



DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM PROTÓTIPO DE FORNO SOLAR FUN PANEL

DEVELOPMENT AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A FUN PANEL SOLAR COOKER PROTOTYPE

DOI: 10.5281/zenodo.22759490



Aidé de Lima Ribeiro¹

Ieghor Santos Brandão Borborema²

Maria Luiza Francisco dos Santos³

Ghabriel Domiciano dos Santos Alves⁴

Jennyfer Hellen Félix de Lima⁵

Bruno Allison Araújo⁶

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a análise de desempenho térmico de um fogão solar do tipo Fun Panel, construído com materiais simples, de custo relativamente baixo, como papelão e fita aluminizada, testados na região da Borborema, no estado da Paraíba. O estudo teve como objetivo avaliar a eficiência térmica, a potência de cozimento e as temperaturas atingidas pelo sistema, além de investigar a influência de modificações construtivas em seu desempenho. Foram realizados dois testes experimentais, seguindo a norma ASAE S580.1, com coleta sistemática de dados de temperatura, irradiância solar e parâmetros geométricos ao longo do tempo. A análise foi conduzida com base na metodologia de balanço energético proposta pela Solar Cookers International, que considera a energia

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: aide.ribeiro@academico.ifpb.edu.br

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: ieghor.brandao@academico.ifpb.edu.br

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: luiza.francisco@academico.ifpb.edu.br

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: ghabriel.domiciano@academico.ifpb.edu.br

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: jennyfer.hellen@academico.ifpb.edu.br

6 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Esperança, PB-121, Esperança-PB. E-mail: bruno.araujo@ifpb.edu.br

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





absorvida pela carga e a energia solar incidente, incluindo a variação da área efetiva de interceptação em função da altura solar. Os resultados indicaram eficiências térmicas de 3,07% e 4,76% para os testes realizados sem e com modificações, respectivamente, evidenciando melhora no desempenho do sistema após a adoção de estratégias como pintura da superfície absorvedora na cor preta, elevação da panela em relação à base e utilização de invólucro plástico para retenção de calor. Essas intervenções contribuíram para a redução de perdas térmicas e melhor aproveitamento da radiação incidente. Apesar dos valores relativamente baixos de eficiência, o fogão demonstrou capacidade de atingir temperaturas próximas à ebulição da água ($\approx 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), possibilitando a cocção de alimentos, como estrogonofe, o que evidencia sua viabilidade prática. As análises também mostraram que fatores como perdas térmicas para o ambiente, variações na irradiância solar ao longo do dia e a geometria de captação influenciam diretamente o desempenho do equipamento. Conclui-se que o fogão solar Fun Panel apresenta potencial como alternativa sustentável para cocção, especialmente em regiões com elevada disponibilidade de radiação solar. Além disso, seu caráter acessível, devido ao uso de papelão e fita aluminizada, reforça sua aplicabilidade em contextos de vulnerabilidade socioeconômica, contribuindo para a redução do uso de combustíveis convencionais, despertando a atenção para o uso da energia solar térmica e promovendo soluções energéticas mais limpas e inclusivas.

Palavras-chave: Fogão Solar, Energia Solar Térmica, Cocção Sustentável.

ABSTRACT

This study presents the development and thermal performance analysis of a low-cost Fun Panel solar cooker built in the Borborema region, Paraíba, Brazil. The objective was to evaluate thermal efficiency, cooking power, and achievable temperatures, as well as to investigate the influence of constructive modifications on system performance. Two experimental tests were carried out following the ASAE S580.1 standard, with data collection of temperature, solar irradiance, and geometric parameters over time. The analysis was based on the energy balance methodology proposed by Solar Cookers International, which considers the energy absorbed by the load and the incident solar energy, including variations in the effective intercept area due to solar altitude. The results showed thermal efficiencies of 3.07% and 4.76% for the tests without and with modifications, respectively, indicating improved system performance after implementing strategies such as a blackened absorber surface, pot elevation, and the use of a plastic enclosure to enhance heat retention. Despite relatively low efficiency values, the cooker reached temperatures close to the boiling point of water ($\approx 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), enabling practical cooking applications, such as preparing stroganoff. The analysis demonstrated that thermal losses, solar irradiance variation, and collector geometry significantly influence system performance. It is concluded that the Fun Panel solar cooker has strong potential as a sustainable cooking alternative, especially in regions with high solar radiation availability, contributing to reducing reliance on traditional fuels.

Keywords: Solar Cooker, Solar Thermal Energy, Sustainable Cooking.





1. INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis são aquelas que podem ser repostas pela natureza, ao contrário das fontes de energia não renováveis. Entre as fontes renováveis, incluem-se a energia hídrica, eólica, de biomassa e a solar. Essas fontes de energia renováveis têm o potencial de fornecer uma quantidade significativa de energia, ajudando a mitigar os impactos das mudanças climáticas e promovendo a sustentabilidade. No entanto, também existem desafios associados à sua implementação e uso, incluindo questões técnicas, econômicas e regulatórias (Macedo Neto *et al.*, 2011).

No caso das fontes não-renováveis, existe um problema crítico em relação ao uso da queima de carvão e lenhas por parte de grupos de pessoas que não têm acesso a outras fontes de energia. No sul, as baixas temperaturas e os costumes locais favorecem o uso de lenha como combustível; em contrapartida, no norte e nordeste, a condição econômica mais limitada da população leva ao emprego mais comum de combustíveis sólidos (Gioda *et al.*, 2019).

No Brasil, embora se observe uma transição progressiva para fontes energéticas mais modernas, a lenha ainda desempenha papel significativo na matriz energética, especialmente no setor residencial. De acordo com o Balanço Energético Nacional, a lenha respondeu por cerca de 8,5% da oferta interna de energia em 2024 e por aproximadamente 23% do consumo energético residencial, sendo amplamente utilizada em atividades de cocção (EPE, 2025).

Esse cenário evidencia a persistência de desigualdades no acesso à energia, sobretudo em regiões de maior vulnerabilidade socioeconômica, onde o uso de biomassa tradicional permanece como alternativa ao gás liquefeito de petróleo e à eletricidade. Além disso, limitações metodológicas na mensuração do consumo de lenha, frequentemente baseado em estimativas indiretas, sugerem que sua participação pode ser ainda mais expressiva (EPE, 2025), reforçando a relevância de tecnologias alternativas, como os fogões solares, para a redução da dependência de combustíveis tradicionais e mitigação de impactos ambientais.





Conforme a Estação Solarimétrica da UFPB - Laboratório de Energia Solar e Gomes *et al.* (2024), o estado da Paraíba se beneficia de deter os índices de radiação solar entre os mais elevados do país, a região usufrui de temperaturas médias próximas a 28°C e baixa ocorrência de nuvens e as estatísticas da estação indicam que o estado possui um índice médio anual de radiação solar de aproximadamente 5.500 Wh/m².

Uma alternativa promissora é a tecnologia de fogões solares, que podem ser de diferentes tipos, como os tipo caixa, os modelos de papelão por dobradura e os de foco parabólicos (Goyal e Eswaramoorthy, 2023). Esses dispositivos são de fácil construção, manutenção e de excelente aplicação em regiões áridas e remotas, trazendo como vantagens a possibilidade de ser fabricado a partir de materiais reutilizados e de seu funcionamento se dar em locais ao ar livre e com incidência solar por longas horas. Porém, trata-se de uma ferramenta que não funciona à noite e tem sua eficiência reduzida em dia com índices de nebulosidade (Gomes *et al.*, 2024).

Para que eles funcionem adequadamente, é necessário que os fogões solares atendam algumas condições. De acordo com Solar Cookers Internacional (2020) *apud* (Neto e Guerra, 2020) algumas dessas condições são: ter um espaço aberto, ensolarado por longas horas e sem muito vento, onde os alimentos estejam seguros, já que eles não operam de noite nem em dia com nuvens; utilizar painéis metálicos escuros, rasos e leves com tampas escuras e firmes para conservar o calor e umidade; envolver a panela com sacos plásticos transparentes ou vidros para reter o calor e aumentar o rendimento do cozimento pelo efeito estufa; e adicionar uma ou mais superfícies brilhantes no fogão para refletir mais luz solar na panela, o que eleva a quantidade de calor no sistema.

Dos modelos feitos de papelão por dobradura, pode-se destacar o modelo Fun Panel, conforme demonstrado por Cavalcante *et. al* (2024). Este modelo, apesar dos baixos valores de eficiência térmica, atinge temperaturas suficientes para a cocção de diversas receitas, assim como pasteurização da água.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a apresentação de resultados de testes realizados no modelo de fogão solar Fun Panel na região da Borborema, especificamente na



cidade de Esperança-PB. Buscou-se verificar a viabilidade de alterações das condições apresentadas na literatura como forma de se verificar a influência sobre a eficiência térmica, níveis de temperaturas atingidas e aplicabilidade na cocção de algumas receitas.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto, foi construído um fogão solar modelo Fun Panel, conforme proposto por Cavalcante *et. al* (2024). O fogão foi construído no Laboratório IFMaker do IFPB, Campus Esperança. Para a construção do fogão empregou-se o uso de papelão oriundos de caixas de equipamentos do campus, estilete e fita aluminada. Após o desenho inicial em papelão, procede-se com o corte e dobradura, chegando à constituição da forma do fogão. O modelo empregado é apresentado na Fig 1. O fogão construído é apresentado na Fig. 2.

