

ESCOLA ESTADUAL FREI EGÍDIO PARISI

Av. Dr. Laérte Viêira Gonçalves, 2926 - Santa Mônica, Uberlândia-MG, 38408-273

**Desenvolvimento de uma Máquina Conversora de Energia Térmica
em Elétrica de forma Sustentável e Acessível**

Uberlândia, MG

2025



Alice Gonçalves Coutinho de Faria

Maísa Gonçalves da Silva

Oscar Hailuo Liu Zhang

Estudantes do Ensino Médio
Categoria Ciências da Natureza e Exatas

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA CONVERSORA DE
ENERGIA TÉRMICA EM ELÉTRICA DE FORMA SUSTENTÁVEL E
ACESSÍVEL**

Orientação pela professora Maísa
Gonçalves da Silva e Oscar Hailuo
Liu Zhang.

Início: Março/2023

Fim: Março/2026

Uberlândia, MG

2025

RESUMO

A motivação da pesquisa relaciona-se à crescente demanda energética que resulta na necessidade de fontes não renováveis para suprir o consumo, o trabalho visa a construção de uma máquina térmica de Seebeck, ponderando-se a aplicabilidade deste recurso, em diferentes áreas, com base em uma análise crítica dos protótipos considerando seus progressos de construção e adaptação, resultados e aplicações. A primeira etapa de pesquisa realizada pelos estudantes foi o levantamento bibliográfico quanto a fontes de energia sustentáveis, nesse processo, foi selecionado o estudo do Efeito Seebeck. Este efeito gera energia, por meio da conversão de temperaturas distintas entre dois pólos de um circuito. Na revisão de literatura, constatou-se diferentes aplicações deste efeito, o que demonstra a flexibilidade e adaptabilidade desta técnica, sendo assim, um objeto de estudo com potencial de exploração. A metodologia de engenharia estrutura o trabalho, deste modo, visa-se a confecção de um produto, a máquina de Seebeck. Para isso, foram necessários diferentes testes, para estabelecer parâmetros em que os protótipos seriam construídos. A pesquisa ainda está em desenvolvimento, na quinta geração do equipamento, considerando modelos, materiais e ajustes dos protótipos. A evolução do objeto nos testes realizados, já foi comprovada, por meio de verificação da quantidade de energia gerada, pois mostraram melhor desempenho em diferentes simulações. Como impacto da realização do estudo, espera-se aplicar os protótipos que tiveram o melhor desempenho em produções de demanda energética, em atividades cotidianas. Ressalta-se, que o trabalho justifica-se considerando sua contribuição aos ODS's, sendo os principais: 7 e 12, além do possível desenvolvimento de uma forma de aplicação do efeito Seebeck de uma fonte energética sustentável alternativa.

Palavras-chave: Efeito Seebeck, Placa Peltier, Sustentabilidade.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
METODOLOGIA	7
RESULTADOS	14
CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS	16



I. INTRODUÇÃO

O trabalho está sendo desenvolvido por estudantes do ensino médio da Escola Estadual Frei Egídio Parisi, em parceria com Universidade Federal de Uberlândia (UFU) no Grupo de Estudos, Pesquisas e Inovações Tecnológicas (GEPIT). Devido a preocupação dos pesquisadores com o consumo de energias oriundas de fontes não renováveis e não sustentáveis, tomou-se iniciativa para o desenvolvimento da vigente pesquisa.

Na última década, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística observou uma crescente dependência de equipamentos que utilizam energia para seu funcionamento. Segundo Nascimento e Alves (2016), o Brasil tem como base para geração de energia renováveis: Biomassa, Eólica, Geotérmica, Hidrelétricas, Hidráulica, Marítima e Fotovoltaica. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a mais usual e eficiente são as hidrelétricas, que transformam energia cinética fornecida pelo movimento da água em eletricidade. Entretanto, com o crescimento populacional e o aumento da demanda energética, não foi possível manter o uso de apenas fontes sustentáveis, veio-se a depender de meios inviáveis, destacando as Usinas Termelétricas, cujo funcionamento realiza a queima de materiais a base de carbono, que resulta na emissão de gases.

