

PROJETO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM FORNO SOLAR DE BAIXO CUSTO DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF A LOW-COST SOLAR OVEN

Lívia de Almeida Kampara¹

Lorena Alves de Moraes²

Luiza Costa Santos³

Maria Clara Martins Quintino da Silva⁴

Janine Ameku Neves⁵

RESUMO: Este estudo apresenta um teste prático e avaliação de desempenho de um forno solar, como uma possibilidade sustentável para o preparo de alimentos, principalmente em regiões vulneráveis e com grande incidência solar. O projeto foi desenvolvido com materiais recicláveis e de baixo custo, oferecendo independência energética e alimentar para comunidades sem rede elétrica. Os testes foram realizados com biscoitos de maizena e bolo de limão, em um forno solar parabólico de base quadrada 25 x 25 cm, em dias com temperatura média de 28° C e 24° C. O tempo de cozimento foi de 80 minutos para os biscoitos e 210 minutos para o bolo, indicando a eficiência do forno em atingir temperaturas adequadas para o preparo de alimentos. O projeto está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 7, respectivamente.

Palavras-chave: Forno fototérmico; Segurança alimentar; Sustentabilidade; Tecnologia acessível.

ABSTRACT: This study presents a practical test and performance evaluation of a solar oven as a sustainable option for food preparation, especially in vulnerable regions with high solar incidence. The project was developed using recyclable and low-cost materials, offering energy and food independence to communities without electricity. Tests were conducted with cornstarch cookies and lemon cake in a 25 x 25 cm square-based parabolic solar oven on days with average temperatures of 28°C and 24°C. The cooking time was 80 minutes for the cookies and 210 minutes for the cake, indicating the oven's efficiency in reaching suitable temperatures for food preparation. The project aligns with Sustainable Development Goals (SDGs) 2 and 7, respectively.

Keywords: Accessible technology; Food safety; Photothermal oven; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a matriz elétrica brasileira tem tido uma crescente demanda devido ao aumento da população, ocasionando o aumento da procura por fontes de energia que causam menos agressões ao meio ambiente. Segundo dados de 2025 da

^{3º} Matemática – Etec Doutor Renato Cordeiro – E-mail: liviaakampara@gmail.com¹

^{3º} Matemática – Etec Doutor Renato Cordeiro – E-mail: lorenaalvesmoraes@yahoo.com²

^{3º} Matemática – Etec Doutor Renato Cordeiro – E-mail: luizacost417@gmail.com³

^{3º} Matemática – Etec Doutor Renato Cordeiro – E-mail: claramaria4195@gmail.com⁴

Docente – Etec Doutor Renato Cordeiro – E-mail: janine.neves@etec.sp.gov.br⁵

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de lenha nas residências apresentou queda, enquanto o consumo de GLP e de Gás Natural aumentou.

Com o desenvolvimento da indústria alimentícia, os fornos que utilizam lenha foram substituídos por modelos à base do gás liquefeito de petróleo (GLP). Isso ocorreu, pois a utilização da lenha era muito poluente e gerava níveis elevados de desmatamento. Segundo dados publicados pelo Sindigás (2025) “Para substituir um botijão comum de GLP, de 13 Kg, é necessário derrubar e queimar dez árvores, em média”. Importante destacar que o GLP também gera impactos ambientais negativos, como a liberação de gases do efeito estufa e o perigo de vazamento na etapa da extração, do transporte e consumo final, poluindo o ecossistema.

Adicionalmente, a pobreza financeira e também alimentícia, faz com que grande parte da população dos países subdesenvolvidos sofra com a falta de mantimentos, rede elétrica e eletrodomésticos, itens essenciais no preparo de alimentos. Sendo assim, a introdução de fornos solares para essa realidade é fundamental, uma vez que proporciona uma maior facilidade no cozimento e preparo de alimentos.

