

SESI JOSÉ CARVALHO

**ENERGIA SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DO FOGÃO A LENHA: APLICAÇÃO DO
EFEITO SEBEECK.**

Feira de Santana, BA

2024



Alyce Boaventura Figueirêdo

Rebeca Santana Rios

Ana Lúcia Vilaronga Barreto

Energia sustentável através do fogão a lenha: aplicação do efeito seebeck

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica. Orientação da Prof. Ana Lúcia Vilaronga Barreto

**Feira de Santana, BA,
2024**



RESUMO

O projeto se baseia na utilização de termopares para converter energia térmica em energia elétrica, explorando o efeito Seebeck, que ocorre devido à diferença de temperatura entre as junções quente e fria dos termopares. Este efeito é fundamental para a transformação da energia térmica em elétrica, oferecendo uma solução inovadora para geração de eletricidade. No projeto, são empregados materiais isolantes de alta qualidade para assegurar a separação térmica adequada, o que contribui para otimizar a eficiência geral do sistema. A principal fonte de calor utilizada é o vapor proveniente de um fogão a lenha, um recurso acessível em muitas áreas rurais e não urbanas. A escolha do fogão a lenha como fonte de calor é estratégica, considerando que ele é uma fonte de energia comum em regiões onde recursos elétricos são limitados. Os materiais isolantes desempenham um papel crucial, evitando a perda de calor e garantindo que a diferença de temperatura entre as junções dos termopares seja maximizada, o que é essencial para a produção eficiente de eletricidade. Dessa forma, o sistema não só aproveita o calor residual do fogão a lenha, mas também contribui para uma maior eficiência na conversão de energia térmica. O objetivo principal do projeto é fornecer uma solução sustentável e com excelente custo-benefício para a geração de energia em áreas não urbanas. A ideia é tornar os recursos energéticos mais acessíveis para os moradores dessas regiões, utilizando tecnologias que são tanto simples quanto eficazes. Ao examinar mais profundamente nesse contexto, é possível ver como soluções como esta podem ter um impacto significativo em áreas rurais, onde a falta de infraestrutura elétrica pode ser um desafio constante. Assim, o projeto representa uma abordagem prática e inovadora para melhorar a qualidade de vida e a sustentabilidade em regiões afastadas, com o potencial de transformar a maneira como a energia é gerada e utilizada em comunidades menos favorecidas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, energia e efeito Seebeck.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA.....	7
3 OBJETIVO GERAL	8
4 METODOLOGIA	9
5 RESULTADOS OBTIDOS	15
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
7 REFERÊNCIAS.....	23



1 INTRODUÇÃO

Atualmente, milhares de residências localizadas em áreas distantes das zonas urbanas, possuem acesso limitado à distribuição de energia elétrica. Isso acontece devido a uma combinação de diversos fatores, que contribuem para o difícil acesso, desde a distância e isolamento, até as dificuldades técnicas, que complicam as instalações e manutenções da rede elétrica, e consequentemente, sujeitam a população à dependência de outras fontes energéticas de mais fácil acesso, porém com custos elevados. De acordo com Casatti (2022), “Por não ter ligação direta com a rede elétrica convencional, a energia fotovoltaica é a melhor para quem precisa de energia e não encontra suporte nos meios convencionais”. Nesse contexto, os pequenos produtores rurais enfrentam grandes desafios. A falta de acesso à energia elétrica limita sua capacidade de produção e modernização, prejudicando o armazenamento de alimentos, a irrigação e o uso de maquinário. Sem condições financeiras para instalar outros sistemas de energia.

A escassez elétrica que prevalece atualmente, é causada principalmente pelo crescimento industrial que passou a ser prioridade no Brasil, desde a década de 70, em razão disso, os polos urbanos e centros industriais, acabou excluindo o acesso de eletricidade aos pequenos consumidores rurais. Segundo Scielo Proceedings (2024).

