



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA - UNILAB
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTAVEL
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS**

ADULAI GIBRIL DJALÓ

**CONSTRUÇÃO DE FOGÃO SOLAR PARABÓLICO DE BAIXO
CUSTO**

REDENÇÃO

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Djaló, Adulai Gibril.

D653c

Construção de fogão solar parabólico de baixo custo / Adulai
Gibril Djaló. - Redenção, 2021.
39f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,
2021.

Orientador: Dr^a. Artemis Pessoa Guimarães.

1. Energia solar. 2. Radiação solar. 3. Projetos de
engenharia. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 621.47

ADULAI GIBRIL DJALÓ

**CONSTRUÇÃO DE FOGÃO SOLAR PARABÓLICO DE BAIXO
CUSTO**

Monografia apresentada como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Energias na Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-
Brasileira.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Artemis Pessoa
Guimarães

REDENÇÃO

2021

ADULAI GIBRIL DJALÓ

**CONSTRUÇÃO DE FOGÃO SOLAR PARABÓLICO DE BAIXO
CUSTO**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB.

Aprovado em: 24/08/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. ARTEMIS PESSOA GUIMARÃES (Orientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB

Prof^a. Dr^a. REJANE FÉLIX PEREIRA

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB

Prof^a. Dr^a. SILVIA HELENA DANTAS DE LIMA

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB

Dedicatória

Dedico este trabalho para minha mãe e aos meus avós

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a ALLAH (DEUS) por ter me concebido vida, saúde e sabedoria para concluir o curso e de desenvolver este trabalho.

À minha família, em especial, aos meus pais Iaia Djalo e Lamarana Djalo por investirem na minha formação acadêmica.

À minha orientadora, professora Dra. Artemis Pessoa Guimarães pelas orientações e ensinamentos.

A todos os Professores ao longo de minha vida acadêmica, que sempre contribuíram na minha formação.

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira pela oportunidade.

Aos colegas do curso especialmente o Fortunato Marcelino Gama pela amizade e conhecimento compartilhado.

Aos meus amigos pela amizade e incentivo.

“Qualquer muçulmano que planta uma semente, de modo que os animais, pássaros ou pessoas possam tirar proveito ou servir-se de suas folhas e frutos como alimentos, esta ação será considerada como um ato de caridade que é recompensado por ALLAH(DEUS) ‘’

(Muhammad)

Resumo

No contexto de utilização de recursos renováveis e preocupações com problemas ambientais, a energia solar se configura com uma importante fonte alternativa de energia, cuja aplicação se destaca no uso de sistemas fotovoltaicos e de sistemas de aquecimento. Os fogões solares podem ser apontados com um exemplo de aproveitamento de radiação oriunda do sol para a cocção de alimentos, proporcionando, assim, uma alternativa economicamente mais viável para a população de baixa renda. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo principal construir um fogão solar parabólico com materiais de baixo custo. Assim sendo, para sua construção, foram utilizados alguns materiais reciclados e não reciclados, seguindo-se com as etapas de construção da superfície refletora; da estrutura de suporte de base de fogão e da estrutura receptora. Depois da construção deste protótipo, foram feitos os ensaios das medições das temperaturas e radiação, bem como testes para a cocção de três diferentes tipos de alimentos. No que diz respeito a medição da temperatura, o valor máximo que o fogão solar parabólico alcançou foi de 225 °C e em termos de custo foi gasto R\$ 68 para construí-lo. Além disso, observou-se que, conforme o esperado, os alimentos apresentaram diferentes tempos de cozimento.

Palavras-chave: Energia solar. Fogão solar parabólico. Radiação solar

ABSTRACT

In the context of the use of renewable resources, and concerns with environmental problems, solar energy is an important alternative source of energy, highlighting its application in the use of photovoltaic systems and for heating systems. Solar stoves can be pointed with an example of using radiation from the sun for food cooking, thus providing an economically more viable alternative for the low-income population. Thus, the present work had as its main objective to build a parabolic solar cooker with low cost materials. Therefore, some recycled and non-recycled materials were used for their construction, followed by the stages of the construction of the reflective surface; of the stove base support structure and the receiving frame. After the construction of this prototype, the tests of temperature and radiation measurements were carried out, as well as tests for the cooking of three different types of food. With regard to temperature measurement, the maximum value that the parabolic solar cooker reached was 225 °C and, in terms of cost, R\$ 68 was spent to build this stove. In addition, it was observed that, as expected, the foods presented different cooking times.

Keywords: Solar energy. Parabolic solar cooker. Solar radiation

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Medição das temperaturas de fogão sola parabólico no dia 22/07/2021.....	31
Tabela 2 - Medição das temperaturas de fogão solar parabólico no dia 8 /08/2021.....	33
Tabela 3 – Custo dos materiais.....	31
Tabela 4 - Primeiro dia de cocção dos alimentos.....	35
Tabela 5 - Segundo dia de cocção dos alimentos.....	36

Lista de Figuras

Figura 1 Energia solar térmica fotovoltaica.....	16
Figura 2- Mecanismos de transferência de calor.....	17
Figura 3 - Transferência de calor por condução.....	17
Figura 4- Componentes da radiação solar.....	19
Figura 5- Fogão solar parabólico.....	20
Figura 6 - Fogão solar de tipo caixa.....	21
Figura 7 - Fogão solar de tipo funil.....	22
Figura8 - Colagem de espelhos.....	24
Figura 9 - Construção da estrutura da base.....	25
Figura 10 – Estrutura receptor.....	26
Figura 11- Medições das tempestuarias e radiação.....	27
Figura 12 - Cocção da Batata doce.....	28
Figura 13 - Cocção de macarão.....	29
Figura 14 - Cocção de arroz.....	30
Figura15 - Variação das temperaturas ao longo de tempo no dia 22 julho de 2021....	32
Figura 16 - Variação da radiação ao longo de tempo no dia 22 julho 2021.....	33
Figura 17 - Variação das temperaturas ao longo de tempo no dia 8 de agosto 2021....	34
Figura 18 - Variação da radiação ao longo de tempo no dia8 de agosto 2021.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Breve história de utilização de energia solar.....	15
2.2 Energia solar.....	15
2.3 Mecanismos de transferência de calor.....	17
2.4 Radiação solar.....	18
2.5 Tipos de fogões solares.....	19
2.5.1 Fogão solar de tipo parabólico	19
2.5.2 Fogão solar de tipo caixa.....	21
2.5.3 Fogão solar de tipo funil.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1 Construção de fogão solar parabólico.....	23
3.1.1 Construção da superfície refletora.....	24
3.1.2 Estrutura de suporte de base de fogão.....	24
3.1.3 Construção da estrutura receptora.....	25
3.2 Teste de queima de alguns materiais.....	26
3.3 Medição das temperaturas de fogão solar parabólico.....	27
3.4 Cocção dos alimentos.....	27
3.4.1 Cocção de batata doce.....	28
3.4.2 Cocção de macarrão.....	29
3.4.3 Cocção arroz.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
6 REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Com as mudanças climáticas e crescentes impactos causados pela utilização das fontes poluentes que agredem a saúde e meio ambiente, as energias renováveis são fontes de energias consideradas limpas e inesgotáveis, elas vêm para diminuir com os impactos ambientais causados pela utilização das fontes não renováveis, pois liberam gases poluentes durante sua combustão, entre eles temos o dióxido de carbono, considerado atualmente o principal causador do aquecimento global (SOL CENTRAL,2017).