O aproveitamento de luz solar se torna uma boa opção por ser uma energia abundante, limpa e renovável, e tem uma das formas mais simples de conversão térmica. Na região noroeste do estado de São Paulo, assim como em outras regiões do Brasil, o nível de incidência solar é muito alto, o que torna uma região propícia para a utilização de fornos solares e gerar economia no consumo de produtos elétricos. Além disso, ao cozinhar alimentos com o forno solar tem-se benefícios não apenas ambientais e econômicos, como também que vão em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Especificamente, a ODS 2, que busca garantir o acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável e a ODS 7, que visa acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhorar a nutrição.

Esse trabalho, tem como objetivo, avaliar o desempenho de um forno solar, construído com materiais de baixo custo, buscando diferentes alternativas para a redução do uso de combustíveis convencionais.

2 METODOLOGIA

O forno tem um formato parabólico, de base quadrada 25 x 25 cm, com estrutura revestida de papel alumínio, largura de 87 cm na superfície e altura diagonal de 59 cm. Suas dimensões compactas e o peso leve permitem o transporte e armazenamento com facilidade, tornando-se acessível a qualquer pessoa. Além da estrutura refletora, uma base de apoio em mdf e um recipiente de vidro esférico com uma borracha para vedação para ajudar no cozimento dos alimentos. Dentro deste recipiente, os alimentos são acondicionados em uma vasilha de alumínio preto, que absorve a energia térmica e a transfere para o alimento (Figura 1). Portanto, recomenda-se a utilização de alimentos com dimensões adequadas ao tamanho do recipiente de vidro para garantir um bom desempenho na cocção.

Figura 1 - Recipiente utilizado para o cozimento dos alimentos



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

O funcionamento do forno é diretamente influenciado pelo clima e o posicionamento em que é utilizado para o total aproveitamento da radiação solar. O formato côncavo do forno adicionado ao revestimento de alumínio maximiza a reflexão da luz para o recipiente, aumentando a concentração da radiação no ponto focal da parábola.

3 REFERENCIALTEÓRICO

3.1 ENERGIA TÉRMICA

Os processos de transferência de energia térmica acontecem de três maneiras: condução, convecção e radiação. “A condução de calor ocorre, portanto, por meio de colisões atômicas e eletrônicas” (MOURA, 2010, p.13), sem que a matéria seja transportada. “A convecção é importante principalmente como mecanismo de transferência de energia entre uma superfície sólida e um líquido ou gás” (SOLIMANI, 2011, p.31), ou seja, é o transporte de calor por movimentos de fluidos, como água ou ar. Já a radiação térmica é o modo pelo qual um corpo, em função de sua temperatura, emite continuamente energia sob a forma de radiações de natureza eletromagnética (MOURA, 2010, p.13).

A energia utilizada no forno solar provém da irradiação emitida pelo Sol, que é concentrada no recipiente de vidro. Esse calor acumulado aquece o interior do forno, funcionando de modo semelhante a uma estufa: os raios solares entram, são convertidos em energia térmica e ficam retidos. Assim, os alimentos cozinham por condução e convecção, aproveitando o calor gerado pela radiação solar. Segundo Gomes, Souza e Souza (2016, p. 3), “a energia solar é considerada inesgotável, renovável e viável como fonte de energia, tendo como uma das formas mais simples de aproveitamento sua conversão térmica.”

3.2 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

Em todo o mundo, as temperaturas sofrem grandes variações ao longo do ano, fator que interfere diretamente no uso de tecnologias como o forno solar. De acordo com Silva, *et. al.* (2025),

Embora a tecnologia de cozimento solar tenha demonstrado um potencial significativo, sua ampla adoção enfrenta diversos desafios técnicos e práticos [...] Estes incluem desempenho inconsistente sob condições climáticas variáveis, capacidades limitadas de retenção de calor e a necessidade de adaptação a diferentes contextos geográficos (tradução nossa).

