

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTES DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE FOGÕES SOLARES

Erico Diogo Lima da Silva¹, Diego Lopes Coriolano²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Lagarto
Rodovia Lourival Batista, S/N, Povoado Carro Quebrado - Lagarto/SE, CEP: 49400-000

RESUMO

No mundo existem 49 países subdesenvolvidos, sendo 25 na África. Na pluralidade desses países, além da presença do sol, encontram-se guerras civis, refugiados, seca e fome. No Brasil somado ao fato de ser um país continental, é inegável o protagonismo da pobreza – marcada pela fome – e de regiões que sofrem com a seca. A partir dessa análise, pode-se considerar a energia solar e o uso do fogão solar como uma alternativa ecológica e sustentável para a cocção dos alimentos, pois, a tecnologia dos fogões solares é viável e utiliza componentes de fácil aquisição para a construção, além de possuir um baixo custo.

O presente trabalho consiste na montagem e aplicação de um protótipo de baixo custo de fogão solar do tipo funil, construído com papelão em forma de um funil gigante – sendo essencial utilizar um recipiente para cobrir a panela e fazer o efeito estufa. A finalidade desse artigo é analisar o cozimento de alimentos com o fogão solar desenvolvido e dois fogões já existentes. O protótipo projetado atingiu a temperatura máxima registrada de 111°C. O mesmo se mostrou eficiente para o cozimento de alimentos, podendo ser uma alternativa viável para substituir o cozimento tradicional com lenha e gás. Além da experiência, o artigo apresenta testes com os três tipos de fogões solares: Fogão Solar Tipo Funil, Fogão Solar Tipo Concentrador Solar Parabólico e Fogão Solar Tipo Caixa.

Palavras chaves: Fogão Solar, Eficiência Energética, Sustentabilidade.

ABSTRACT

In the world there are 49 underdeveloped countries, 25 in Africa. In the plurality such countries, beyond the presence of the sun, find-warburenses, refugees, drought and famine. In

¹ Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFS - Campus Lagarto.
email: tec.eric@yahoo.com.br

² Professor do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFS - Campus Lagarto.
email: diego.coriolano@ifs.edu.br

Brazil, together with the fact that it is a continental country, the protagonism of poverty - marked by hunger - and the regions that suffer from drought are undeniable. From this analysis, one can consider solar energy and the use of solar energy as an ecological and sustainable alternative for cooking food, as a low cost.

The work is done in the design, with the assembly and application of a low-cost prototype of a solar cooker, with the paper shaped like a giant funnel - being essential to make a cover and to make the greenhouse effect. A designed to make the role of solar cooking and two existing stoves. The design has been registered at a maximum temperature of 111 ° C. It has become efficient for cooking food, and can be a viable alternative to replace traditional cooking with drink and gas. In addition to the experience, the article presents tests with the three types of solar cookers: Solar Cooker Type Funnel, Solar Cooker Type Solar Parabolic Concentrator and Solar Cooker Type Box.

Keywords: Solar Cooker, Energy Efficiency, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Questões relacionadas à preservação do meio ambiente, controle de emissão de gases e novas tecnologias vêm sendo amplamente discutidas atualmente. O modelo de crescimento econômico atual gerou enormes desequilíbrios. Um lado marcado pela riqueza e fartura, que se mantém explorando o outro lado, que se reduz à miséria. Nessa dicotomia, temos um consenso desastroso: o aumento diário da poluição e degradação ambiental. Diante desta constatação surgiu a ideia do Desenvolvimento Sustentável (DS), com aplicação de tecnologias limpas, redução de lixo, reciclagem com coleta seletiva, reutilização de águas, enfim, desenvolvimento da humanidade em harmonia com a natureza (LAYRARGUES, P.P, 2000).

Energia solar é a que mais se destaca devido a sua variedade de utilização como energia solar fotovoltaica e a energia solar térmica, que pode ser utilizada para aquecer a água, secagem e desidratação de alimentos, destilação de água, e como forno solar. Os fogões solares foram apresentados há muito tempo como uma solução interessante para o problema do mundo de diminuir o uso de lenha e outros problemas ambientais associados à demanda de combustível para cozinhar. O uso de fogões solares resulta em economia de combustível, além de aumentar a segurança energética para as famílias rurais que utilizam combustíveis comerciais (Al-Soud, 2010).