Diante dessa realidade, novas fontes (as renováveis) têm sido buscadas como forma não só de diversificar a matriz energética dos países ao redor do globo, mas também desenvolver alternativas que busquem uma redução dos impactos, principalmente de ordem ambiental, causados pela geração, distribuição e consumo de energia, sejam eles em grande ou pequena escala. É nesse sentido que surge a discussão da viabilidade de implantação de energias consideradas renováveis, com destaque para aquelas que menos afetam o meio ambiente e à sociedade (MAUAD; FERREIRA; TRINDADE, 2017).

Existem várias fontes de energias renováveis entre elas se destacam a energia solar, eólica e hidráulica

Dentre as formas de energias de origem renovável, a energia solar vem se destacando nos últimos anos devido ao seu potencial e a disponibilidade da irradiação solar ao longo do ano para o aproveitamento energético desse recurso ao redor do mundo.

Hoje em dia, com o desenvolvimento da ciência e tecnologia, em especial, a área da engenharia, o uso da energia solar tem -se aumentando bastante, pois existem várias tecnologias aplicadas para aproveitá-la entre elas os fogões solares, os coletores e as placas fotovoltaicas. Os fogões solares são equipamentos de baixo custo e não necessitam do consumo de combustíveis fósseis eles captam a radiação solar e convertem em calor.

Fogões solares são dispositivos que auxiliam as pessoas que vivem em regiões ensolaradas e com escassez de combustível. No Brasil, eles começaram a ganhar fama a partir dos estudos feitos pelo professor Arnaldo Moura Bezerra no laboratório de energia solar da UFPB (Universidade Federal de Paraíba) na década 80, principalmente nas regiões semiáridas onde a lenha era a principal fonte de energia utilizada para o cozimento dos alimentos (LION,2007).

A cidade de Redenção foi escolhida para fazer os testes pois devido ao clima da região é uma boa ensolarada.

Portanto, os fogões solares têm grande vantagens, pois não necessitam de gás, energia elétrica nem de lenha e funcionam somente com a radiação solar. Em relação à preservação do meio ambiente, os fogões solares são considerados sustentáveis, pois diminuem a emissão dos gases de efeito de estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis e lenha. Em alguns países subdesenvolvidos que têm o clima tropical, principalmente, os do continente africano onde a lenha é a fonte de energia mais utilizada para fazer a cocção de alimentos, os fogões solares parabólicos podem ser aplicados para diminuir a utilização da lenha, uma vez que eles alcançam temperaturas superiores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

- Construir um fogão solar parabólico com materiais de baixo custo.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Descrever as etapas de construção de um fogão solar parabólico;
- Realizar medições de temperatura no fogão solar e verificar a hora que o fogão vai obter a temperatura máxima;
- Fazer teste de queima de alguns materiais;
- Realizar a cocção dos seguintes alimentos arroz, macarão e batata
- Cronometrar o tempo de cocção de cada alimento.

2.REFERÊNCIAL TEÓRICO

Para dar suporte ao desenvolvimento do trabalho foi importante fazer uma revisão bibliográfica com base em livros, dissertações, sites eletrônicos e artigos que descrevem a situação da energia solar térmica, principalmente os fogões solares para poder dar mais ênfase ao trabalho.

2.1 Breve história de utilização de energia solar

O sol recurso muito importante, pois sem ele seria impossível a vida no planeta. Ele esteve na vida do homem desde antiguidade, pois o homem usava a energia providente de sol para secar alimentos, aquecer casas e água etc.

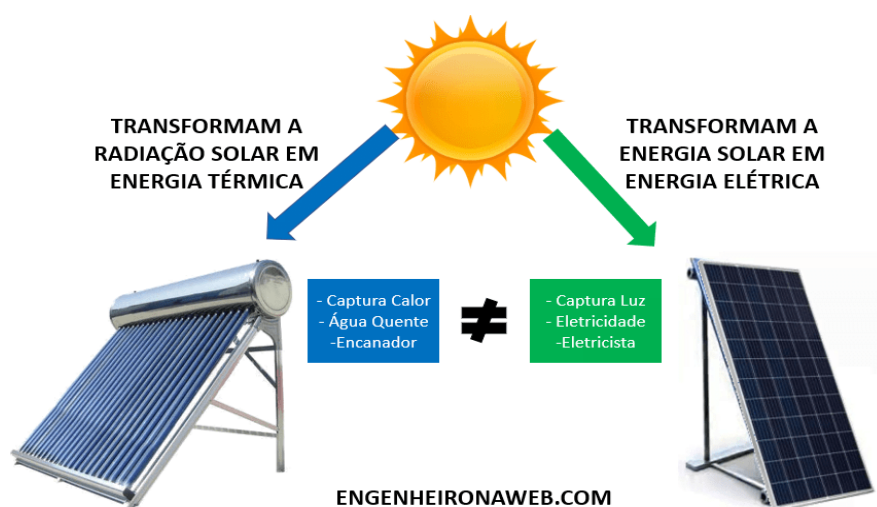
Dessa forma, os gregos foram os primeiros a usarem a energia solar nos anos 400 a.C. E uma das figuras mais importantes naquela época foi Arquimedes, pois, ele usou a energia, proveniente do sol para incendiar os navios dos inimigos (romanos). Depois dos gregos, apareceram os romanos que construíram estufas de vidro, com a finalidade de criar condições adequadas para o crescimento de plantas. Com o passar do tempo, a ideia de Arquimedes ajudou Lavoisier a criar em 1792, sua fornalha solar (PALNAS, 2015).

2.2 Energia solar

O sol é a maior fonte da energia limpa que existe e praticamente a maioria as fontes de energia, tanto as renováveis e quanto as não renováveis dependem dele, pois, é através do sol que se dá a formação de ciclo da água e essa água é aproveitada nas usinas hidrelétricas para gerar a energia elétrica, é através do sol também que se forma as massas dos ventos que os aerogeradores aproveitam e convertem em energia elétrica. Como se sabe, a biomassa é proveniente das plantas e essas plantas necessitam do sol para fazerem a fotossíntese. Por outro lado, o processo de fossilização de petróleo se dá também em altas temperaturas e altas pressões e essas temperaturas são causadas pela radiação sol (PINHO; GALDINO, 2014).