Em suma disso, diversos acidentes já foram registrados devido ao inadequado fornecimento elétrico em zonas rurais, como exemplo, durante o período da pandemia do COVID-19, quando diversos agricultores enfrentaram ainda mais dificuldades, por conta da interrupção dos serviços e ao acesso limitado a insumos, a falta de eletricidade agravou esse cenário, pois os produtores não conseguiram armazenar o excedente de produção de forma adequada, resultando em perdas maiores. Dessa forma:



“Tinha sido organizada aqui uma produção de verduras e muitas dessas verduras estragaram porque não chegaram nas mãos dos consumidores, o que acarretou grandes prejuízos nesse sentido”, exemplifica, ao mencionar “uma grande perda” ocorrida em meados de março, quando mais de 80% dos produtos acabaram tendo a lata de lixo como destinação. ” SAMPAIO (2020).

Diante do exposto, observa-se que produtores agrícolas de baixa renda, vem procurando fontes alternativas de energia, que consiga atender de forma eficiente a sua produção. Nessa vertente, em 1958, na missão Luna 1, da União Soviética utilizou termopares para produzir energia elétrica em larga escala, utilizando geradores termoelétricos de radioisótopos, que funcionam com base do efeito Seebeck. Esses geradores converteram o calor proveniente do decaimento radioativo em energia elétrica, utilizando termopares como parte da tecnologia.

O efeito Seebeck, se aplica através de uma diferença de potencial sobre duas junções de condutores, de materiais diferentes, quando estão expostos a diferentes temperaturas. Esse fenômeno físico, está diretamente relacionado ao uso de termopares, duas ligas metálicas, com diferentes condutividades, unidos nas extremidades. Quando essas junções estão em temperaturas diferentes, elas utilizam o efeito Seebeck para criar uma diferença de temperatura, capaz de criar uma tensão elétrica, que pode ser utilizada para gerar energia elétrica.

Com auxílio disso, o projeto desenvolvido, propõe resolver problemas enfrentados por pequenos agricultores, ao analisar que 30% de famílias utilizam fogões a lenha em suas residências diariamente. Nessa lógica, visamos utilizar o vapor dissipado desses fogões, como principal fonte de calor para aquecer um dos fios metálicos presente no termopar, dessa maneira, a diferença de potencial presente no circuito, será capaz de criar uma tensão elétrica e gerar eletricidade capaz de suprir as necessidades desses agricultores, oferecendo uma solução sustentável e de baixo custo.



2 JUSTIFICATIVA

O consumo exorbitante de energia elétrica é inegável, e tem influência significativa nos âmbitos sociais, econômicos e políticos. No entanto, é crucial reconhecer que, mesmo com essa alta demanda, cerca de um milhão de pessoas no Brasil ainda não tem de acesso a esse recurso essencial e 13% da população total brasileira não conseguem pagar a conta de luz, devido ao seu alto custo. Essa disparidade evidencia não apenas uma questão de infraestrutura, mas também um desafio social e econômico que demanda soluções inovadoras e sustentáveis.

Portanto, o projeto tem por foco, acessibilizar energia elétrica, nas comunidades mais afastadas da zona urbana. Essa abordagem sustentável ajudaria na expansão de locais com acesso a eletricidade, de maneira em que o custo benefício seria viável para os mais desfavorecidos e promoveria um “impacto ambiental” mais positivo, com a reutilização do calor interno do ambiente em que se encontra o forno a lenha, através do vapor liberado ao cozinhar alimento.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Promover o acesso à energia sustentável e de baixo custo para pessoas da zona rural, utilizando a energia térmica gerada pelo fogão a lenha. Ao reutilizar o calor residual desse fogão, é possível transformar um recurso já disponível em eletricidade, oferecendo uma solução econômica e ecológica para melhorar as condições de vida nessas áreas remotas.

