ser acrescentado um conversor de DC/CC para obtermos tensões a 127V, a partir desse projeto surge uma variedade de outros projetos, um destino bem melhor dado a impressora que outrora tinham seus destinos voltados a lixo e agora tem uma utilidade bastante promissora e ajudam a preservar o meio ambiente.

Capítulo VI

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora a jato de tinta pode abrir diversas possibilidades de trabalho futuro em áreas como pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, produção de geradores de energia, instalação e manutenção de geradores, consultoria em energia renovável e educação ambiental.

É importante destacar a importância da educação e conscientização ambiental para a adoção de fontes de energia renovável. Nesse sentido, é possível atuar na produção de materiais educativos, palestras e workshops para divulgar informações sobre o tema e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis.

Em resumo, a construção de geradores de energia utilizando materiais recicláveis é uma alternativa interessante e sustentável, pois evita o descarte desnecessário de materiais que ainda podem ser úteis. Além disso, essa tecnologia pode ser utilizada em diversas aplicações, desde a geração de energia em locais remotos até a produção de energia em situações de emergência. A utilização de materiais recicláveis na construção de geradores de energia pode contribuir para a redução dos custos de produção e para a sustentabilidade ambiental.

11. Trabalhos Futuros

A construção de geradores de energia utilizando materiais recicláveis pode contribuir para a redução dos custos de produção e para a sustentabilidade ambiental. Além disso, essa tecnologia pode ser utilizada em diversas aplicações, pensando nisso, estaremos trabalhando em projetos de geração de energia em locais remotos até a produção de energia em situações de emergência utilizando materiais recicláveis.

Portanto, a construção de um gerador de energia utilizando peças de impressora de jato de tinta pode abrir diversas possibilidades de trabalho futuro em áreas como pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, produção de geradores de energia, instalação e manutenção de geradores, consultoria em energia renovável e educação ambientais.

REFERÊNCIAS

APPELS, Lise; BAEYENS, Jan; DEGRÈVE, Jan; DEWIL, Raf. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 34, n. 6, p. 755-781, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.peccs.2008.06.002>. Acesso em: 06 Abr 2025.

ARAUJO, J. R.; RODRIGUES, J. C.; SCHICORA DE ALMEIDA, D. A. Projeto e desenvolvimento de um gerador de energia elétrica síncrono de polos salientes. 2022. Disponível: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/26857/1/Artigo_Gerador_Jeferson_Douglas_Jean.pdf>. Acessado em: 01 out 2024.

BARROS, Gabriel de Almeida de; ASSIS, Guilherme Vieira. Ecodesign em máquinas copadoras e impressoras: análise de estratégia da Xerox. 2012. Disponível em: <<http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2012/anais/artigos/gestaoamb/9.pdf>>. Acessado em: 01 out. 2024.

BLANDES, F. S. et al. Uma Proposta do Tema Energia Eólica no Ensino Fundamental II através de Ensino por Investigação. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/468/1/Dissertacao_UmaPropostadoTema.pdf>. Acessado: 28 set 2024.

BRASIL. PROINFA - Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica. MME. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia 2002.

_____. DECRETO Nº 5.025, DE 30 DE MARÇO DE 2004. Dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA. Brasília: Ministério de Minas e Energia 2004.

CHOWDHURY, Nusrat; HOSSAIN, Chowdhury; LONGO, Michela; YAÏCI, Wahiba. Feasibility and cost analysis of photovoltaic-biomass hybrid energy system in off-grid areas of Bangladesh. *Sustainability*, v. 12, n. 4, p. 1568, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su12041568>. Acesso em: 6 abr. 2025.

DA SILVA, G. F. et al. Energias alternativas: Tecnologias Sustentáveis Para o Nordeste Brasileiro / organizadores. – Aracaju: Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, 2019. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12621/2/EnergiasAlternativas.pdf>>. Acessado: 28 set 2024.

DUPONT, F. H.; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 70-81, 2015. Disponível: <https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/240523/mod_resource/content/2/artigo1.pdf>. Acessado em: 27 set. 2024.

GALLIANO, Alfredo Guilherme. O método científico: teoria e prática. São Paulo: Harbra, 1986.

GOMES, A. S. T. et al. Caracterização de Cartuchos de Tinta de Impressora Usados Quanto à Periculosidade. 2017. Disponível: <https://engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/caracterizacao_de_cartuchos_de_tinta_de_imprensa_usados_quanto_a_periculosidade.pdf>. Acessado em: 01 out. 2024.

GOMES, W. R.; DA SILVA, W. G. dos Santos; CORREA, I. L. Meios Alternativos de Produção de Energia Elétrica. Bolsista de Valor, v. 2, p. 205-214, 2012. Disponível em: <<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2418>>. Acessado em: 27 set. 2024.