O sol transfere a energia solar para terra através da radiação eletromagnética na forma de luz e calor e essa radiação que o sol emite para terra pode ser convertida em energia elétrica, energia térmica ou Heliotérmica. Na parte elétrica, a radiação solar é convertida em eletricidade através dos módulos fotovoltaicos (painéis solares) que transformam a luz do sol em energia elétrica e esse efeito é conhecido também como efeito fotovoltaico como ilustra a figura 1.

Figura 1-Energia solar térmica e fotovoltaica



Fonte:engenheironaweb (2021).

Segundo Pinho e Galdino (2014), a energia solar térmica é uma fonte de energia que usa a radiação do sol para aquecer os fluidos tanto os líquidos e os gasosos, desse modo, existem alguns equipamentos utilizados para aproveitar a radiação solar com a finalidade de gerar o calor (energia térmica) que são: os coletores solares e fogões solares, sendo que os coletores solares têm por finalidades de aquecer os fluidos ao passo que fogões solares aquecem os fluidos e também são utilizados para cocção dos alimentos.

Os coletores solares se dividem em coletores concentradores e coletores planos. Os concentradores têm por finalidade obter temperaturas superiores de 100 °C e podem alcançar 400°C, sendo essa temperatura adequada para acionar turbinas que vão gerar e energia elétrica(eletricidade).Ao passo que, os coletores planos atingem até 60 °C e são

utilizados para fins domésticos, principalmente, para aquecer água de banho, aquecer água das piscinas e aquecer água para limpezas hospitalares (PINHO; GALDINO, 2014)..

2.3 Mecanismos de transferência de calor

A transferência de calor é um dos ramos da termodinâmica e da engenharia mais importante, pois, a maioria dos processos ocorrem através de transferência de calor. Como se sabe, o calor é uma energia térmica transitante causada pela variação da temperatura, ele pode ser transferido de três maneiras que são: condução, convecção e a radiação como ilustra a figura 2.

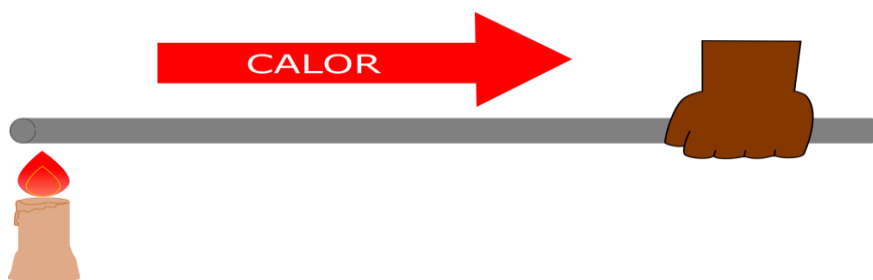
Figura2-Mecanismos de transferência de calor



Fonte: Gouveia (2018).

A condução ocorre quando dois corpos em contato que têm temperaturas diferentes e as moléculas de corpo mais quente transferem a energia para moléculas mais frias, como mostra a figura 3 (SILVA, 2015).

Figura3-Transferência de calor por condução



Fonte: Barreiros (2021).

De acordo com Incropera e dewitt (2000), a lei de Fourier dada pela equação 1:

$$q_x'' = -K \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Considerando-se condução unidimensional e regime estacionaria

onde q_x'' é o fluxo térmico (W/m^2) e k é condutividade elétrica e $\frac{dT}{dx}$ é a variação da temperatura em x .

a taxa de transferência de calor é calculado por meio da equação 2:

$$q = q_x'' A \quad (2)$$

onde q taxa de transferência de calor e q_x'' fluxo térmico e A area.

Convecção é um processo que consiste na movimentação de partes do fluido dentro do próprio, ou seja, na convecção a transferência de calor ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento. Para convecção o fluxo de calor é por meio da equação 3:

$$q_x'' = h (T_s - T_\infty) \quad (3)$$

Onde

q_x'' é o fluxo de calor convecção e h é coeficiente convectivo e T_s é a temperatura de superfície e T_∞ e temperatura de fluido.

Radiação é um tipo de propagação do calor que ocorre através dos raios infravermelhos que são chamadas ondas eletromagnéticas. É dessa forma que o Sol aquece a Terra todos os dias, a radiação não precisa, ou seja, não exige a presença de um meio material para propagação.

2.4 Radiação solar

O sol, transfere a energia solar para terra através de radiação eletromagnética e essa radiação é composta por :radiação direta , radiação difusa e radiação refletida, como podemos observar na figura 4. radiação direta é aquela que vem diretamente do sol. Ao passo que a radiação difusa proveniente da abóbada celeste e por último a radiação é

a luz solar refletida da Terra, seja por vegetação, construções entre as três radiações, a radiação refletida que apresenta menos intensidade (Bleu solar, online).

Figura4- Componentes da radiação solar



Fonte: Google fotos (2021).

2.5 Tipos de fogões solares

Os fogões são equipamentos que aproveitam a radiação solar para gerar a energia térmica (calor) e essa energia térmica pode ser aproveitada para aquecimento dos fluidos e cocção dos alimentos. O princípio de funcionamento de um fogão solar se baseia em reflexão dos raios solares em um único ponto, nesse caso o foco, ou seja, os fogões solares concentram a radiação para o ponto focal.

Existem três tipos de fogões solares que são: fogão solar de tipo parabólico, fogão solar de tipo caixa e fogão solar de tipo funil (refletivos). Uma das características que os fogões têm em comum é ausência de combustíveis fósseis utilizando apenas a energia proveniente do sol para a cocção dos alimentos.

2.5.1 Fogão solar de tipo parabólico

O fogão parabólico concentra a radiação para o ponto focal, sendo geralmente feito de um material no formato de uma parábola e revestido de espelhos ou papel alumínio como ilustra a figura 5. Uma das vantagens deste fogão solar parabólico é o rápido cozimento em temperaturas muito altas, ou seja, os fogões solares parabólicos

podem atingir temperaturas superiores de 350°C que pode ser considerada uma temperatura adequada para aquecimento dos fluidos e a cocção dos alimentos. Apesar de todas essas vantagens, o fogão solar parabólico tem algumas desvantagens, por exemplo, ajuste mais frequente e supervisão a cada meia hora, esfriamento rápido da comida quando tem nuvens, instabilidade a vento e queimaduras aos usuários etc. (Sousa *et al.* 2008)

Figura 5-Fogão solar parabólico



Fonte: sorocaba unesp (online).