A pesquisa do grupo iniciou-se com uma revisão de literatura sobre energias renováveis, destacando as Fotovoltaicas, um objeto de estudo que foi primeiramente cogitado para estudo. Neste levantamento bibliográfico, encontrou-se o Efeito Seebeck, que em 1821 foi consolidado por Thomas Seebeck. Segundo Ando Junior (2014), o efeito tem por definição que a transformação de energia térmica em elétrica, é fornecida pela diferença de temperatura entre dois pólos de um circuito, constituídos respectivamente pela presença e ausência de calor.

Visando o desenvolvimento de um meio alternativo de geração de energia sustentável, aprofundou-se em possíveis formas de conversão elétrica. Deparando-se com aplicações executáveis, o que motiva a realização da pesquisa, pois torna-se mais possível cumprir as metas estabelecidas.

Lançado pela *National Aeronautics and Space Administration* (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, NASA) em 5 de setembro de 1977, a sonda espacial Voyager I,

registrou recentemente o rompimento da heliosfera, a fronteira final do sistema solar. Seu funcionamento e movimentação provém da eletricidade gerada pelo Efeito Seebeck que, para altas temperaturas, utiliza três geradores termoelétricos radioisótopos e para baixas, usufrui da temperatura ambiente do espaço sideral.

Possíveis aplicações do efeito para a conversão de energia de forma sustentável, são os carros. Sendo os dois pólos de pontos térmicos distintos: o escapamento, que mantém calor, e o seu sistema de auto resfriamento que dispõe da ausência do mesmo. Estudos realizados indicam que ao introduzir este sistema, em um veículo, seria possível obter 5% de isenção de combustíveis.

Desde modo, como resultado destas pesquisas verificou-se a viabilidade do efeito para a transformação de energia, motivando o grupo à uma pergunta: “É possível construir um protótipo funcional que converte energia térmica, em elétrica, de forma sustentável e viável utilizando o Efeito Seebeck?”.

Atendendo ao problema referente à crescente demanda energética, o projeto justifica-se igualmente, para o requerimento da conclusão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) elaborados pela Organização das Nações Unidas. Contribuindo principalmente às metas 7, energia limpa e acessível, e 13, ação contra a mudança global do clima.

I.I Objetivos

Objetivo geral

Verificar a viabilidade e eficiência da aplicação do Efeito Seebeck na transformação da energia térmica em energia elétrica, levando em consideração aspectos sustentáveis, renováveis e econômicos.

Objetivos Específicos

- Estudar sobre geração de energia e o Efeito Seebeck;
- Realizar uma revisão de literatura na área da proposta, com destaque em trabalhos relacionados a experimentos científicos com energia térmica;
- Construir um protótipo para testes de uma Máquina Térmica de Seebeck para conversão

de energia térmica em energia elétrica;

- Avaliar a eficiência do protótipo, por meio de testes, de uma Máquina Térmica de Seebeck para a conversão de energia térmica em energia elétrica;
- Alinhar determinados problemas, considerando a análise dos testes realizados;
- Refazer os testes com base em eventuais modificações;
- Analisar os resultados, para produção de relatórios e trabalhos científicos;
- Verificar a viabilidade do uso dessa tecnologia, seus impactos ambientais durante a produção, operação e descarte dos materiais empregados;
- Contribuir de forma efetiva com o alcance do 7º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU: Energia limpa e acessível;
- Apresentar à sociedade, em eventos e outros meios de divulgação científica, uma forma de produção de energia sustentável, renovável e econômica, que seja uma alternativa tendo em vista o crescente consumo.

Estes objetivos foram suporte para organização do cronograma de atividades do projeto, orientando os pesquisadores na busca de alcançar estas metas.

II. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como investigação científica, originária de uma hipótese, na qual se pretende observar e classificar um fenômeno, especialmente em condições controladas, sendo uma pesquisa quantitativa. Assim, o trabalho se trata de uma experimentação em que se construiu um protótipo e observou-se seu comportamento em condições pré-definidas, dando atenção aos seus dados numéricos.

Em relação à pesquisa bibliográfica foram realizados estudos sobre conceitos das ciências físicas em livros, artigos, sites, vídeos sobre eletricidade básica, termodinâmica e Efeito Seebeck, além da análise de textos sobre formas de conversão de energia térmica em energia elétrica.