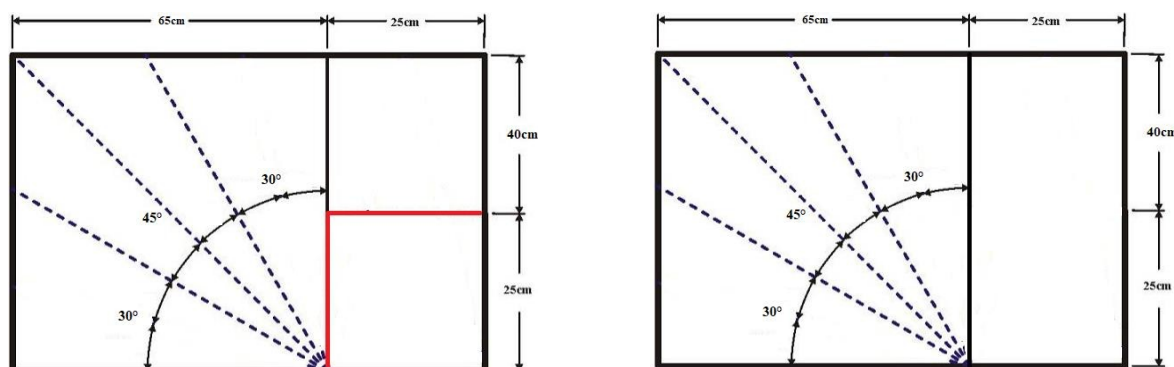


Figura 1. Modelo Fun panel adaptado por Cavalcante *et. al* (2024).

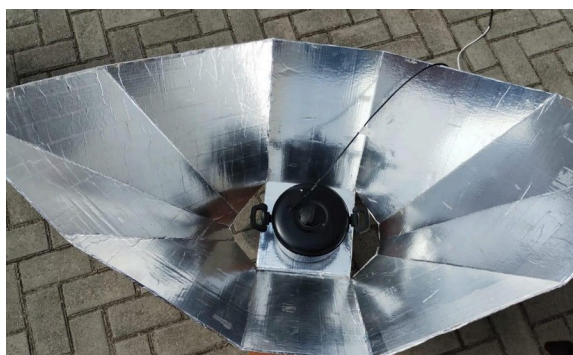


Figura 2. Fogão construído.



Para a realização dos testes foi empregada uma panela preta de 18cm de diâmetro, empregando-se um volume de água de 1,5l (1500g). Na realização dos testes, seguiu-se orientações da Norma ASAE S580.1-2013, iniciando-se os testes às 10h e encerrando às 14h. Termômetros digitais com sonda (marca MFL) foram empregados verificação da temperatura. Utilizou-se um medidor de energia solar mod. MES-200, da marca Instrutherm, para se verificar a irradiância ao longo da execução dos testes. Os dados apresentados a seguir foram coletados a cada 20min de teste: temperatura ambiente - T_{amb} (sensor), Temperatura ambiente via app - T_{ambAPP} (aplicativo O TEMPO (°C)), temperatura da água dentro da panela - $T_{água}$ (sensor) (°C), Irradiância (W/m^2), e Altura Solar (°) – (App SUN SURVEYOR LITE).

Com os valores de temperatura da água ao longo do teste obtidos, pode-se determinar a potência do fogão ao longo dos testes, conforme proposto pela norma ASAE S580.1-2013:

$$P_i = \frac{(T_2 - T_1) m \cdot c}{1200} \quad (1)$$

Onde:

P_i = potência de cozimento para o intervalo i ;

T_2 = temperatura final da água (°C) no intervalo i ;

T_1 = temperatura inicial da água (°C) no intervalo i ;

m = massa da água (kg);

c = calor da água ($4186 J/(kg \cdot ^\circ C)$).

Para a o cálculo da eficiência do processo, bem como do fator de perda, foi empregada a metodologia estabelecida pela *Solar Cookers International* (SCI) desenvolvida por Bigelow *et al.* (2024). Assim, pode-se realizar a análise dos fogões por meio do cálculo da eficiência, sendo realizado os cálculos em quatro etapas:

1. Energia total da carga (energia total absorvida pela água na panela);
2. Energia total incidente (energia solar incidente durante os testes);
3. Eficiência total;





4. Fator de perda de energia.

Através desse método, o cálculo da energia total recebida pela carga é dado pela seguinte equação:

$$E_{total \text{ da carga}} = \sum_{n=1}^{m_2} (Temp_{n+1} - Temp_n) \cdot M \cdot c_v \quad (2)$$

Onde:

m_2 = duração do teste / tempo de amostragem. Ou seja, está relacionado ao número total de medições (intervalos) no teste completo;

$Temp_{n+1}$ é a temperatura no instante n+1 (em graus Celsius);

$Temp_n$ é a temperatura no instante n (em graus Celsius);

M é a massa da carga (em kg);

c_v é o calor específico da água (4186 J/kg°C).