Contudo, segundo dados do Atlas brasileiro (Figura 2), o nível de incidência solar no Brasil é alto. Os registros de 2024 apontaram para o ano mais quente da série histórica, com temperatura média de 25,02 °C, ou seja, 0,79 °C acima da média de 1991-2020, que é de 24,23°C” (INMET, 2024).

Figura 2 - Total diário da irradiação no plano inclinado na latitude - Média anual



Fonte: Pereira *et al.*, 2017, p. 40.

Com os dados do gráfico, fica perceptível que a tecnologia sustentável é vantajosa no Brasil, devido à grande incidência solar no país.

3.3 TIPOS DE FORNO SOLAR

Diante das vantagens de regiões com grande incidência do sol, alguns modelos de forno solar são funcionais e acessíveis. Segundo estudos de Aquilanti *et al.* (2023), o fogão solar com a câmara de cozimento em formato de prisma de Newton, foi projetado para ser fácil de construir e usar, além de facilitar a movimentação e o transporte, para a fabricação, foram usados materiais comuns e de baixo custo.

Analisando outros modelos dessa tecnologia, Leal apresenta em sua pesquisa que, para a fabricação de um forno solar tipo caixa utiliza-se chapas de papelão e de metal, placas de vidro, isopor, papel de alumínio e tinta fosca preta. Além desses materiais serem, em sua maioria, reutilizáveis, eles também são de fácil acesso e apresentam bom desempenho. Com base nos dados do Estudo do forno solar tipo caixa na região do Maciço de Baturité, as temperaturas variam entre 60°C e 80°C em dias nublados (LEAL, 2019).

Pesquisando sobre diferentes tipos de fornos fototérmicos, trabalhos apontam maior eficiência para alguns modelos. De acordo com Lentswe *et al.* (2021), os fornos do

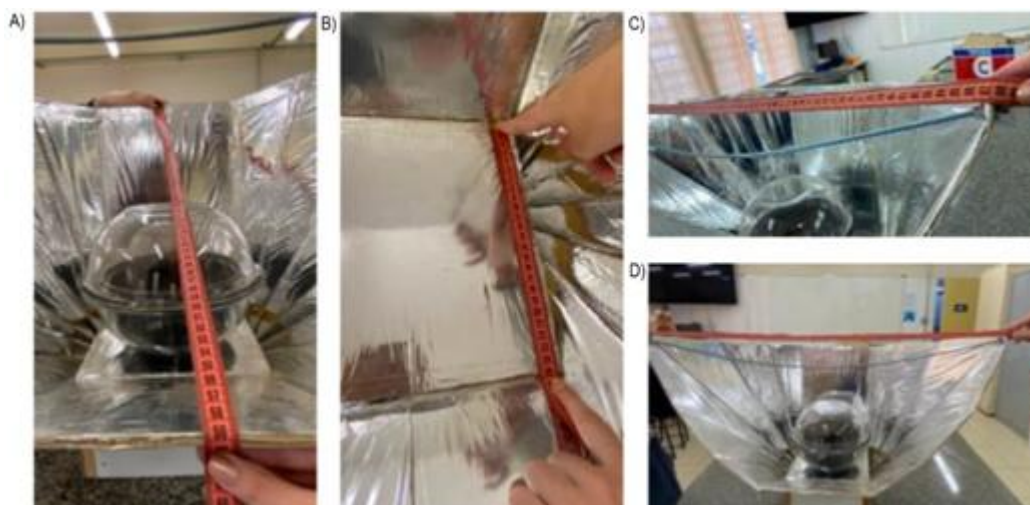
tipo parabólico demonstram melhor desempenho do que outros fornos solares, como os de caixa, visto que atingem maiores temperaturas em períodos menores. Essas temperaturas mais altas possibilitam a efetuação da maioria dos processos de cocção. Ademais, em conjunto com as elevadas temperaturas, os fornos de modelo parabólico também são de fácil produção e custos acessíveis, tornando-os mais uma opção prática e eficiente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista o funcionamento de um forno solar, conclui-se que ele se torna funcional apenas em regiões com alta incidência solar. Esta frase tem cara de conclusão

O forno solar utilizado foi feito com materiais totalmente reutilizáveis como papelão, papel alumínio e madeira. Para montagem de um fogão com formato parabólico e dimensões reais de 59 cm de diagonal (Figura 3.A), com a base quadrada de 25 cm (Figura 3.B) e 87 cm de comprimento (Figura 3.C e 3.D).