3.2 Objetivos específicos

- Integrar o sistema de termopares com fornos a lenha existentes;
- Maximizar a eficiência da conversão térmica em elétrica;
- Desenvolver um sistema de armazenamento de energia;
- Estudar o efeito Seebeck e suas aplicações;
- Construir uma maquete simulatória;
- Testar a eficiência do termopar;



4 METODOLOGIA

1. Materiais:

Fundamentado em trabalhos estudados, foi desenvolvido o projeto com a aplicação do efeito Seebeck na convenção de energia elétrica.

- Multímetro;
- Termopar tipo k;
- Soprador térmico;
- Maquete de argila (simulatória do forno a lenha);
- Terminais

1.1. Métodos

O termopar tipo K, utilizado no projeto, foi escolhido para a realização do projeto, pois possui uma ampla faixa de temperatura, geralmente de -200°C a 1260°C , tornando-o versátil para diversas aplicações, é relativamente estável e menos suscetível a degradação em altas temperaturas em comparação com outros termopares, além de ser mais acessível em termos de custo. O termopar tipo K é formado por duas ligas metálicas distintas: o níquel e o cromel, que é uma liga de níquel e cromo.

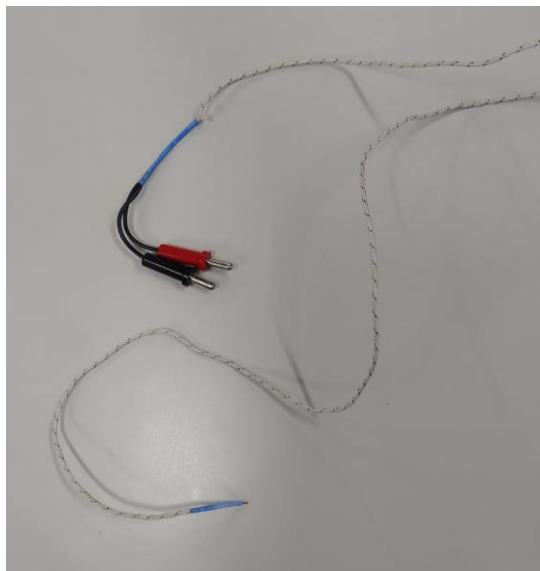


Foto: Termopar tipo K

Essas duas ligas são unidas em uma extremidade, formando uma junção que é sensível à temperatura. A outra extremidade do termopar é geralmente mantida em uma temperatura de referência, como a temperatura ambiente.

A estrutura do termopar tipo K é projetada para garantir durabilidade e resistência a condições adversas, como umidade e ambientes corrosivos. Fios isolantes são utilizados para conectar a junção ao sistema de leitura, minimizando interferências e garantindo a precisão das medições.

Para a comprovação do estudo teórico, realizamos algumas testagens com o termopar sendo submetido a um calor aproximado do forno a lenha. A tensão gerada foi medida e convertida em uma leitura de temperatura por meio de um dispositivo eletrônico, voltímetro. O valor da tensão é então interpretado de acordo com tabelas de calibração específicas para o termopar tipo K.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
460	18,941	18,983	19,026	19,068	19,111	19,154	19,196	19,239	19,281	19,324
470	19,366	19,409	19,451	19,494	19,537	19,579	19,622	19,664	19,707	19,750
480	19,792	19,835	19,877	19,920	19,962	20,005	20,048	20,090	20,133	20,175
490	20,218	20,261	20,303	20,346	20,389	20,431	20,474	20,516	20,559	20,602
500	20,644	20,687	20,730	20,772	20,815	20,857	20,900	20,943	20,985	21,028
510	21,071	21,113	21,156	21,199	21,241	21,284	21,326	21,369	21,412	21,454
520	21,497	21,540	21,582	21,625	21,668	21,710	21,753	21,796	21,838	21,881
530	21,924	21,966	22,009	22,052	22,094	22,137	22,179	22,222	22,265	22,307



Foto- retirada do site: <https://www.temperatura.com.br/>

Para melhor compreensão da aplicação real do projeto, construímos uma maquete simulando o processo do forno lenha. Primeiramente, escolhemos trabalhar com argila.



Foto: argila utilizada

Construímos uma base retangular, com medidas: 19 X 21 X 15, com uma abertura lateral para entrada do termopar.