Ou seja, fazendo uma correlação com a norma ASAE S580, temos:

$$m_2 = 240/20 = 12 \text{ intervalos de medições}$$

Agora, dando continuidade a análise proposta pela SCI, determina-se a energia total de irradiância solar ao longo de toda a duração dos testes, que será determinada pela seguinte equação:

$$E_{total \text{ incidente}} = \sum_{n=1}^{m_2} \left[\left(\frac{I_n + I_{n+1}}{2} \right) \cdot (t_{n+1} - t_n) \right] \cdot A \quad (3)$$

Onde:

I_n é a irradiância no instante de tempo n;

I_{n+1} é a irradiância no instante de tempo n+1;





$t_{n+1}-t_n$ é o intervalo de tempo de amostragem do teste.

A é a área efetiva de interceptação do fogão solar, perpendicular à direção de irradiação incidente, conforme ilustrado na Fig. 3.

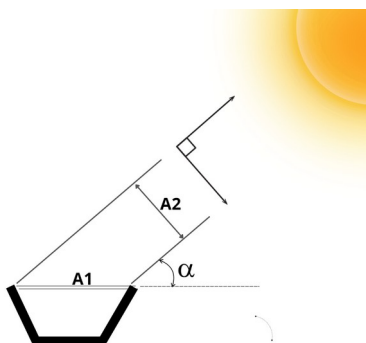


Figura 3. **Determinação da área de interceptação. Adaptado da norma ASAE S580.**

Após a determinação das energias envolvidas no processo, calcula-se a Eficiência Total (%) e o Fator de Perda de Energia:

$$\text{Eficiência total} = \text{Energia Total da Carga} / \text{Energia Total Incidente} \quad (4)$$

$$\text{Fator de Perda de Energia} = 1 - \text{Eficiência Total} \quad (5)$$

Foram realizados 3 testes, sendo 2 para analisar a eficiência do fogão e 1 para analisar a viabilidade no uso para cocção de uma receita. No primeiro teste, realizado no dia 28 de novembro de 2025, reproduziu-se o teste conforme reportado por Cavalcante *et. al* (2024).

Para o segundo teste, que foi realizado no dia 11 de dezembro de 2025, o teste foi realizado empregando-se mudanças, como: aplicação de superfície metálica pintada de preto fosco na região onde a panela é colocada, elevação da panela em relação à superfície em 3cm e a panela foi envolvida com plástico tipo celofane para se estabelecer um efeito estufa na panela.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos testes nos dias 28 de novembro e 11 de dezembro de 2025, foi possível construir as Tabelas 1 e 2 com os parâmetros obtidos.

Tabela 1. Dados do teste realizado no dia 28 de novembro de 2025.

Horário	T _{amb} (°C)	T _{ambAPP} (°C)	T _{água} (sensor) (°C)	Irradiância (W/m ²)	Pot. (W)	Energia Total da Carga (J) - Metodologia SCI	Altura Solar (°)	Área de Interceptação ao longo do teste (m ²)	Energia Total Incidente (J)
10h	23,9	25	31,9	560	-	-	67,5	0,54	-
10h20min	25,5	25	38,9	610	36,62	43953	70,6	0,55	390663,96
10h40min	25,4	26	48,6	980	50,75	60906,3	72,4	0,56	536512,89
11h	26,1	26	59,8	1080	58,60	70324,8	75,4	0,57	705692,23
11h20min	26,2	27	72	1074	63,83	76603,8	75,3	0,57	737557,13
11h40min	27,9	27	71,1	850	-4,70	-5651,1	74,2	0,56	655362,82
12h	31,6	27	63,3	787	-40,8	-48976,2	71,5	0,55	549551,66
12h20min	29,1	27	74,6	806	59,12	70952,7	68,2	0,54	523593,58
12h40min	32,9	27	72,8	950	-9,4	-11302,2	64,7	0,53	561999,41
13h	32,4	28	75,3	1020	13,08	15697,5	60,1	0,51	604556,45
13h20min	34,2	28	76,4	900	5,75	6906,9	56	0,48	563480,25
13h40min	33,5	28	72,9	798	- 18,31	-21976,5	51,9	0,46	473020,34
14h	28,9	28	64,5	550	- 43,95	-52743,6	46,9	0,43	348427,59

Tabela 2. Dados do teste realizado no dia 11 de dezembro de 2025.