Existem dois fatores importantes que contribuem para que o fogão solar parabólico alcance uma temperatura adequada, que são: o tipo de material usado para revestir a parábola e o seu ajuste corretamente ao sol, geralmente entre os materiais utilizados para revestir a parábola os espelhos são mais eficientes. Em dias ensolarados, sem nuvens e chuva, os fogões solares parabólicos podem atingir a sua potência máxima e isso se dá a partir das 9 horas de manhã as 15 horas da tarde, porém isso depende da localidade e do clima (MISKOLO,2010).

2.5.2 Fogão solar de tipo caixa

O fogão solar de tipo caixa ele capta também a radiação e converte em calor, ele funciona como uma estufa. No que se diz respeito a sua construção, normalmente ele é montado com duas caixas, uma dentro da outra, separadas por um isolante térmico (isopor) com finalidade de impedir a saída de calor, a tampam geralmente é feita de vidro e nos laterais é colocado uma superfície refletora. Como ilustra a afigura 6 abaixo. Uma das vantagens desse tipo de fogão é conseguir alcançar temperaturas em torno de 150 °C, a outra vantagem também que o fogão solar tipo caixa apresenta é que ele não necessita de ajuste de foco ou seja, ele não exige que o usuário ajuste o foco a cada 30 minutos como acontece nos fogões solares de tipo parabólico. A desvantagem desse tipo de fogão é a lentidão no tempo de cocção dos alimentos (RAMOS, 2011).

Figura 6-Fogão solar de tipo caixa



Fonte: Solarcooking

2.5.3 Fogão solar de tipo funil

O fogão solar de tipo funil tem por finalidade captar a radiação e transformar em calor. Desse modo, uma das vantagens desse fogão é sua facilidade de construção, pois é construído de papelão que é cortado no formato de um funil e é revestido de papel alumínio. No que diz

respeito ao investimento, é menor comparando com os de tipo parabólico e de caixa, como ilustra a 7 (SOLAR COOKERS, 2004).

Figura 7- Fogão solar de tipo funil



Fonte:sempresustentavel

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para construir este fogão e fazer os testes foram utilizados os seguintes materiais:

- Sucata de antena parabólica com 900 mm de diâmetro e 50 mm de profundidade;
- Espelhos de 1x1cm, quantidade 7metros;
- Chave de Boca Fixa;
- Pistola de cola quente;

Especificações Técnicas da pistola de cola quente:

Potência: 10W

Tensão: 110/220V

Frequência: 60Hz

Encaixe para bastão de cola de 11 mm;

- Tubo de cola quente;
- Sucata da base cruzada de ventilador;
- Sucatas de ferro;
- Termômetro infravermelho de modelo MT-320B;
- Medidor de energia MT-207;
- Máquina de solda;
- Lixadeira;
- Óculos escuro preto;
- Panela preta

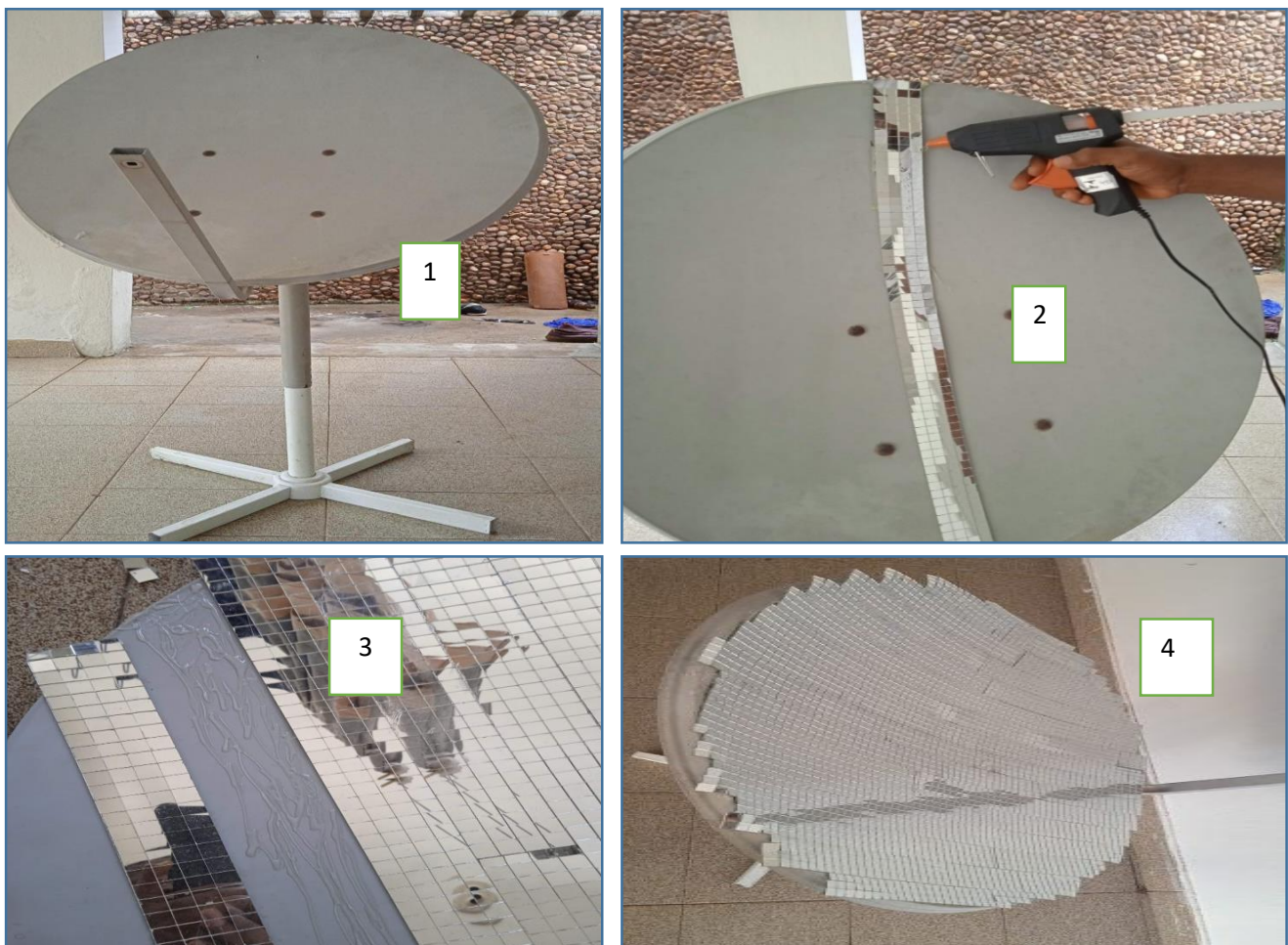
3.1 Construção de fogão solar parabólico

A construção do fogão solar parabólica se deu em três partes: construção da superfície refletora, montagem da estrutura base de suporte do fogão e o receptor (concentrador de foco único).