Há uma grande quantidade de modelos de fornos solares, desenvolvidos em muitos países do planeta, há, por exemplo, uma gama diversificada de fornos de concentrador parabólico também uma ampla gama de fornos tipo caixa. As cozinhas mais avançadas aparecem em tubos de vácuo, concentradores simples com folhas de baixo custo, e assim por diante. O fogão solar é uma tecnologia social que permite ao mesmo tempo a obtenção de bons alimentos e o desenvolvimento sustentável, diminuindo o impacto no meio ambiente (MOURA, 2007), reduzindo, mesmo que parcialmente, o consumo de lenha. Dentre os diversos tipos de fogão solar, há o fogão tipo caixa que possui em sua estrutura uma camada escura, necessariamente uma placa refletora, cuja finalidade é de absorver os raios solares. Esta absorção promove a conversão de energia em calor que, suprimido pelo espelho, gera um efeito estufa. Em suma, é a capacidade térmica resultante da placa refletora é de extrema importância no funcionamento do fogão, interferindo diretamente na sua eficiência.

O forno tipo funil é um refletor que tem a forma de um funil gigante forrado com uma folha de alumínio, fácil de fazer. Esse funil é como um fogão parabólico, exceto pelo fato de que a luz é concentrada ao longo de uma linha (não um ponto) no fundo do funil. Diante disso, é possível colocar a mão no fundo do funil e sentir o calor de sol, mas não se queimar.

Portanto, o objetivo deste trabalho é projetar, desenvolver e testar três tipos diferentes de fogões solares comparando as diferenças térmicas e o tempo de cozimento dos alimentos obtidos pelo uso do fogão solar tipo caixa, tipo funil e tipo concentrador solar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão abordados os principais conceitos utilizados no projeto com algumas das principais informações técnicas dos itens que o compõe.

2.1. Fogão Solar Tipo Pannel

Fogão feito normalmente com painéis de papelão, revestido com material reflexivo. Permite temperaturas mais baixas, fácil de construir e transportar. Mais baratos. Cozimento lento de alimentos.

São os mais fáceis de serem construídos, com menor investimento de tempo e dinheiro. Normalmente feitos de painéis de papelão, que pode ser reciclado de caixas de papelão usadas, com revestimento de superfície reflexiva, como papel alumínio, filmes de poliéster metalizado, folhas de alumínio polido. Os painéis são dobrados de modo a concentrar o foco onde será colocada a panela para cocção. Este tipo de fogão apresenta menor rendimento, temperaturas de até 100 graus centígrados ou pouco mais (é possível cozinhar nestas temperaturas). O tempo de cozimento é maior. Para maior rendimento a panela deve ser revestida de saco plástico para fornos (300 graus) ou recipiente de vidro transparente, para que o efeito estufa melhore o rendimento da cocção do alimento na panela.

Existem muitos modelos disponíveis na internet, o mais famoso é o Cookit (Figura 1), funcional, mas com maior gasto de material. Outros modelos surgiram após, com maior eficiência e menor gasto de material, como o Fun Panel (Figura 2), Sunny, funil, Windshield shade (feito com shade automotivo), Educooker, etc.

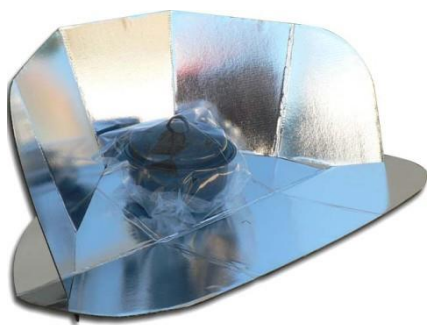


Figura 1: fogão solar funil tipo Cookit



Figura 2: fogão solar tipo Fun-Panel

2.2. Fogão Solar Tipo Concentrador Solar Parabólico

O concentrador solar de foco fixo foi montado na base de uma antena parabólica tipo de televisão, com 900 mm de diâmetro e 50 mm de profundidade, projetado um sistema de suporte regulável na altura e direção para melhor ajuste do foco, visando aproveitamento da máxima incidência solar. Na superfície do concentrador, foram utilizados 401 espelhos de área 160 mm² cada, fixados com cola de silicone própria para espelhos, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3: Detalhe do fogão solar com concentrador parabólico