Horário	T _{amb} (°C)	T _{ambAPP} (°C)	T _{água} (sensor) (°C)	Irradiância (W/m ²)	Pot. (W)	Energia Total da Carga (J) - Metodologia SCI	Altura Solar (°)	Área de Interceptação ao longo do teste (m ²)	Energia Total Incidente (J)
10h	23, 9	25	28,2	977	-	-	65,6	0,53	-
10h20min	25, 5	25	39,3	1015	58,08	69696,9	68,6	0,54	656550,76
10h40min	25, 4	26	50	1090	55,98	67185,3	71,3	0,55	705832,68
11h	26, 1	26	61,9	1065	62,26	74720,1	73,5	0,56	731454,81





11h20min	26,2	27	73,7	1130	61,74	74092,2	73,7	0,56	745797,50
11h40min	27,9	27	84,4	1171	55,98	67185,3	73,1	0,56	779376,33
12h	31,6	27	92	1155	39,76	47720,4	70,9	0,55	778074,71
12h20min	29,1	27	97	1020	26,16	31395	68	0,54	713885,20
12h40min	32,9	27	99,6	1004	13,60	16325,4	64,8	0,53	648304,96
13h	32,4	28	98,4	1004	-6,27	-7534,8	60,5	0,51	618676,68
13h20min	34,2	28	94,6	891	-19,88	-23860,2	56,6	0,49	560040,99
13h40min	33,5	28	90,8	865	-19,88	-23860,2	52,6	0,46	493827,19
14h	28,9	28	87,8	768	-15,69	-18837	47,7	0,43	427567,42

As Figuras a seguir mostram as curvas construídas a partir dos dados obtidos apresentados nas Tabelas 1 e 2.

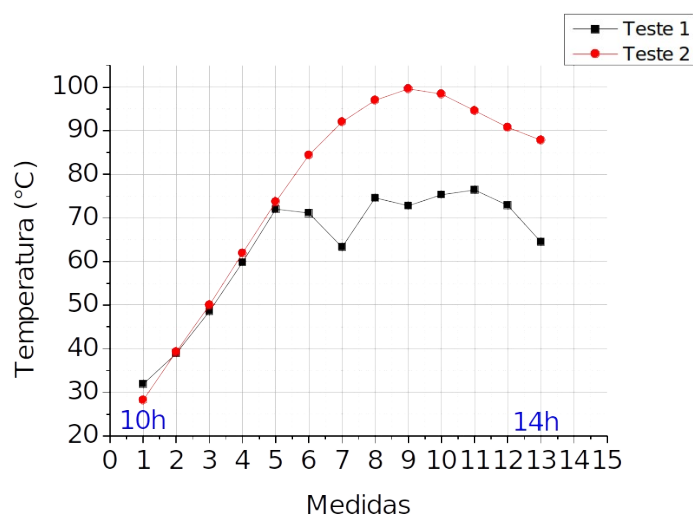


Figura 4. Variação da temperatura da água da panela ao longo dos testes.

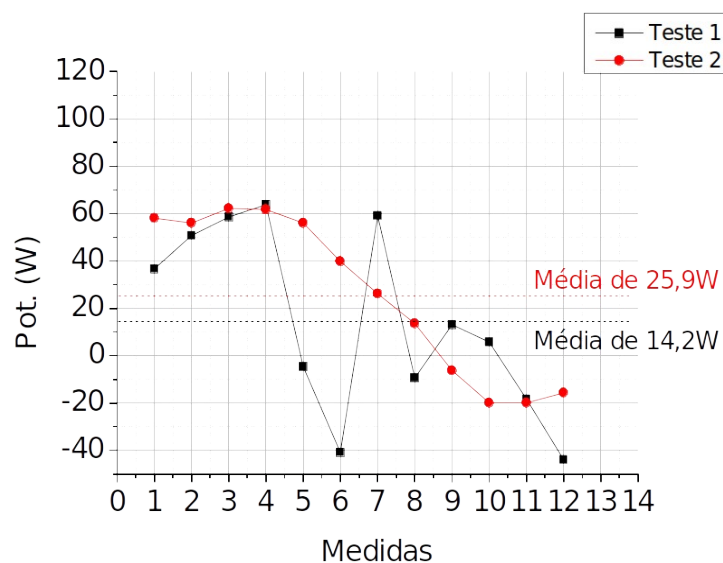


Figura 5. Curvas de potências do fogão ao longo dos testes.