Fonte: Próprio autor

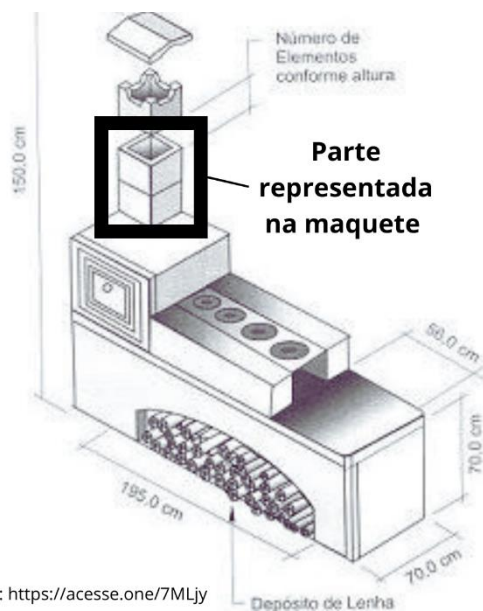


Fonte: Próprio autor

Analizamos o desing da maquete com o fogão a lenha.



Fonte: Próprio autor



Fonte: <https://acesse.one/7MLjy>

Fonte: Próprio autor

Após a conclusão do processo de secagem da argila, iniciamos a fase de testes, durante a qual procedemos à medição da tensão elétrica gerada. Para tal, utilizamos um termopar, que permitiu registrar as variações de temperatura de maneira precisa. Além disso, empregamos o auxílio de um soprador térmico, que facilitou o controle da temperatura durante os experimentos, garantindo assim a obtenção de dados confiáveis e representativos para a análise do comportamento da argila sob as condições estabelecidas.





Fonte: Próprio autor



Fonte: Próprio autor

Fonte: Próprio autor



Fonte: Próprio autor

Após a realização dos experimentos, conseguimos validar a comprovação teórica da aplicação do termopar no contexto de um forno a lenha. Entretanto, visando a implementação em escala de um projeto prático, será fundamental aprimorar o circuito desenvolvido, de modo a garantir sua eficiência e adequação às necessidades específicas do sistema.



Metodologia esquematizada

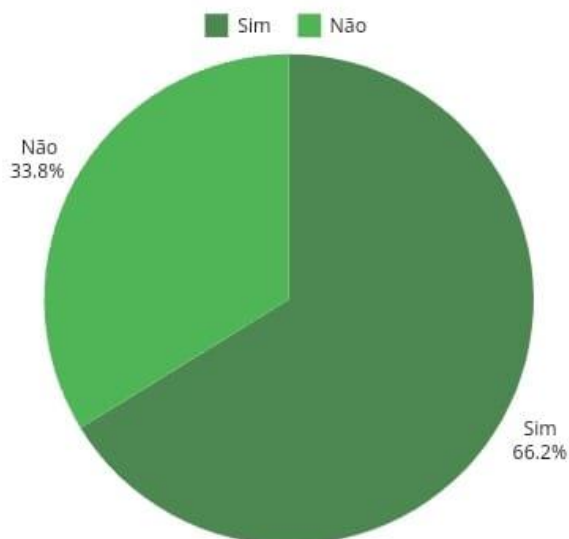
Fonte: Próprio autor



5 RESULTADOS OBTIDOS

Para compreender a viabilidade e importância do projeto, foi realizado um formulário para o público com 4 perguntas objetivas, que obteve um total de 154 respostas. Os resultados de cada questão podem ser analisados a seguir:

1. Você tem, ou conhece alguém que tenha casa em áreas rurais sem eletricidade ou com baixa qualidade de energia?



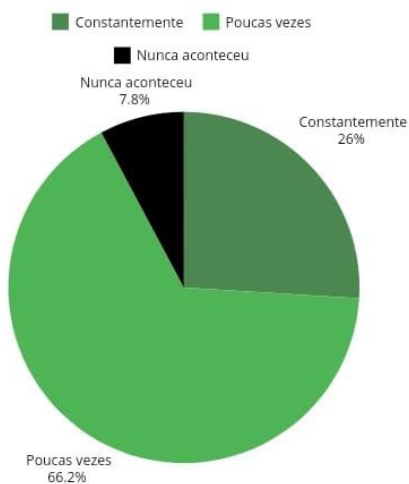
- 66,2% dos participantes indicam que possuem ou conhecem alguém que tenha residências em áreas rurais sem eletricidade ou com fornecimento de energia de baixa qualidade, o que confirma a recorrência desse problema.

2. Com que frequência ocorrem falhas ou interrupções no fornecimento de energia elétrica?



- Nesta questão, mesmo que a maioria das pessoas tenha dito que as interrupções de energia em suas casas rurais acontecem raramente, há lugares que enfrentam esse problema com frequência. Isso indica que a falta de energia ainda é um problema comum em algumas áreas.

3. Você possui ou conhece alguém que possui fogão a lenha?

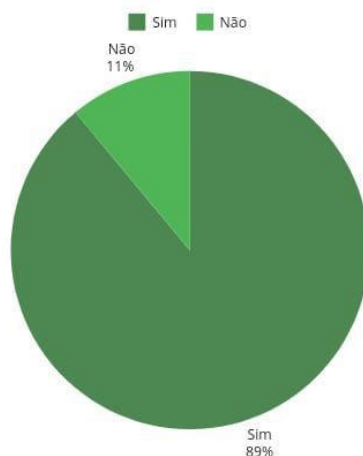


- Essa pergunta nos leva a concluir que o fogão a lenha ainda é bastante utilizado na sociedade, qual coisa que se torna viável ao



nosso projeto, levando em conta que o vapor do fogão é a principal fonte de calor, para que ocorra a diferença de temperatura.

4. Você acha que seria viável um projeto que reaproveite o vapor dissipado de um fogão a lenha para gerar energia elétrica?



- De 154 respondentes, 89% concordam que a aplicabilidade do projeto seria viável para a sociedade.

De acordo com o físico Thomas Johann Seebeck, ao conectar dois materiais diferentes e manter suas extremidades a diferentes temperaturas, ocorrerá uma conversão térmica em elétrica. Isso ocorre, pois os elétrons presentes nas regiões mais quentes ganham mais energia e se movem mais rápido. Esses movimentos criam uma corrente elétrica do lado quente para o frio.

Imagens da construção do protótipo. A argila é constituída por partículas finas de minerais, predominantemente silicatos, originadas da decomposição de rochas, assim como o barro, que é frequentemente utilizado na construção de fogões a lenha. Em razão de suas propriedades e características, decidimos utilizar a argila no processo de construção do protótipo.



Fonte: Próprio autor

Após a construção do protótipo, realizou-se à avaliação do termopar e à quantificação da tensão elétrica gerada quando exposto ao vapor. Observou-se que a geração de tensão elétrica aumenta em conjunto com a temperatura e o tempo à qual o fio é submetido.



Fonte: Próprio autor

Foi observado que, quanto maior a temperatura e o tempo em que o termopar é exposto, maior será a tensão elétrica gerada. Embora o soprador térmico, material utilizado para aquecer o fio metálico, possa alcançar temperaturas de até 500 °C, acredita-se que ele não tenha atingido sua temperatura máxima, pois o fio não ficou exposto tempo suficiente.



Estima-se que o termopar, exposto a uma temperatura de $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 minuto, gere 20 mV. Assim, com base nas testagens realizadas, supõe-se que, ao ser exposto a uma temperatura média por 9 minutos, o termopar gerará uma tensão de aproximadamente 1,8 V, o que é suficiente para acender um LED.