Para a construção do protótipo foram observadas vídeo aulas sobre formas de construção de uma Máquina Térmica de Seebeck, que serviram como suporte técnico na construção do protótipo, identificando os materiais e experimentos necessários. A Máquina Térmica de Seebeck

foi construída em uma bancada de laboratório e durante a produção foram descobertas todas as potencialidades da utilização de energia térmica para geração de corrente, além da tensão elétrica do experimento. Também foram realizados testes direcionados à verificação das possibilidades de utilização de energia através da presença de calor para geração de energia elétrica, considerando temperaturas diferentes entre dois pólos, em uma diferença de 70°C á 80°C.

A proposta de pesquisa se embasou em reuniões semanais entre pesquisadores, coorientador e orientadora, além de professores colaboradores, visando discutir as etapas de pesquisa, debater sobre os principais conceitos e a revisão de literatura, além da construção do protótipo e a realização dos experimentos. Embora com pouca frequência, as reuniões também são feitas de forma remota, principalmente para produção de textos.

No diário de bordo registra-se as discussões, testes, atividades propostas do coorientador e orientadora, resultados de pesquisas, minicursos de formação que os integrantes participam no GEPIT. Em geral, deixa-se registrado tudo o que é feito em todas as reuniões, de forma organizada.

No início da pesquisa, discutiu-se sobre as áreas de interesse dos integrantes, chegando na proposta de investigar a viabilidade e eficiência da aplicação do Efeito Seebeck na transformação da energia térmica em energia elétrica entendendo melhor o que realmente era desejado como tema a ser pesquisado.

Posteriormente definiu-se a proposta de pesquisa, que busca uma forma alternativa de conversão de energia térmica em elétrica, nos quais os processos e resultados devem ser sustentáveis e acessíveis. Notou-se a existência de inúmeras possibilidades de captação do calor e sua ausência, das quais se sobressaem a utilização do efeito Seebeck e da placa Peltier.

“A Primeira Lei da Termodinâmica afirma o seguinte: a variação da energia interna de um sistema é dada pela diferença entre o calor trocado com o ambiente e o trabalho realizado no processo termodinâmico (PARANÁ, 1999, p.321).” Deste modo, amparado na Primeira Lei da Termodinâmica, descobriu-se o efeito Seebeck, que de acordo com ANDO JUNIOR (2014), o mesmo permite a conversão de energia térmica em energia elétrica, quando condutores diferentes estão com as suas extremidades unidas e submetidas a diferentes temperaturas.

Foram realizados estudos em documentários, artigos, livros e vídeos, posteriormente

decidiu-se aplicar o efeito Seebeck em um circuito baseado nas informações obtidas. Esperava-se do mesmo a captação de energia térmica convertendo-a em elétrica. A partir de estudos sobre formas de construção de uma Máquina Térmica de Seebeck, realizou-se a produção de protótipos para verificar a viabilidade do efeito estudado. Para a construção das máquinas, foram necessários os seguintes materiais:

- Protótipo 1 - 2 placas de fenolite, 2 arames galvanizados, estanho e fio de cobre;
- Protótipo 2 - 2 placas de fenolite, 2 arames galvanizados, estanho, fio de cobre e gelo;
- Protótipo 3 - placa Peltier, 2 recipientes de plástico, água e gelo;
- Protótipo 4 - placa Peltier, 2 latas de alumínio com tampa, água e gelo;
- Protótipo 5 - placa Peltier, dissipador, tampa de pote grande, copo de alumínio, água e gelo.

Em relação às ferramentas e equipamentos, foram utilizados:

- Protótipo 1 - multímetro, alicates, serras e ferro de solda;
- Protótipo 1 - multímetro, alicates, serras, ferro de solda e caixa de isopor;
- Protótipo 3 - multímetro, termômetro infravermelho e tablet;
- Protótipo 4 - multímetro, 2 termômetros infravermelho e tablet;
- Protótipo 5 - multímetro, 2 termômetros infravermelho e tablet.

A construção dos protótipos foi amparada na utilização do efeito Seebeck para geração de corrente e tensão elétrica do experimento, de forma alternativa à atual placa solar. Durante a construção dos protótipos, observou-se dificuldade nos resultados obtidos pelos termômetros infravermelhos necessários para a verificação das temperaturas atingidas, além de dificuldades com o manuseio de materiais frágeis e construções delicadas em tamanho pré definido.