3.1.1 Construção da superfície refletora

Dessa maneira, para construir a superfície refletora, inicialmente, foi colocada a cola em toda a superfície parabólica (2 e 3), em segunda, foram fixados os espelhos em toda a superfície (4) como mostra a figura 8.

Figura8-colagem de espelhos



Fonte: autor

3.1.2 Estrutura de suporte de base de fogão

Sendo os fogões solares instáveis ao vento, construiu-se uma base para servir de suporte. Dessa maneira, para construir a estrutura de suporte da base foi utilizada uma

sucata metal de base cruzada de um ventilador e algumas sucatas de ferro. Inicialmente, foi soldado o suporte antenna na sucata da base cruzada de ventilador (1), em seguida, foi construído um retângulo com sucatas de ferro com a base 70 cm e uma altura de 35cm (2) e por último, foi soldada a estrutura da base cruzada no meio de um retângulo (3,4), afigura 9 apresenta esses procedimentos.

Figura 9- construção da estrutura da base



Fonte: autor

3.1.3 Construção da estrutura receptora

A estrutura receptora, foi feita a partir de uma sucata de grelha, quadrada, de base 35cm e a altura de 35 cm (1). Foi construída uma base para suportar a grelha tendo uma

altura de 137cm (2,3e4). Uma das vantagens dessa estrutura é que ela é ajustada de acordo com o foco a figura 10 apresenta esses procedimentos.

Figura 10- estrutura receptora



Fonte:autor

3.2 Teste de queima de alguns materiais

No que se refere ao teste de queima, foram utilizados três tipos de materiais: papelão, pedaço de madeira e uma garrafa pet. O primeiro material testado, foi papelão, à vista disso, primeiramente, foi ajustada o foco da antena para o receptor, em seguida,

foi colocada o papelão no receptor, por último, tempo da queima. Repetiu-se o mesmo procedimento para o pedaço de madeira e garrafa pet. Este teste foi feito com intuito de verificar se o fogão solar parabólico conseguia queimar algumas matérias.

3.3 Medição das temperaturas de fogão solar parabólico

Nessa etapa, ajustou-se o foco da antena para o receptor. Em seguida, foi colocada uma panela preta no receptor, contendo meio litro de água. Depois disso, foi utilizado um termômetro de infravermelho de modelo MT-320B para medir as temperaturas do fluido contidos na panela e a temperatura de fogo.

Além disso, foi utilizado um medidor de energia de modelo TM-207 com intuito de medir a radiação solar. A cada 30 minutos, ajustava-se foco e anotava-se as temperaturas e a radiação. Todas essas etapas de medições foram realizadas em dois dias diferentes, 22 de julho e 8 de agosto de 2021, no horário das 8 h de manhã às 16 h da tarde como ilustra a figura 11.

Figura 11-Medições das tempeturas e radiação



Fonte: autor

3.4 Cocção dos alimentos

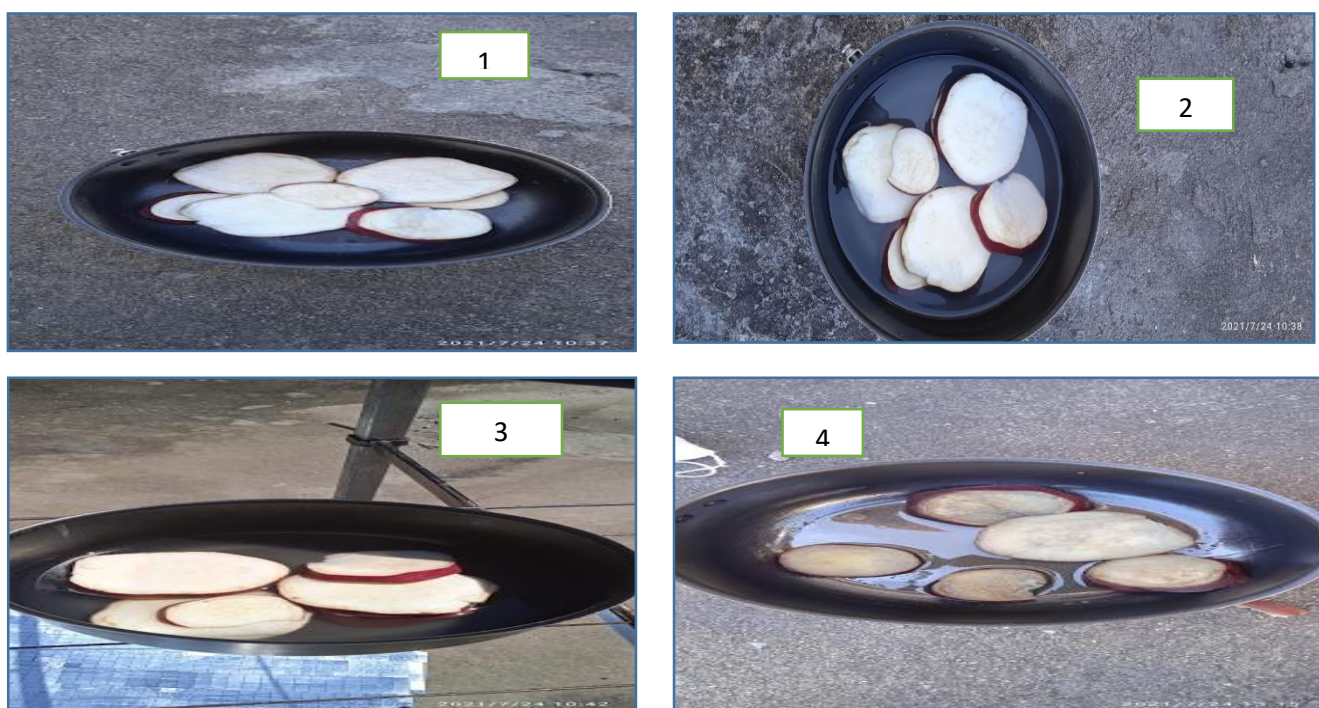
A cocção de cada alimento (batata doce, arroz, macarrão) foi feito em dois dias diferentes com intuito de fazer a comparação de tempo de cocção entre eles. O procedimento, em geral, envolveu a adição do alimento e de água, sendo, posteriormente,

a panela colocada no receptor para casa situação, cronometrou-se o tempo de cozimento e registrou-se a radiação.

3.4.1 Cocção de batata doce

A primeira cocção da batata doce foi realizada no dia 24 de julho de 2021, a partir das 12h:45min, inicialmente a batata foi cortada em sete pedaços pequenos e foi colocada na panela (1), em seguida, foi adicionada a água na panela (2), depois disso a panela, contendo a batata e água foi colocada no receptor e por último foi cronometrado o tempo de cocção foi medido a radiação também como pode-se observar a figura 12 abaixo.