Com as testagens, analisou-se a necessidade de expor o termopar por um tempo maior ao soprador. Isso permitirá verificar com mais precisão o tempo necessário para alcançar uma determinada temperatura, além de validar se, ao atingir a temperatura máxima do soprador térmico, a tensão permanecerá variável ou se se tornará constante. Após nova testagem, foi possível confirmar que, ao ser exposto por mais tempo a altas temperaturas, a tensão continua a crescer de forma linear. No entanto, observa-se que, após alcançar a temperatura máxima do soprador térmico, a tensão se torna constante. Esses resultados demonstram a possível eficiência do projeto, considerando que toda a tensão gerada inicialmente será armazenada antes de ser distribuída.



6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto que visa a transformação da energia térmica dissipada pelo fogão a lenha em energia elétrica, por meio do uso de termopares, representa um avanço significativo para as comunidades rurais, frequentemente caracterizadas por sua vulnerabilidade energética. Ao explorar uma fonte de energia já amplamente utilizada e acessível, conseguimos não apenas desenvolver uma solução inovadora e sustentável para a geração de eletricidade, mas também proporcionar uma alternativa viável que fortalece a autonomia energética dessas comunidades.

Os resultados obtidos ao longo do projeto demonstraram a viabilidade técnica e econômica da conversão de calor em eletricidade, evidenciando a eficiência dos termopares na captura das variações térmicas. Essa tecnologia permite que as famílias que dependem do fogão a lenha possam gerar eletricidade de maneira prática, reduzindo a necessidade de recorrer a fontes externas e muitas vezes onerosas. A capacidade de gerar eletricidade a partir de um recurso local não apenas diminui os custos com energia, mas também contribui para a resiliência das comunidades, oferecendo uma solução para os desafios energéticos enfrentados por essas populações.

Ademais, ao promover a integração de tecnologias tradicionais, como o fogão a lenha, com inovações modernas, o projeto abre caminho para um futuro mais sustentável e equilibrado. Essa abordagem incentiva a valorização dos recursos locais, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo a conscientização sobre o uso responsável da energia. Assim, este modelo de geração de energia pode ser replicado em outras regiões, contribuindo para um desenvolvimento mais inclusivo e ambientalmente responsável.

Em suma, a transformação da energia térmica do fogão a lenha em energia elétrica, utilizando termopares, não apenas oferece uma solução prática para a pobreza energética, mas também representa um passo importante em direção a um futuro mais sustentável e autônomo para as comunidades rurais. Este projeto não apenas melhora as condições de vida das pessoas envolvidas, mas também serve



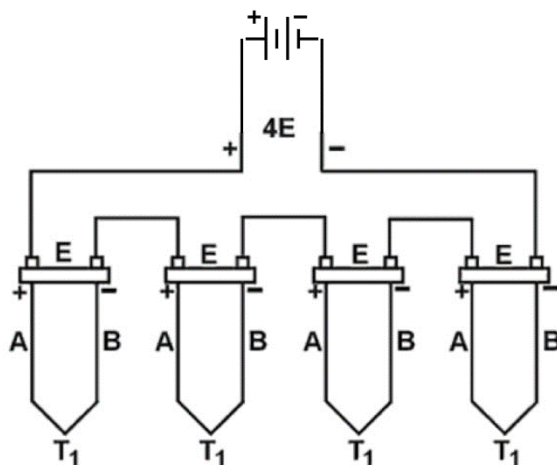
como um exemplo inspirador de como a inovação pode ser aplicada em contextos locais, promovendo um desenvolvimento que respeita e valoriza as tradições culturais e os recursos disponíveis. A continuidade e a expansão desse tipo de iniciativa são cruciais para garantir que as comunidades rurais possam prosperar em um mundo em constante mudança.

Para que o objetivo seja concluído, é importante realizar. É fundamental ressaltar que, na implementação prática do circuito que utiliza termopares, a configuração recomendada envolve a associação de quatro termopares dispostos em paralelo. Essa disposição estratégica é projetada para otimizar a coleta de energia térmica e, conseqüentemente, maximizar a tensão elétrica gerada. Cada um dos termopares atuará de maneira sinérgica, contribuindo para a eficiência global do sistema.