III. RESULTADOS

Após a construção da Máquina Térmica de Seebeck, foram realizados os testes conforme os estudos da pesquisa e chega-se à conclusão de que é possível a conversão de energia térmica em energia elétrica.

Em um primeiro teste, aplicou-se a diferença de temperatura entre os dois pólos do circuito a partir da aproximação do ferro de solda a um dos pólos, mantendo o outro em

temperatura ambiente, assim, gerando um resultado de 0,5 microampéres medindo com o multímetro.

Figura 1: Teste com a aproximação do ferro de solda



Fonte: Acervo próprio.

Em uma segunda experimentação, utilizou-se materiais para intensificar a diferença de temperatura, adicionando gelo em uma das extremidades e o fornecimento de calor com o ferro de solda em outra extremidade, obtendo um resultado de 1.1 microamperes.

Figura 2: Variação da temperatura a partir de gelo



Fonte: Acervo próprio.

Após a realização desses testes, verificou-se a funcionalidade do protótipo construído, viabilizando novas experimentações expondo o circuito a luz solar. Não foram obtidos resultados significativos nesta etapa, assim prosseguiu-se para a execução de novos testes.

Figura 3: Circuito Exposto ao Calor Solar



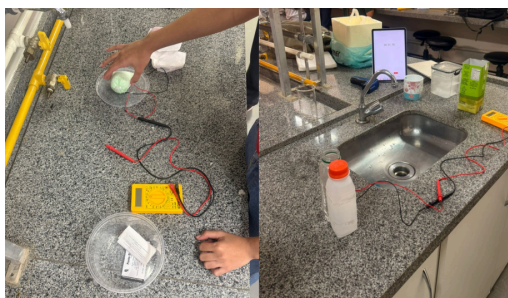
Fonte: Acervo próprio.

Também foram elaborados testes com uma placa Peltier, a partir do fornecimento de calor através de um recipiente de plástico com 250 ml de água a uma temperatura de 54°C, no meio a placa Peltier e representando a ausência de calor com 250 ml de água e gelo em um recipiente idêntico, formando uma espécie de “sanduíche”. A partir dessa estrutura, a Máquina Térmica chegou a produzir até 0,41 volts de corrente.

Posteriormente, utilizou-se novamente materiais para auxiliar a diferença de polaridade, para isso, aderiu-se a recipientes de metais, assim atingindo uma maior diferença de temperatura e gerando um resultado de 1,1 volts.

Para um novo teste, optou-se por utilizar uma nova placa Peltier, um dissipador e um recipiente maior para conter a água e o gelo. Nesse teste foi obtido um resultado de 1,62 volts.

Figura 4: Testes realizados



Fonte: Acervo próprio.

Como resultado esperado dos próximos testes, espera-se atingir 1,2 volts, considerando que esses parâmetros não foram atingidos, a proposta sofrerá possíveis modificações.

IV. CONCLUSÕES

No momento, entende-se que seja possível a transformação de energia térmica em energia elétrica, sem a utilização de placas fotovoltaicas. Porém, ainda se tem o desafio de determinar a possibilidade e viabilidade da transformação de energia solar em energia elétrica, sem o uso dessas placas.

Pretende-se, em ações futuras, expor novamente o protótipo à luz solar, com maior intensidade e período, acumulando assim mais calor e, talvez, alcançando melhores resultados. Também espera-se analisar financeiramente o uso do protótipo como possível substituto às placas fotovoltaicas.

Como próximos passos, planeja-se verificar a funcionalidade dos protótipos construídos em diferentes aplicabilidades.

V. REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Ministério de Minas e Energia**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel>. Acesso em: 3 jun. 2024.

ANDO JUNIOR, Oswaldo Hideo. **Protótipo de um microgerador termoeletrico para captação de energias residuais baseado no Efeito Seebeck com sistema de transferência de calor intercambiável**. 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/103721>. Acesso em: 10 maio 2024.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme>. Acesso em: 3 jun. 2024.

EJIOFOR, Chiwetel Umeadi. **O menino que descobriu o vento**. Filme, 2019. Disponível em: <https://www.netflix.com/title/80200047>. Acesso em: 3 jun. 2024.

ELETROENSINO. **O que é o efeito Seebeck**. 2020. Disponível em: <http://eletroensino.blogspot.com/2020/03/o-que-e-o-efeito-seebeck.html>. Acesso em: 16 jun. 2024.