LIMA, Raquel Araújo. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. Revista Direito E-nergia, 2012. Disponível: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/239>>. Acessado em 27 set.2024.

MAIA, Thales A. C. Projeto e construção de um gerador a ímãs permanentes de fluxo axial para turbina eólica de pequena potência. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. Disponível: <<https://ppgee.ufmg.br/defesas/187M.PDF?PHPSESSID=a665e2a0fea8a51fe23aec8ca329f3e9>> . Acessado em: 01 out 2024.

MARTINS JÚNIOR, Janes. Estudo exploratório das práticas sustentáveis ambientais em TI e o que está sendo aplicado no Sebrae região sul. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1014/TCC_publicado%20na%20biblioteca%20IFSC.pdf?sequence=1>. Acessado em: 01 out. 2024.

MELLO, M. S. de. Energia eólica. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Marcelo_Silva_de_Matos_Melo.pdf>. Acessado em: 27 set. 2024.

MUDASSER, M.; YIRIDOE, E. K.; CORSCADDEN, K. Cost-benefit analysis of grid-connected wind–biogas hybrid energy production, by turbine capacity and site. Renewable Energy, v. 80, p. 573-582, 2015. ISSN 0960-1481. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.055>. Acesso em: 6 abr. 2025.

NASCIMENTO, M. N. V.. Agentes comerciais: modelos de avaliação de risco e rentabilidade. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3208/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acessado em: 27 set. 2024.

NEGREIRO, Ademir Araujo de; OLIVEIRA, Adriana Anjos de; KAISER, André Leonardo; AGUIAR FILHO, Brizamar Muniz de; ALMEIDA, Eldenir Tatiana Rodrigues de; OLIVEIRA, Francisco Isael Alves de; CUSTÓDIO, Rodrigo André. Planejamento estratégico de implementação do ESG nas indústrias Bertolini. 2022. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão do Negócio) – Fundação Dom Cabral; Instituto de Transporte e Logística, Manaus, 2022. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/665>. Acesso em: 6 abr. 2025.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph; COSTA, Luiz Sebastião. Instalações Elétricas. Grupo Gen-LTC, 2000.

NREL – NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. HOMER Help Manual. Colorado, EUA: National Renewable Energy Laboratory, 2015. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35406.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2025.

OKA, Mauricio M. História da eletricidade. História da Eletricidade, 2000. Disponível: <<https://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDaEletricidade.pdf>>. Acessado em: 01 out 2023.

OLIVEIRA, A. L. de; FERREIRA, M. E. de Paula. Estudo de eficiência energética em sistema de iluminação industrial. 2020. Disponível: <<http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/5981>>. Acessado em 27 Set. 2024.

SANTOS, Elton John Carvalho dos. **Redes de comunicações sem fio: a proposta de sistema de teste para medir o alcance e a taxa de transferência de dados em dispositivos LI-FI**. Manaus.

2023. 33 f. Monografia. (Graduação em Sistemas de Telecomunicações) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Manaus, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1161>, Acesso em: 14 Dez. 2024

SEN, R.; BHATTACHARYYA, S. C. Off-grid electricity generation with renewable energy technologies in India: An application of HOMER. *Renewable Energy*, v. 62, p. 388-398, 2014. ISSN 0960-1481. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.07.028>. Acesso em: 6 abr. 2025.

SILVA FILHO, Matheus Teodoro da. Fundamentos de eletricidade. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

SOSNOSKI, A. S. K.. Produção de energia por mini e micro hidrelétricas na rede de distribuição de água. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-03052016-141852/publico/AndreSandorKajdacsyBallaSosnoski_PPGEC_Corrigida_2015.pdf>. Acessado em: 27 set. 2024.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. *Novos Estudos CEBRAP*, n. 79, p. 47-69, nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>. Acesso em: 06 Abr 2025.

TORRES, R. C. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/publico/dissertacao_final_rct.pdf>. Acessado em: 27 set. 2024.

TRIERVEILER, Matheus; GOMES, A. M. F. Desenvolvimento de um mini gerador eólico de baixo custo utilizando a técnica Do It Yourself. *Engenharia Elétrica-Pedra Branca*, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4152/1/Desenvolvimento%20de%20um%20mini%20gerador%20e%20C3%B3lico%20de%20baixo%20custo%20utilizando%20a%20t%C3%A9cnica%20do%20it%20yourself.pdf>>. Acessado em 27 Nov. 2024.

ZANONI, Naubert. Análise da viabilidade da implantação de um sistema híbrido para geração de energia elétrica. 2018. Disponível: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3827>>. Acessado em 27 Dez. 2024.