Esses termopares, ao serem conectados a uma bateria, permitirão o armazenamento da energia elétrica gerada através do circuito. A bateria servirá como um reservatório de energia, possibilitando que a eletricidade produzida possa ser utilizada em momentos posteriores, conforme a demanda. Essa abordagem não apenas assegura a eficiência do sistema, mas também promove uma utilização racional da energia, garantindo que a eletricidade gerada a partir da energia térmica dissipada possa ser aproveitada de maneira prática e sustentável. Dessa forma, a combinação de termopares em paralelo com a bateria representa uma solução eficaz para a conversão e armazenamento de energia, contribuindo para a autonomia energética do sistema.



Conclusões esquematizadas



Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/52/10/15>



Fonte: Próprio autor



REFERÊNCIAS

- ALLISSON, F. et al. Desenvolvimento de um fogão sustentável para residências de zona rural. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Acesso em: 24 abr. 2024.
- BARROSO DE CARVALHO NETO, J. DSpace. Disponível em: . Acesso em: 23 abr. 2024.
- CASTRO, F. A.; CASTRO, K. O. PROTÓTIPO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO. Anais do EVINCI - UniBrasil, v. 1, n. 2, p. 183–183, 2015. Acesso em: 23 abr. 2024
- DO MUNDO, M. Como fazer uma placa de circuito impresso. Disponível em: . Acesso em: 23 abr. 2024.
- OLIVEIRA, D. 49% dos bares e restaurantes tiveram prejuízos de leve a moderados com falta de energia em SP, diz Abrasel. Disponível em: . Acesso em: 24 abr. 2024.
- Resina de poliuretano é termoacústica e impermeabilizante. Disponível em: . Acesso em: 24 abr. 2024.
- SANTOS, L. D. et al. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Acesso em: 23 abr. 2024.
- Paulo, São. Fabricação E Caracterização de Termopares Cu/Cu-Ni-P Obtidos Por Deposição Eletroquímica E Simulações Térmicas de Estruturas de Termopar Para Radiometria. 2014. Acesso em: 6 jun. 2024.
- 27 QUEIROS, Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto. 2007. Acesso em 8 jun. 2024
- Santos, Marcelo. Marcelo Dos Santos Monteiro Avaliação Metrológica Da Estabilidade Termoelétrica de Termopar AuPt. 6 2003. Acesso em: 8 jun. 2024
- NASA. “NASA - NSSDCA - Spacecraft - Details.” *Nasa.gov*, 2019, nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1959-012A. Acesso em: 15 out. 2024
- Row, Jpl. “How Does a Radioisotope Thermoelectric Generator Work? The Seebeck Effect.” *YouTube*, 7 Mar. 2023, youtu.be/l-Puj0uyCAG?si=RiLYBfF0uyVR-gVE. Accessed 14 Oct. 2024.



BARBOSA, R. C. A exploração lunar pela União Soviética: o programa Luna (Parte I).

Disponível em: . Acesso em: 15 out. 2024.

SHIMIZU, H. E. et al. Avaliação do Índice de Responsividade da Estratégia Saúde da Família da zona rural. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 52, 12 abr. 2018. Acesso em: 16 out. 2024

CARLOS, L.; RA, K. Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Acesso em: 16 out. 2024.

Sampaio, Cristiane. “Com Pandemia E Queda Nas Vendas, Agricultores Amargam Prejuízos E Pedem Incentivo.” *Brasil de Fato*, 22 June 2020, www.brasildefato.com.br/2020/06/22/com-pandemia-e-queda-nas-vendas-agricultores-amargam-prejuizos-e-pedem-incentivo. Acesso em: 16 Out. 2024.

Souza, Romilda , e Maiára Zioldo. *Usos E Significados Do Fogão a Lenha Nas Habitações Rurais E Urbanas de Francisco Beltrão, PR E Descanso, SC*. 21 Dec. 2021. Acesso em: 17 out. 2024

Energia Sustentável através do fogão a lenha:
Aplicação do efeito Seebeck