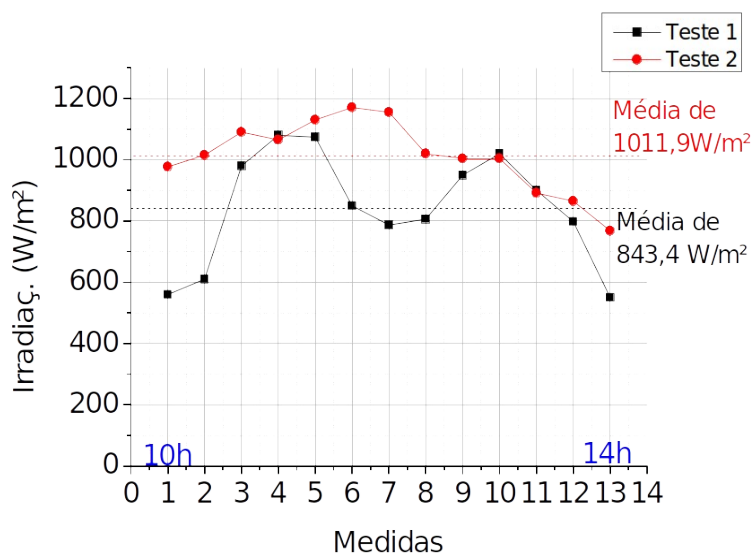


Figura 6. Curva de irradiação solar ao longo dos testes.

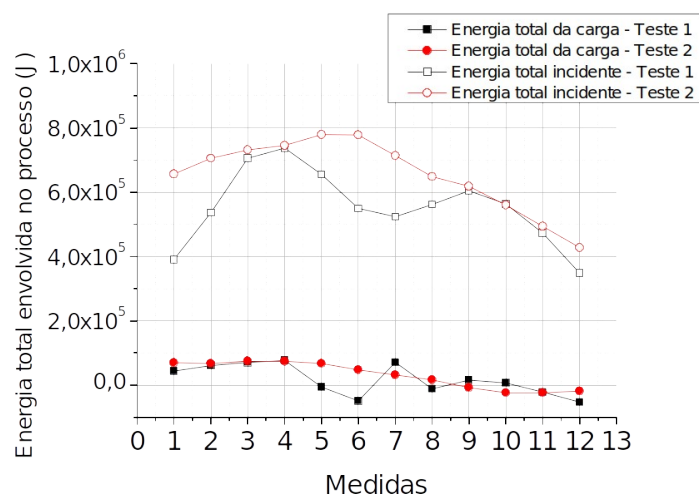


Figura 7. Curvas das energias totais envolvidas no processo.

A partir das Tabelas 1 e 2 e das curvas apresentadas (Figuras 4 a 7), é possível fazer uma avaliação sobre o desempenho térmico do fogão solar Fun Panel, destacando principalmente a influência das modificações construtivas introduzidas no segundo teste.

Inicialmente, observa-se na Figura 4 que a evolução da temperatura da água apresenta comportamentos distintos entre os testes. No ensaio com modificações (Tabela 2), a temperatura máxima atingida foi significativamente superior ($\approx 99,6$ °C), enquanto no teste sem otimizações (Tabela 1) o valor máximo ficou em torno de 76,4 °C. Esse resultado evidencia um ganho substancial na capacidade de aquecimento (em torno de 30%), indicando que a adoção de estratégias como superfície absorvedora pintada de preto fosco, elevação da panela e uso de invólucro transparente potencializou os mecanismos de absorção e retenção de calor. Em particular, o uso do plástico promoveu um efeito estufa local, reduzindo perdas convectivas e aumentando a temperatura de equilíbrio do sistema.

As curvas de potência apresentadas na Figura 5 reforçam essa interpretação. No teste otimizado, os valores de potência permanecem elevados por um intervalo maior de tempo, com picos superiores a 60 W, enquanto no teste não otimizado há maior variabilidade e ocorrência mais frequente de valores negativos. Esses valores negativos indicam momentos em que as perdas térmicas superam a energia absorvida, fenômeno observado principalmente



após o meio-dia, quando há redução da altura solar e aumento das perdas por convecção e radiação. No sistema otimizado, a redução dessas perdas é evidente, uma vez que a potência se mantém positiva por mais tempo.

A análise da irradiância solar (ver Fig. 6) mostra que, embora ambos os testes tenham sido realizados sob condições favoráveis, o segundo ensaio apresentou valores ligeiramente superiores e mais estáveis (próximos de 1000–1150 W/m² no período crítico). No entanto, a diferença de desempenho entre os testes não pode ser explicada apenas pela irradiância, já que o ganho térmico observado é desproporcional à variação da radiação incidente. Isso reforça que as modificações construtivas tiveram papel determinante na melhoria da eficiência térmica.