FERREIRA, N. C. et al. **Geographic and gender diversity in the Brazilian Academy of Sciences**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 90, p. 2543-2552, 2018.

GUITARRARA, Paloma. **Energia hidrelétrica**. Brasil Escola, 2022. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm>. Acesso em: 1 jul. 2024.

GUTERRES, António Manuel de Oliveira. **A mensagem do Secretário-Geral das Nações Unidas: lançamento do Relatório sobre Lacunas de Produção do PNUMA**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://productiongap.org>. Acesso em: 3 jun. 2024.

IAQUINTO, Beatriz Oliveira. **A sustentabilidade e suas dimensões**. Revista da Esmesc, v. 25, n. 31, p. 157-178, 2018. Disponível em: <https://revista.esmesc.org.br/re/article/view/187/161>. Acesso em: 1 jul. 2024.

IEA. Agência Internacional de Energia. **Ministério de Minas e Energia**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em: 3 jun. 2024.

INATOMI, L. A.; UDAETA, G. P. **Saiba o que são gases tóxicos e quais seus impactos para a humanidade**. Disponível em: <https://laboratoriocsl.com.br/saiba-o-que-sao-gases-toxicos-e-quais-seus-impactos-para-a-humanidade/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

LIMA, Williams da Silva Guimarães de et al. **Impactos ambientais na produção de energia na hidroelétrica**. Revista Campo do Saber, v. 4, n. 4, p. 106-132, ago./set. 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/amand/Downloads/147-530-1-PB.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2024.

LOPES, Mariana Cristina; TAQUES, Fernando Henrique. **O desafio da energia sustentável no Brasil**. Brasil, 2016. Disponível em: <https://revistas.unochapeco.edu.br/cadernosdeeconomia>. Acesso em: 4 jun. 2024.

LOUREIRO, Solange Maria; PEREIRA, Vera Lúcia Duarte do Valle; JUNIOR, Waldemar Pacheco. **A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável na educação em engenharia**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 306-324, jan./abr. 2016. Acesso em: 1 jul. 2024.

MUNDO EDUCAÇÃO UOL. **Fontes renováveis de energia**. 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>. Acesso em: 1 jul. 2024.

NASCIMENTO, Raphael Santos do; ALVES, Geziele Mucio. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica; XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação; VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, Toledo, Paraná, Brasil, 2016.

Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf. Acesso em: 10 maio 2024.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Mission Voyager Espace**. NASA, 2023. Disponível em: <https://science.nasa.gov/mission/voyager/spacecraft/>. Acesso em: 9 nov. 2024.

OLIVEIRA, Alana Camoça Gonçalves de. **O petróleo africano no horizonte do Brasil: a relação entre política externa brasileira e a energia nas relações Brasil-Nigéria e Brasil-Angola (2003-2014)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Economia Política Internacional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PEPI/dissertações/2015/Alana_Camoça_Gonçalves_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 1 jul. 2024.

ONU BRASIL. **Articulando os programas de governo com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: orientações para organizações políticas e a cidadania**. Sistema ONU no Brasil, 2018. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-10/Publicação%20Articulando%20os%20ODS_REQ_ID_6998.pdf. Acesso em: 8 maio 2024.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física para o Ensino Médio**. São Paulo: Editora Ática, v. único, 1999. Acesso em: 4 jun. 2024.

PINTO, É. J. S.; CARVALHO, M. E. P.; RABAY, G. **As relações de gênero nas escolhas de cursos superiores**. Revista Tempos e Espaços em Educação, v. 10, n. 22, p. 5, 2017.

SOUSA, Rafaela. **Fontes renováveis de energia**. 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>. Acesso em: 20 jun. 2024.

TORRESI, Susana I. Córdoba de; PARDINI, Vera L.; FERREIRA, Vitor V. **O que é sustentabilidade?** Química Nova, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/VkxbRDxfJvvpwRjZfCTsJYC/?format=html>. Acesso em: 1 jul. 2024.

VENÂNCIO, Geovana Vieira. **Regulamentações e fontes de financiamento para produção de energia fotovoltaica: um estudo na cidade de Uberlândia-MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/35045/1/RegulamentaçõesEFontes.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.