Figura 3 - Medidas de menções do forno de comprimento, diagonal, altura e lado da base



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

As receitas escolhidas para testar a funcionalidade do forno foram biscoitos de maizena e bolo de limão. Para isso, foram utilizados os seguintes ingredientes e quantidades para o preparo dos biscoitos: 5 colheres de sopa de leite condensado, 5 colheres de sopa de amido de milho e 2 colheres de sopa de manteiga. Já para a

produção do bolo, foi utilizado: Massa pronta de bolo de limão, 1 ovo e 1 colher e $\frac{1}{2}$ de manteiga.

O primeiro teste ocorreu no dia 11 de setembro de 2025, tendo o inverno como estação vigente e a temperatura durante o experimento girou em torno dos 28° graus Celsius. A experiência foi executada das 10:30 às 11:50 da manhã, com o dia parcialmente nublado. Os biscoitos foram armazenados em uma estufa de vidro com vedação, dessa forma o vidro permite a refração da luz solar para seu interior, onde a luz é absorvida e convertida em calor, simulando o efeito estufa (Figura 4).

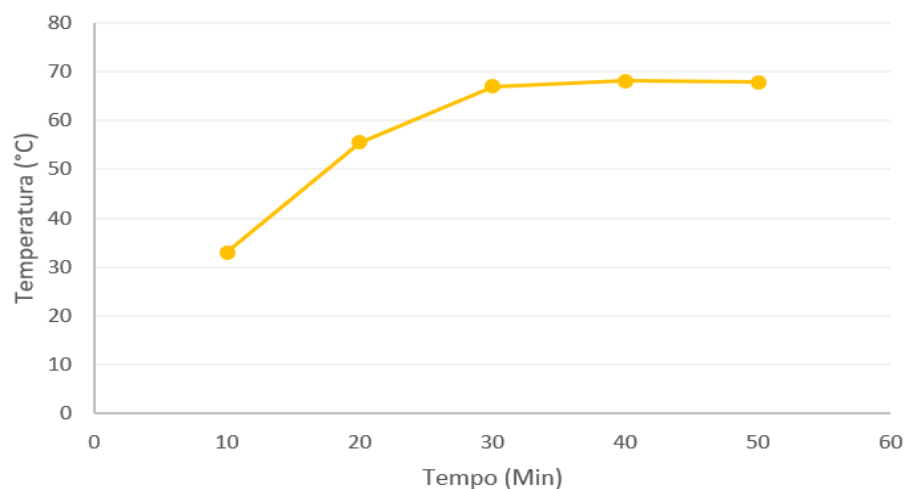
Figura 4 - Estrutura completa do forno e recipiente no momento do cozimento dos biscoitos



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

Assim que os biscoitos foram colocados no forno, foram feitas medições de controle da temperatura de 20 em 20 minutos, até que atingissem o ponto ideal de cozimento, totalizando 80 minutos (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Gráfico de temperatura durante o cozimento dos biscoitos (medidas a cada 20 minutos)



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

O segundo teste ocorreu no dia 15 de setembro de 2025, tendo o inverno como estação vigente e a temperatura durante o experimento girou em torno dos 24 graus Celsius. A experiência foi executada das 07:40 às 11:10 da manhã, com o dia parcialmente nublado. O bolo foi armazenado na estufa de vidro com vedação, assim como os biscoitos (Figura 5).