No que se refere às energias totais, conforme pode ser verificado na Fig. 7, a energia total incidente é da mesma ordem de grandeza em ambos os testes, pois depende principalmente da irradiância e da área de interceptação. Entretanto, a energia total absorvida pela carga é significativamente maior no teste com modificações, resultando em maior eficiência global. Consequentemente, o fator de perdas energéticas é reduzido nesse caso, evidenciando um melhor aproveitamento da energia solar disponível.

Outro aspecto relevante é a influência da altura solar e da área de interceptação. Observa-se que, ao longo do dia, a redução da altura solar provoca diminuição da área efetiva de captação, o que impacta diretamente na energia incidente. Esse efeito é perceptível em ambos os testes, especialmente após 13h, quando ocorre queda simultânea da irradiância e da temperatura da água. Ainda assim, o sistema otimizado consegue manter temperaturas elevadas por mais tempo, indicando maior inércia térmica e melhor isolamento.

Os resultados demonstram que o fogão solar Fun Panel, mesmo sendo uma tecnologia de baixo custo e fácil construção, pode atingir temperaturas adequadas para cocção e até ebulição da água quando submetido a melhorias simples. Isso amplia significativamente sua aplicabilidade em contextos de vulnerabilidade energética, especialmente em regiões com alta disponibilidade de radiação solar, como o semiárido paraibano.





Em síntese, as discussões indicam que pequenas intervenções no projeto original resultam em ganhos expressivos de desempenho, tornando o sistema mais eficiente e funcional, o que reforça o potencial dessa tecnologia como alternativa sustentável para cocção.

Com relação aos parâmetros de eficiência e fator de perda de carga, os resultados obtidos indicam eficiências térmicas de 3,07% para o teste 1 e 4,76% para o teste 2, correspondendo a fatores de perda de energia de 96,93% e 95,24%, respectivamente. Esses valores evidenciam que, em ambos os testes, a maior parte da energia solar incidente não foi convertida em energia útil, o que é esperado para fogões solares do tipo Fun Panel, devido às limitações inerentes ao seu design simplificado e às elevadas perdas térmicas. No entanto, observa-se um ganho de eficiência no segundo teste, associado às modificações implementadas, que contribuíram para uma melhor retenção de calor e redução das perdas.

Ainda assim, é importante destacar que a análise do desempenho não deve se restringir apenas à eficiência térmica. Mesmo com valores relativamente baixos, o sistema foi capaz de atingir temperaturas elevadas, próximas à ebulição da água, o que se mostrou suficiente para a cocção de alimentos, como no preparo de estrogonofe realizado no estudo.

O teste com estrogonofe foi realizado no dia 12 de dezembro de 2025, teve início às 10h e término às 12h20min. A temperatura atingida foi 100°C e o valor médio da irradiação solar ao longo do teste foi 868W/m². Dessa forma, os resultados reforçam que, para aplicações práticas, especialmente em contextos de uso real, a capacidade de atingir e manter temperaturas adequadas pode ser tão ou mais relevante do que a eficiência global, evidenciando o potencial do fogão como alternativa viável para cocção em regiões com boa disponibilidade de radiação solar.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os de Cavalcante *et. al* (2024) e à luz da metodologia proposta por Bigelow et al. (2024), observa-se que, embora Cavalcante tenha reportado uma eficiência térmica de aproximadamente 10%, superior às encontradas neste estudo (3,07% e 4,76%), essa comparação deve ser analisada com cautela. Primeiramente, Cavalcante não considerou a variação da altura solar e, conseqüentemente, da





área efetiva de interceptação ao longo do tempo, parâmetro que é explicitamente incorporado na abordagem da Solar Cookers International, a qual enfatiza que a energia incidente deve ser calculada com base na área efetiva normal à radiação solar. Essa consideração torna a estimativa da eficiência mais realista, especialmente em testes de longa duração, como os realizados neste trabalho.

Além disso, o estudo da Solar Cookers International apresenta contribuições importantes ao destacar que a eficiência deve ser avaliada como uma razão direta entre a energia absorvida pela carga e a energia solar incidente ao longo de todo o ciclo de aquecimento, sem depender de regressões lineares ou simplificações excessivas. Outro aspecto relevante apontado pelos autores é que a eficiência tende a diminuir com o aumento da diferença entre a temperatura da carga e a temperatura ambiente, devido ao incremento das perdas por convecção, condução e radiação. Esse comportamento é coerente com os resultados aqui obtidos, nos quais, mesmo atingindo temperaturas próximas à ebulição, observam-se eficiências relativamente baixas.