2.3. Fogão Solar Tipo Caixa

O fogão solar utilizado para os experimentos foi o tipo caixa, onde foi levado em consideração o baixo custo de montagem, sendo os materiais de fácil aquisição e tendo ainda como finalidade a possibilidade do seu uso por famílias de baixa renda, como tecnologia social.

Para a montagem do fogão foram utilizadas duas caixas de papelão de tamanhos diferentes, de forma que uma caixa posicione-se dentro da outra com folga de 20 mm entre as caixas, isopor para realizar o isolamento térmico entre as caixas, um pedaço de papelão maior que a caixa grande, com o intuito de fazer a tampa para refletir os raios solares para dentro do forno e melhorar a eficiência energética, um vidro cortado com tamanho da caixa menor, para diminuir as perdas térmicas, uma chapa de metal de metal preta, para absorver a energia solar e papel alumínio para cobrir a tampa e a parte interna do forno solar, apresentado na Figura 4.



Figura 4: Detalhe do fogão solar tipo caixa

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Forno Solar Tipo Caixa

Na montagem do Forno Tipo Caixa foi necessário utilizar uma caixa larga e cortá-la ao meio, deste modo sendo utilizada a parte de cima para a tampa e a outra metade para base, como também foi reservado um pedaço da caixa para usar na tampa. Com isso, necessitou marcar uma linha ao redor da lateral e cortou-se ao longo desta linha, deixando quatro linguetas. Foi necessário colar uma folha de alumínio do lado de dentro da lateral até o topo da caixa externa, em seguida colocou uma caixa menor dentro da abertura formada pela lateral até que as abas estejam horizontais e rentes ao topo da lateral e coloque alguns maços de jornal entre as duas caixas para sustentação. Portanto as abas da caixa menor devem ser marcadas e usadas como guias, depois foram dobradas para encaixar ao redor do topo da lateral. Em seguida, foi dobrada as linguetas e as enfiei por baixo das abas da caixa interna de tal forma que elas obstruam os buracos nos quatro cantos. Para finalizar a tampa, foi medido a largura das paredes da base e usei essas medidas para calcular onde fazer os cortes que formarão o refletor na Figura 5.

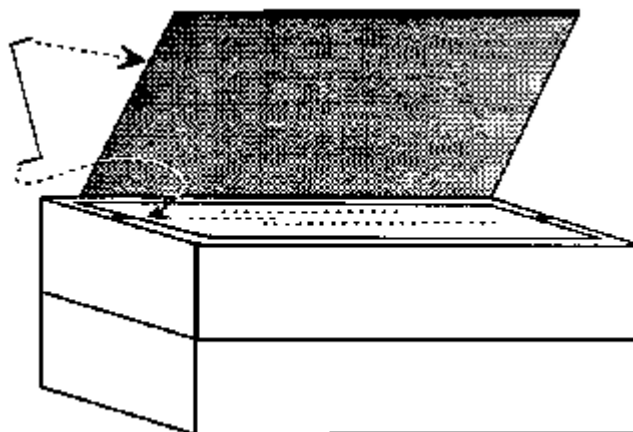


Figura 5: refletor após os cortes

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Sergipe no dia 27/05/2016. Visando melhor análise dos dados coletados de temperatura interna do fogão, com o multímetro, foi aferida a temperatura ambiente com o sistema de aquisição de dados de baixo custo, utilizando o sensor LM35 e a plataforma arduino. A Figura 6 apresenta o fogão solar, a temperatura instantânea no interior do fogão era 78 °C.