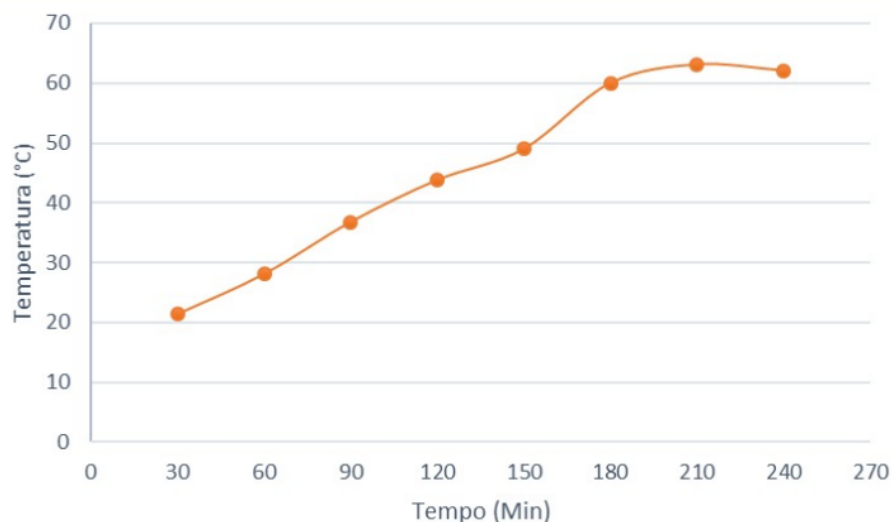
Figura 5 - Bolo durante o cozimento



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

Assim que o bolo foi colocado no forno, foi feita a medição da temperatura de 30 em 30 minutos, até que atingissem o ponto ideal de cozimento, totalizando 210 minutos. Com as temperaturas obtidas durante essas medições foi feito o gráfico 2.

Gráfico 2 - Gráfico de temperatura durante o cozimento do bolo (medidas a cada 30 minutos)



Fonte: Elaboração das autoras (2025).

Com base nos resultados obtidos, em que as temperaturas máximas foram de 68,1 °C para os biscoitos e 63,1 °C para o bolo, observa-se que o forno solar parabólico apresentou desempenho satisfatório. Esses valores se aproximam dos dados encontrados por Vivek, Kumar e Patel (2023), que também analisou o desempenho de um fogão solar parabólico revestido com folhas de alumínio. Os autores registraram a temperatura máxima de 71,1 °C. A proximidade entre os resultados indica que o equipamento utilizado no experimento funciona dentro do esperado para esse tipo de tecnologia e possivelmente pode atingir temperaturas maiores em estações mais quentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de um forno solar parabólico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. Os resultados

demonstraram que o equipamento foi capaz de atingir temperaturas adequadas para o cozimento de alimentos, mesmo em dias parcialmente nublados, cumprindo com o objetivo central da pesquisa.

Embora o forno tenha apresentado boa performance, observou-se que fatores meteorológicos e algumas características dos materiais influenciaram diretamente seu rendimento. Dias com alta nebulosidade, chuva ou umidade elevada reduz a incidência de radiação solar e compromete o aquecimento. Além disso, a fina camada de alumínio, apesar de refletir bem a luz, favorece a dispersão térmica, sinalizando oportunidades de melhoria para estudos futuros.

Ainda assim, os testes práticos evidenciaram que o formato parabólico, aliado ao uso de uma estufa de vidro, possibilitou a conversão rápida e eficiente da luz solar em calor permitindo o cozimento das bolachas e do bolo. Isso reforça a viabilidade do projeto e indica que ajustes simples, como o uso de materiais com maior capacidade de isolamento térmico ou a realização de experimentos em diferentes estações do ano, podem elevar ainda mais o desempenho do sistema.