Figura12- Cocção de Batata doce



Fonte: autor

A segunda cocção da Batata doce foi realizada no dia 04 de agosto de 2021, a partir das 13h foram repetidos os mesmos procedimentos da primeira cocção, realizada no 24 de julho de 2021.

3.4.2 Cocção de macarrão

A primeira cocção de macarrão ela foi realizada no dia 25 de julho de 2021, a partir das 12h, inicialmente foi ajustado o foco da antena para o receptor e adicionada água na panela em seguida foi colocada a panela no receptor (1,2) e depois iniciou-se a cronometrar o tempo de cocção de macarrão e mediu-se também a radiação. 5 minutos depois foi colocado o macarrão (3,4). A segunda cocção de macarrão foi realizada no dia 06 de agosto de 2021, a partir das 12h foram repetidos os mesmos procedimentos da primeira cocção, a figura 13 ilustra os procedimentos.

Figura 13-Cocção de macarrão



Fonte:autor

3.4.3 Cocção de arroz

A primeira cocção de arroz foi feita no dia 5 de agosto de 2021 a partir de 12h:30min. Foi ajustado o foco da antena para o receptor e foi adicionada água na panela

em segunda foi colocada a panela no receptor (1,2) depois começou-se a cronometrar o tempo de cocção de arroz e mediu-se também a radiação. Depois de 10 minutos foi colocado o arroz e um pouquinho de sal (3,4) Repetiu-se os mesmos procedimentos para segunda cocção de arroz que foi realizado no dia 2 de agosto de 2021, como ilustra a figura 14 abaixo:

Figura 14- Cocção de arroz



Fonte: autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela3-Custo dos materiais

Material	Custo (R\$)
7metros de Espelhos de 1x1cm	40,00
Soldagem da estrutura de suporte e receptor	20, 00
Tubo de cola quente	2, 00
Cola de silicone líquido 100mL	6, 00
Total	68, 00

Fonte: autor

No que se refere a mão de obra deste fogão, foi gasto 68 R\$, conforme mostra a Tabela 3, referente a compra de espelhos, a soldagem da estrutura de suporte de base e receptor, tubo de cola quente e Cola de silicone líquido. Vale ressaltar que os materiais utilizados para a medição de temperatura e radiação foram disponibilizados pelo os responsáveis dos laboratórios da engenharia da Unilab, e a pistola de cola quente foi disponibilizado pelo amigo.

Tabela1- Medição das temperaturas de fogão solar parabólico dia 22/07/ 2021

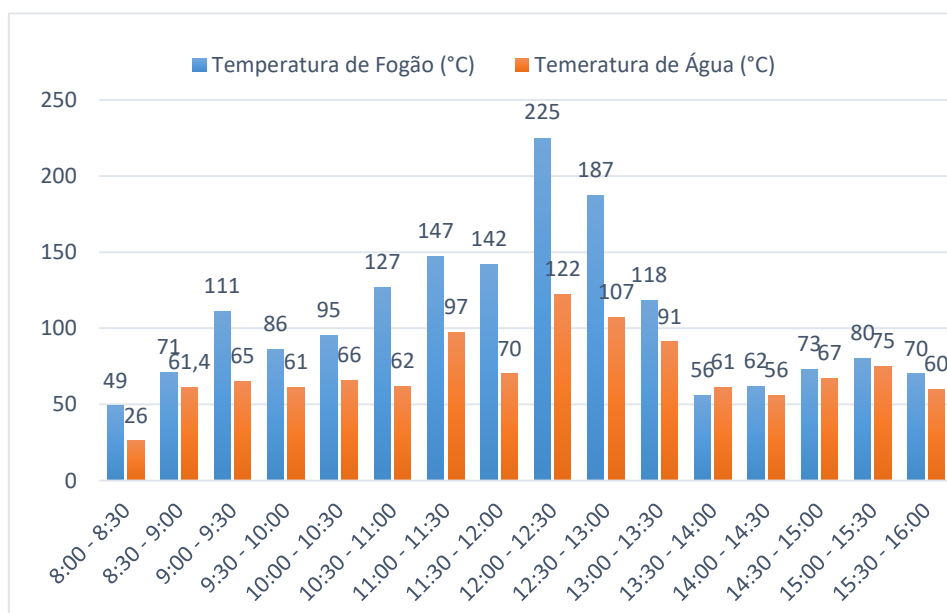
Horário	Temperatura de Fogão (°C)	Temperatura de Água (°C)	Radiação (W/m²)
8:00 - 8:30	49	26	828
8:30 - 9:00	71	61,4	969
9:00 - 9:30	111	65	986
9:30 - 10:00	86	61	1041
10:00 - 10:30	95	66	1081
10:30 - 11:00	127	62	1122
11:00 - 11:30	147	97	1135
11:30 - 12:00	142	70	1093
12:00 - 12:30	225	122	1163
12:30 - 13:00	187	107	1144
13:00 - 13:30	118	91	1112
13:30 - 14:00	56	61	174
14:00 - 14:30	62	56	782
14:30 - 15:00	73	67	1006
15:00 - 15:30	80	75	975
15:30 - 16:00	70	60	950

Fonte:autor

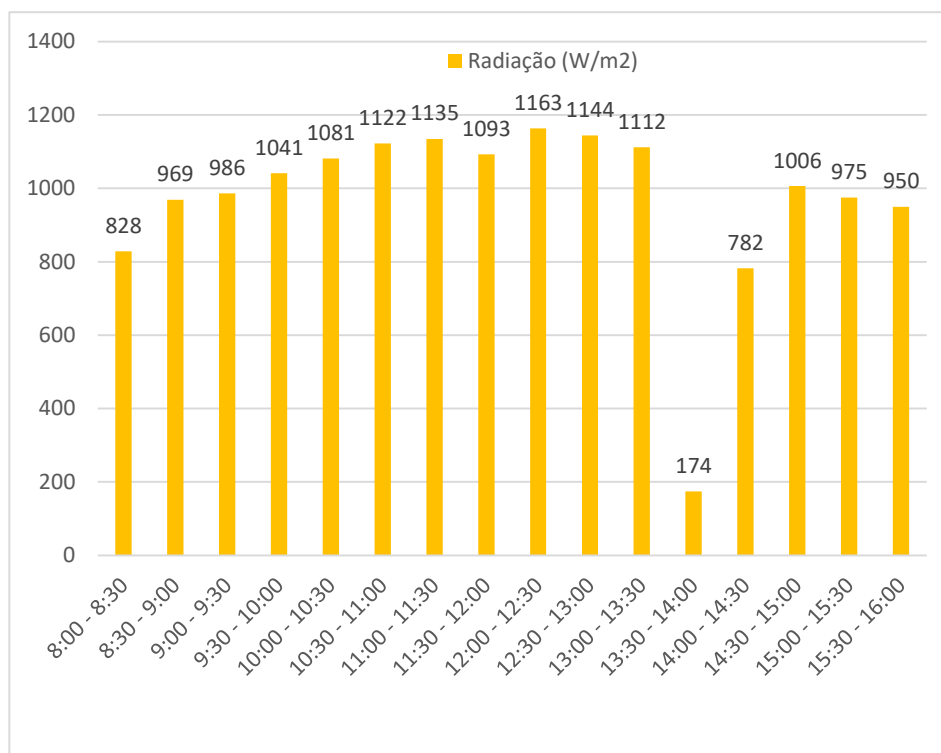
Analisando os dados da tabela 1 pode-se afirmar que a temperatura máxima que o fogão obteve no primeiro dia de teste, ou seja, no dia 22 de julho de 2021 foi de 225°C e