Na Figura 7 indica a temperatura interna do fogão solar e a temperatura ambiente. Utilizou-se duas panelas, a primeira com arroz integral e a segunda com carne moída com legumes. Para o cozimento dos alimentos foi necessário um tempo de exposição ao Sol de 3 h e 20 min.



Figura 6: Fogão solar para cozimento de alimentos.

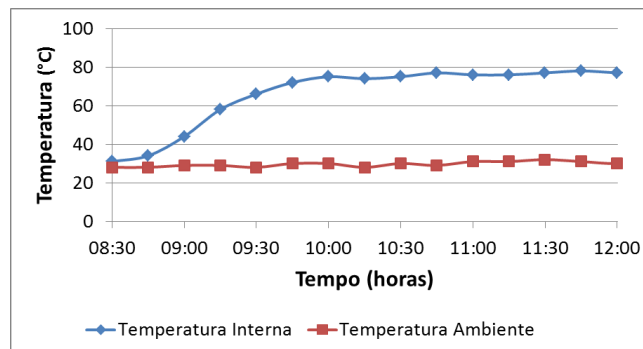


Figura 7: Temperatura interna do fogão solar e temperatura ambiente

3.2- Forno tipo Funil

Na montagem do Fogão Fun-Panel, foi necessário um fogão solar portátil que se baseia no design do fogão de funil solar. Os materiais de construção para fazer um fogão Fun-Panel são simples e de baixo custo, com isso são necessários: uma caixa de papelão que mede cerca de 50 cm em todas as arestas, parafusos, arruelas, papel alumínio e porca plástica. Portanto, a caixa de papelão foi cortada em forma de cubo para obter dois grandes painéis retangulares como mostrado na Figura 8.

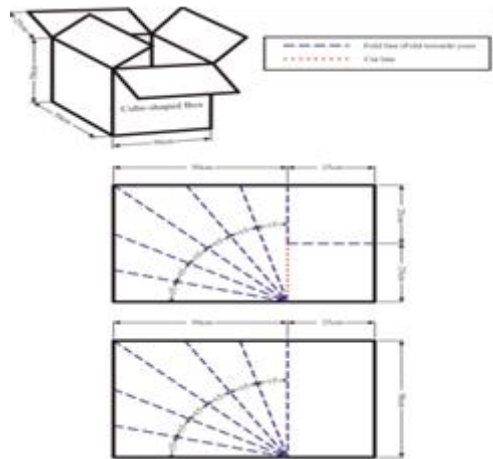


Figura 8: instruções dos cortes da caixa

Cada painel retangular grande foi composto de uma face quadrada da caixa juntamente com uma aba de cobertura. Consistiu em colar o papel de alumínio em um lado de cada um dos dois grandes painéis de papelão retangulares. Depois de juntar os dois grandes painéis retangulares, de acordo com Figura 9, para formar o fogão.

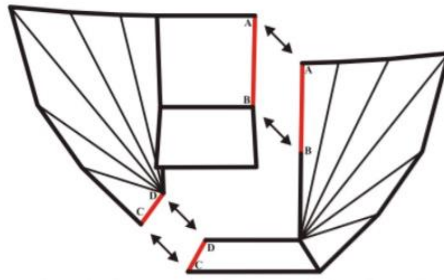


Figura 9: junção dos painéis retangulares

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Sergipe (IFS) no dia 18/11/2017 para o cozimento de carne moída com legumes. Teve início às 9h e terminou às 11:15h. A temperatura máxima registrada no interior da panela foi de 111°C aferida com o sensor de temperatura tipo K conectado ao multímetro modelo *Hiraki HM-2010* e a temperatura ambiente máxima foi 32,6°C registrada com a estação meteorológica instalada no local do experimento. A Figura 10 apresenta o alimento ao final do cozimento com o fogão solar tipo funil.



Figura 10: alimento cozido no fogão solar tipo funil

3.3- Forno tipo Parabólico

Foram realizados experimentos no Instituto Federal de Sergipe para obtenção de resultados para comprovação de eficiência do concentrador solar. O primeiro experimento utilizou-se ovos (29/01/2016), o segundo camarão (05/02/2016), ambos com manteiga na frigideira para melhorar o preparo. Os experimentos realizados no entre 11:30h e 13h.