Diante dos resultados, fica evidente que a adoção de fornos solares constitui uma alternativa viável, econômica e sustentável para o preparo de alimentos, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e oferecendo soluções especialmente relevantes para regiões de alta incidência solar e maior vulnerabilidade socioeconômica não apenas do Noroeste paulista, como também outras regiões do país. A utilização de materiais acessíveis e recicláveis reforça o potencial inclusivo da tecnologia, promovendo autonomia alimentar, uso consciente dos recursos naturais e práticas sustentáveis.

Assim, este estudo destaca a importância da divulgação e do aperfeiçoamento de tecnologias de baixo custo que ampliem o acesso a soluções ecologicamente responsáveis. A continuidade de pesquisas na área pode ampliar o alcance, a eficiência e a implementação de fornos solares em comunidades de baixa renda, fortalecendo seu papel como ferramenta prática, sustentável e socialmente transformadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUILANTI, A.; TOMASSETTI, S.; MUCCIOLI, M.; NICOLA, G. D. Design and experimental characterization of a solar cooker with a prismatic cooking chamber and adjustable panel reflectors. **Renewable Energy**, v. 202, p. 405–418, 1 jan. 2023.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148122017232>. Acesso em: 10 nov. 2025

ARAÚJO, J.C. **A CONTEXTUALIZAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO E RADIAÇÃO**. 2010. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/4072/3/JCMAraujo.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Recife: INPE, 2000. 61 p. Disponível em:

https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Ben Relatório Síntese 2025**: ano base 2024. INPE, 2025. 74 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.

Ano de 2024 é o mais quente no Brasil desde 1961. **Portal INMET**, 02 jan. 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/2024-%C3%A9-o-ano-mais-quente-da-s%C3%A9rie-hist%C3%B3rica-no-brasil>. Acesso em: 14 set. 2025.

GOMES, J. W.; DE SOUZA, L. G. M.; DE SOUZA, L. G. V. M. Fabricação e teste de desempenho de um forno solar tipo caixa utilizando materiais reciclados. **Revista E.T.C. Educação, tecnologia e cultura**, n. 14, jun. 2016. Disponível em: <https://publicacoes.ifba.edu.br/etc/article/view/18>. Acesso em: 11 jun. 2025.

LENTSWE K, MAWIRE A, OWUSU P, SHOBO A. **A review of parabolic solar cookers with thermal energy storage**. Heliyon. 2021 Oct 20;7(10):e08226. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08226. PMID: 34746474; PMCID: PMC8554275. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34746474/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

LEAL, I. M. G.; CÁCERES, C. A. Estudo do forno solar tipo caixa na região do Maciço de Baturité. In: **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENGENHARIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Fortaleza: Gráfica e Editora IMPRECE, 2019.

p. 159-171. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/360710111_Estudo_do_forno_solar_tipo_caixa_na_regiao_do_Macico_de_Baturite. Acesso em: 18 set. 2025.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. Ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80 p. Disponível em: <https://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/thisInformationItemHomePage.html>. Acesso em: 16 jun. 2025

SILVA, J.; SERRANO, L.; MARTINS, P.; FERREIRA, H.; VÁZ, P.; GUERRA, E. **A Case Study of a Solar Oven's Efficiency: An Experimental Approach**. Sustainability, 2025. v. 17, n. 2, p. 428. DOI: 10.3390/su17020428. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/2/428>. Acesso em: 02 jun. 2025.

SINDIGÁS (Rio de Janeiro). **GLP**: Sobre o GLP. Disponível em: https://www.sindigas.org.br/?page_id=12. Acesso em: 16 jun. 2025.

SOLIMANI, M. R. **Estudo da transferência de calor e obtenção de dados de referência para simulação numérica do sistema de resfriamento de cilindros de trabalho da laminação a quente**. 2017. 98 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

VIVEK, M.; KUMAR, M.; PATEL, R. **Design and Analysis of Parabolic Solar Cooker**. Disponível em: <https://books.aijr.org/index.php/press/catalog/book/161/chapter/2855>. Acesso em: 10 nov. 2025.