a mínima de 49°C. A partir de 13h:30 a 14h houve um decrescimento de temperatura de foco para 56°C, pois o céu estava nublado e isso causou a diminuição da radiação, assim como a diminuição de temperatura de foco. E 30 minutos depois a temperatura começou a aumentar, pois teve um aumento da radiação e foi ajustado o foco de fogão para panela. No que tange a temperatura de água na panela, a mínima temperatura medida foi 26°C e máxima de 122°C. No que se diz respeito a radiação, a mínima medida foi de 174 W/m² e máxima de 1163 W/m², como mostram as figuras 15 e 16:

Figura 15-Variação das tempetauras ao longo de tempo no dia 22 julho de 2021



Fonte:autor

Figura 16-Variação da radiação ao longo de tempo no dia 22 julho de 2021

Fonte:autor

O segundo dia de teste de mediação das temperaturas e radiação foi no dia 8 de agosto de 2021, a partir das 8h, neste dia, o céu estava parcialmente nublado. Analisando os dados da tabela 2 verificou-se que a temperatura máxima de foco que o fogão conseguiu alcançar nesse foi 110°C, essa temperatura foi alcançada no horário das 8h às 8h:30 e a mínima de 31°C, no horário das 14h:30 às 15h. E em termo da radiação máxima medida foi de 996 W/m² e a mínima de 168 W/m², como ilustram as figuras 17 e 18 abaixo.

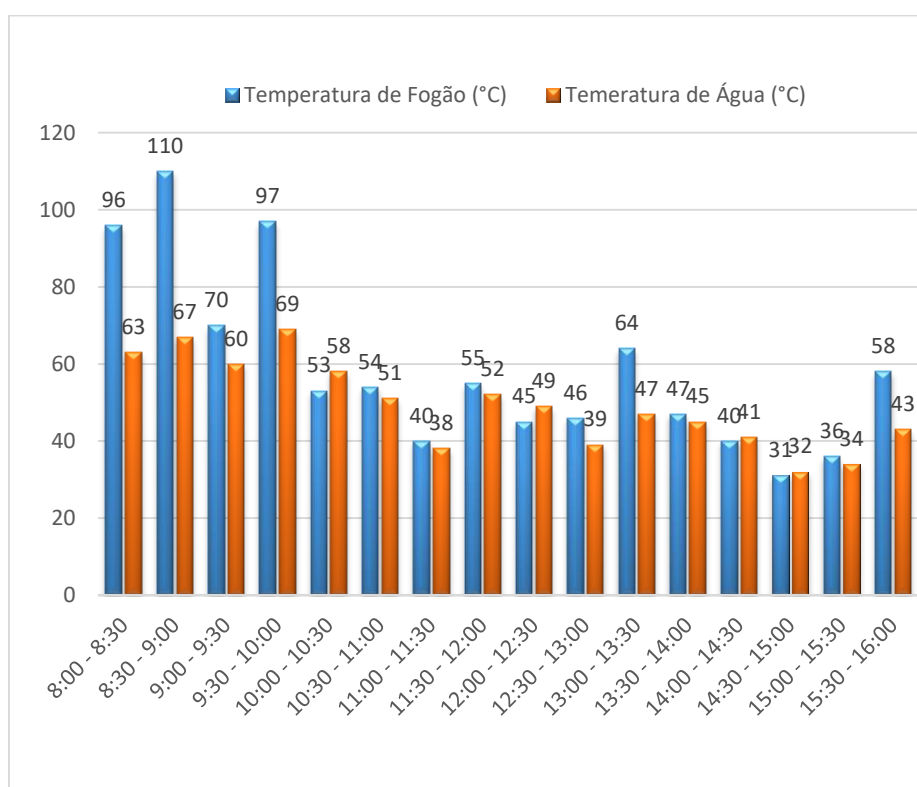
Tabela2- Medição das temperaturas de fogão solar parabólico dia 08 /8/ 2021

Horário	Temperatura de Fogão (°C)	Temperatura de Água (°C)	Radiação (W/m ²)
8:00 - 8:30	96	63	889
8:30 - 9:00	110	67	930
9:00 - 9:30	70	60	266
9:30 - 10:00	97	69	966
10:00 - 10:30	53	58	399
10:30 - 11:00	54	51	415
11:00 - 11:30	40	38	425
11:30 - 12:00	55	52	507

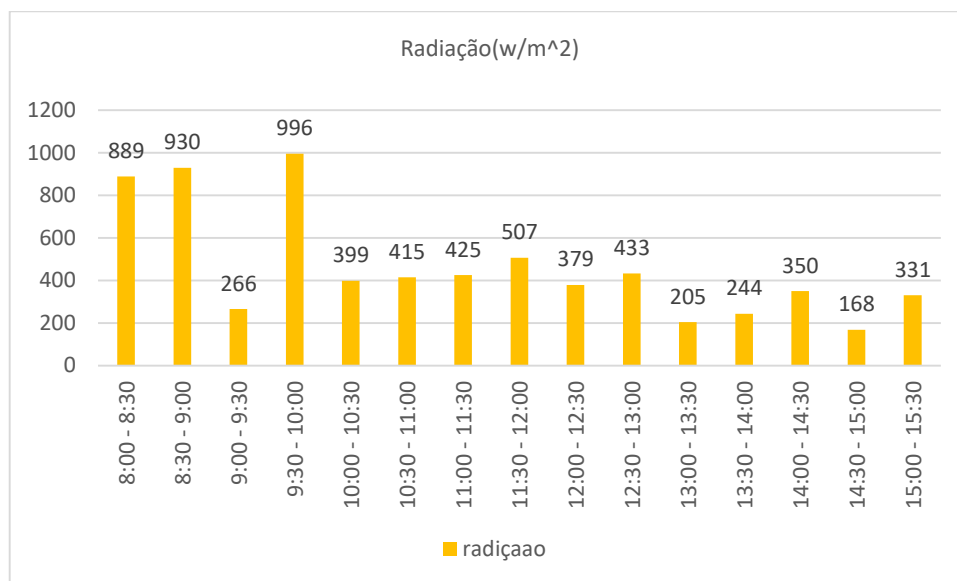
12:00 - 12:30	45	49	397
12:30 - 13:00	46	39	433
13:00 - 13:30	64	47	205
13:30 - 14:00	47	45	244
14:00 - 14:30	40	41	350
14:30 - 15:00	31	32	168
15:00 - 15:30	36	34	331
15:30 - 16:00	58	43	547

Fonte:autor

Figura17-Variação das temperaturas ao longo de tempo,no dia 8 de agosto de 2021



Fonte:autor

Figura 18- Variação da radiação ao longo de tempo no dia 8 de agosto 2021

Fonte: autor

Analizando os dados dados da tabela 1 e 2 Pode-se que afirmar que a temperatura da água é proporcional a temperatura de fogão e a temperatura de fogão depende radiação e ajuste corretamente foco. Houve um diferença ente os dois dias de teste de medições, o primeiro dia estava mais ensolarado por isso que o fogão alcançou temperaturas maiores comparando o segundo dia.