Souza et al. (2010) utilizaram uma antena tipo parabólica de 600 mm de diâmetro com o objetivo de verificar a ebulição da água aplicada ao foco do concentrador solar, a temperatura máxima atingida na panela foi de 123 °C e a temperatura da água 78 °C. A segunda etapa do trabalho foi aumentar a eficiência térmica do projeto, para isso foi acoplada outro concentrador de

600 mm de diâmetro e a temperatura máxima foi 200 °C na panela e a água atingiu 100 °C, comprovando ser eficiente o protótipo construído.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fogão Solar Tipo Funil

Com o experimento perceber-se a necessidade de acompanhar junto com a temperatura ambiente a radiação solar da região. Os dados de radiação solar no nível do solo são importantes para uma ampla gama de aplicações em meteorologia, engenharia, ciências agrícolas (particularmente para física do solo, hidrologia agrícola, modelagem de culturas e estimativa de evapotranspiração de culturas), bem como na saúde. (BELÚCIO, 2014; BADESCU, 2014).

A Figura 11 apresenta o gráfico com a temperatura interna da panela obtida no experimento, temperatura ambiente e a radiação solar coletada através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017). Percebe-se que a temperatura na panela cresceu até 100 °C em aproximadamente 60 min, atingindo 110 °C em 90 min e praticamente permanecendo com essa temperatura até o final do cozimento. Pode-se observar também que devido ao efeito estufa causado pelo recipiente externo à panela a temperatura não sofre grandes alterações com a passagem de nuvens.

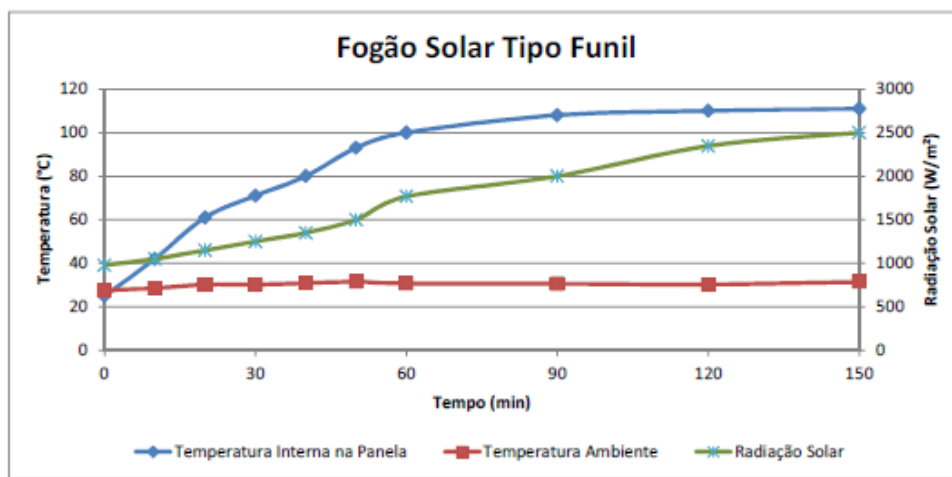


Figura 11: temperatura do fogão solar tipo funil

No gráfico, pode-se observar que a temperatura interna na panela chega ao valor máximo obtido no experimento dentro de um intervalo próximo de 90 min e se manteve constante pelo período coletado, enquanto a temperatura ambiente manteve-se estabilizada por volta dos 30°C,

nota-se ainda que no instante que a temperatura da panela atingiu o valor máximo de temperatura a radiação solar registrou aproximadamente 2000 w/m^2 e seguiu aumentando conforme o tempo para 2500 w/m^2 e ainda assim a temperatura interna na panela manteve-se praticamente inalterada, o que nos leva a entender que essa seria sua eficiência máxima.

O experimento do Forno Solar Tipo Funil, demonstrou ser o mais barato para confecção, pois os materiais para construção são de fácil acesso para qualquer pessoal, principalmente para as pessoas com uma renda mais baixa, o que ajuda o fácil acesso para montar o forno.