Adicionalmente, Bigelow *et al.* (2024) mostram que fogões do tipo painel refletor, categoria na qual se insere o Fun Panel, apresentam eficiências típicas inferiores a outras tecnologias, como concentradores parabólicos ou tubos evacuados, justamente devido à menor capacidade de concentração de energia e maiores perdas térmicas. Dessa forma, os valores encontrados neste estudo estão em consonância com o comportamento esperado para esse tipo de dispositivo.

Por fim, assim como discutido anteriormente, é fundamental destacar que a eficiência não deve ser o único parâmetro de avaliação. Apesar dos valores relativamente baixos, o sistema desenvolvido foi capaz de atingir temperaturas elevadas ($\approx 99,6$ °C), superiores às observadas por Cavalcante *et. al* (2024), o que possibilitou a cocção efetiva de alimentos mais complexos, como o estrogonofe. Esse resultado está alinhado com a perspectiva da Solar Cookers International, que defende o uso de métricas complementares, como energia acumulada e comportamento ao longo do ciclo térmico, para uma avaliação mais completa do desempenho de fogões solares.





4. CONCLUSÕES

Após a realização dos testes, bem como análises realizadas, é possível concluir que:

- As modificações construtivas implementadas no fogão solar Fun Panel, como a utilização de superfície absorvedora pintada de preto fosco, elevação da panela e uso de invólucro plástico, resultaram em melhoria no desempenho térmico do sistema, elevando a eficiência de 3,07% para 4,76% e reduzindo o fator de perdas energéticas.
- Apesar dos baixos valores de eficiência térmica, característicos de fogões solares do tipo painel refletor, o sistema demonstrou capacidade de atingir temperaturas elevadas, próximas à ebulição da água ($\approx 100^\circ\text{C}$), evidenciando sua viabilidade para aplicações práticas de cocção.
- A consideração da altura solar e da variação da área efetiva de interceptação ao longo do tempo mostrou-se fundamental para uma análise mais realista da eficiência, destacando limitações de abordagens simplificadas e reforçando a importância de metodologias baseadas em balanço energético completo.
- Os resultados obtidos indicam que o fogão solar Fun Panel, mesmo sendo uma tecnologia de baixo custo e fácil construção, apresenta potencial significativo como alternativa sustentável para cocção, especialmente em regiões com alta disponibilidade de radiação solar, contribuindo para a redução do uso de combustíveis tradicionais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFPB-Campus Esperança pela infraestrutura disponibilizada para a realização dos experimentos.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho.





REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS (ASABE). *ASAE S580.1: testing and reporting solar cooker performance*. [S. l.]: ASABE, 2013.
- CAVALCANTE, R. L. da S.; GOMES, M. M. de M.; REBOUÇAS, H. V. do N.; SANTOS, M. E. T. dos; LAGO, T. G. S. do. Desenvolvimento e análise de desempenho de um protótipo de forno solar tipo fun panel. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 12., 2024, Natal. *Anais do XII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM 2024)*. Natal: [s. n.], 2024.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço energético nacional 2025: ano base 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2025.
- GIODA, A.; TONIETTO, G. B.; LEON, A. P. Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 8, p. 3079-3088, 2019.
- GOMES, M. M. M.; CAVALCANTE, R. L. da S.; REBOUÇAS, H. V. do N.; FERREIRA, G. S.; SANTOS, M. E. T.; MARQUES, A. S.; LAGO, T. G. S. Fogões solares: uma alternativa sustentável para universidades, escolas e comunidades no contexto do ensino, pesquisa e extensão. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 118-129, 2024.
- GOYAL, R. K.; ESWARAMOORTHY, M. Thermal performance enhancement on a box-type solar cooker using a triangular fin over a conventional cooking pot. *Solar Energy*, v. 258, p. 339-350, 2023.
- IGELOW, A. W.; TABATCHNICK, J.; HUGHES, C. Testing solar cookers for cooking efficiency. *Solar Energy Advances*, v. 4, p. 100053, 2024.
- MACEDO NETO, M. C.; GOMES, Í. R. B.; GONDIM, P. C. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de um fogão solar com parábola fabricada em material compósito à base de isopor e gesso. *HOLOS*, v. 5, p. 117-135, 2011.
- NETO, C. A. F.; GUERRA, F. K. O. M. V. Fogão solar tipo painel com materiais de baixo custo: uma alternativa para cocção de alimentos. *Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica*, v. 2, p. 22-30, 2020.

Recebido em: 12/08/2026

Aprovado em: 26/08/2026

Publicado em: 14/09/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 9 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