Tabela 4-Primeira Cocção dos alimentos

Alimento	Dia de cocção	Início de cocção	Fim de cocção	Tempo total de cocção
Batata doce	Dia 24 de julho	12h	14h	2h
Macarrão	Dia 25 de julho	12h	12h:50min	50min
Arroz	Dia 1 de agosto	12h	13h	1h

Fonte: autor

Analizando os dados da tabela 4 pode-se afirmar que entre os três alimentos testados, o Macarrão teve o menor tempo de cocção 50min, em seguida, foi o arroz que durou 1h e por último, a batata doce teve uma duração de 2h.

Tabela 5-Segundo dia de cocção dos alimentos

Alimento	Dia de cocção	Início de cocção	Fim de cocção	Tempo total de cocção
Batata doce	Dia 4 de agosto	13h	14h:55min	1h: 55min
Macarrão	Dia 6 de agosto	12h	12h:38min	38min
Arroz	Dia 2de agosto	12	12h 55min	55min

Fonte: autor

No segundo dia de cocção dos alimentos, de acordo com os dados da tabela 5 abaixo, verificou-se que houve diminuição no tempo de cocção dos alimentos comparando com o primeiro teste de cocção, pois os dias de segundo teste de cocção estavam mais ensolarados O tempo de cocção de batata doce diminuiu para 1h: 55min, o de macarrão diminuiu 50min e o de arroz 1h.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fogão solar parabólico mostrou-se ser uma opção viável para cocção dos alimentos para cidade de Redenção–CE, principalmente nos dias ensolarados a partir das 9 horas de manhã às 15 horas da tarde. Em termos de temperatura, a máxima temperatura que o fogão solar parabólico alcançou foi de 225°C, sendo essa temperatura é considerada adequada para aquecer os fluidos e fazer cocção dos alimentos. Depois dos testes feitos no fogão percebeu-se que o rendimento do fogão parabólico está diretamente relacionado à radiação solar do foco, sendo assim, as condições climáticas influenciam diretamente no seu rendimento.

Os processos de construção e montagem de um fogão solar parabólico são simples, podendo ser repassadas para pessoas de quaisquer níveis sociais.

No que diz respeito ao custo, foi gasto **R\$ 68** para construir o fogão solar parabólico e essa mão é menor quando se compara com os fogões convencionas. Além disso, conclui-se também que dentre os três alimentos testados, o macarrão teve menor tempo de cocção, pois no primeiro dia de cocção, o tempo mínimo foi de 50min e no segundo dia foi de 38 minutos. Por outro lado, o arroz foi o segundo alimento que teve uma duração menor, visto que alcançou, no primeiro dia de cocção 1h e no segundo dia 55 minutos. Finalmente, a batata doce se configura no terceiro alimento com maior tempo de cocção, pois, obteve, no primeiro dia 2h e no segundo dia 1h 55 minutos.

6 REFERENCIAS

BARREIROS, Amando. **Condução-convecção-e-radiação**. Quero bolsa. Disponível em:<<https://querobolsa.com.br/enem/fisica/conducao-conveccao-e-radiacao>> Acesso em:6/07/2021.

FOGAOSOLAR. **Tipo de fogões solares**. Disponível em: <https://www.fogaosolar.net/Tipos_fogoes.html > Acesso em: 19 julho 2021.

GOUVEIA,Rosimar.**Propagação de calor**. Toda materia. Disponível em:<<https://www.todamateria.com.br/propagacao-de-calor/>> Acesso em :10/07/2021.

INCROPERA, F. P; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Guanabara Koogan, 4a Edição, Rio de Janeiro, 2000.

LION.F Carlos Alberto Pereira de Queiroz. **Construção e Análise de desempenho de um fogão solar a Concentração Utilizando dos Focos para Cozimento Direto** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento Engenharia Mecânica de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MISKALO, Pedro. **Fogão Solar: uma riqueza dos pobres**. Eco Debates. Disponível em < <https://www.ecodebate.com.br/2010/04/29/fogao-solar-uma-riqueza-dos-pobres-por-pedro-miskalo/>>. Acessado em:14/06/2021.

MAUAD,F, Fábio; FERREIRA, Luciana da Costa; TRINDADE, Tatiana Costa Guimarães **Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos:2017.

PLANAS, Oriol. **História da energia solar**. Energia solar. Disponível em:<<https://pt.solar-energia.net/que-e-energia-solar/historia>>. Acesso em :06/7/2021

PINHO. João Tavares. GADINHO. Marco Antônio: **Manual da engenharia de sistemas fotovoltaicos** ,2014, Rio de janeiro (p.48).

RAMOS FILHO, Ricardo Eugênio Barbosa. **Análise de desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antena de tv**. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Processos de propagação de Calor"; Brasil Escola.20/06/2021.Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/processo-propagacaocalor.htm>>. Acessado em 20 /07 / 2021.

SOUZA, L. G. M. et al. **Fogão solar à concentração construído a partir de uma sucata de antena parabólica. VI CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.** Salvador - BA, 2008.

SITE <<https://www.solarcookers.org/partners/distribution-solar-cookers>>. Acessado em :03/7/2021.

SITE blog.bluesol.com.br. **O Guia mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica:** Entenda Tudo. Disponível em<<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>>Acesso em :16/08/2021.

SITE.engenheironaweb.com.Disponívelem:<<https://engenheironaweb.com/2021/04/10/o-que-e-energia-solar/>>Acesso em:12/06/2021.

SITE<<https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Extensao/Engenhocas/esquilotelefonico.pdf>>Acesso em : 15/08/2021.

SITE Sol Central. **Fontes de energia sustentáveis agriDEM o meio ambiente?** Disponível em:<<http://www.solcentral.com.br/news/fontes-de-energia-sustentaveis-agridem-o-meio-ambiente/>>. Acesso em 04/9/2021.