4.2. Concentrador Solar Tipo Parabólico

O experimento do Forno Solar Tipo Parabólico, foi o mais caro para confecção, entretanto demonstrou maior temperatura para cozimento no menor tempo para preparo. Apresentando desvantagens com a passagem de vento, pois esfriava a panela com a passagem do ar.

No Experimento 1, a estrutura do concentrador foi montada e logo após começou a preparar o ovo que foi exposto ao foco do concentrador, conforme Figura 12. A escolha do ovo, como primeiro alimento, foi pelo fato de ser um alimento de fácil preparo, para verificar a eficiência do concentrador projetado. O experimento iniciou-se com a temperatura ambiente de 30°C verificou-se que o foco gerado pelo concentrador estava sendo suficiente, porém um problema naquele dia foram as nuvens. A temperatura máxima na frigideira foi de 117°C e o experimento teve duração de 31 minutos.



Figura 12: frigideira com ovo, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

No experimento 2, os camarões foram colocados na frigideira e exposto ao foco do concentrador. A temperatura ambiente média no local foi de 31°C , a temperatura máxima da frigideira, sem os camarões, foi de 182°C (Figura 13). Apesar de céu nublado e algumas nuvens, a temperatura máxima na frigideira, com os camarões, foi de 162°C e após 25 minutos os camarões estavam prontos.



Figura 13: frigideira com camarão, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

4.3. Fogão Solar Tipo Caixa

A temperatura interna do fogão cresceu nos primeiros 90 minutos e, praticamente, manteve-se estável em 78 °C. Já a temperatura ambiente, houve uma variação entre o valor máximo e mínimo de 4 °C e apresentou uma média de 33,2 °C durante o experimento.

Moura (2007) utilizou um forno solar tipo caixa, visando o preparo de pizza pré-cozida, e atingiu temperatura máxima de 71 °C com temperatura ambiente de 32 °C com tempo de preparo de 1h e 09min.

Com o experimento o forno solar tipo caixa demonstrou ser o forno com menor eficiência, pois atingiu a menor temperatura e o maior tempo de cozimento dos três fornos solares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da energia solar, por ser uma energia limpa e renovável, vem sendo ampliado cada vez mais, assim como a busca de novas tecnologias para o seu aproveitamento. Tal pesquisa permitiu evidenciar a exploração de uma nova fonte de energia para a produção de alimentos, com um produto saudável, de baixo custo e com a utilização de matéria-prima acessível.

O fogão solar tipo concentrador de foco fixo apresentou a maior temperatura na panela, ainda sem o alimento (182 °C), após inserir os alimentos houve uma diminuição da temperatura que não comprometeu a cocção. O fogão tipo concentrador solar foi utilizado para fritar os alimentos. Já o fogão tipo caixa atingiu temperatura máxima de 78°C em 90 min e obteve sucesso na cocção da carne moída com legumes e do arroz integral em aproximadamente 210 min. Por fim, o fogão tipo funil registrou temperaturas acima de 110 °C e cozinhou carne moída com legumes em 135 min.

Portanto, os resultados obtidos a partir deste trabalho mostram a diferença entre os três tipos de fogões. Diante disso, os fogões solares tipo caixa têm menor temperatura em comparação

com os fogões tipo funil; o fogão solar tipo concentrador atingiu temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente, tempos de cozimento mais baixos do que qualquer outro fogão testado em dias ensolarados sem nuvens e céu limpo. Recomenda-se que o concentrador solar seja o tipo de fogão mais adequado em áreas com longas durações de forte radiação solar sem cobertura de nuvens e, principalmente, baixa interferência do vento.

Os fogões solares mostram-se como protótipos ideais de captação da energia solar, mesmo em meses de pouca incidência solar, sendo capaz de atingir altas temperaturas em pouco tempo e, assim, realizar o cozimento dos alimentos. Além disso, o uso de fogões solares ao invés do fogão convencional é importante para a conscientização socioambiental da população sobre a utilização de energias limpas e que não atingem negativamente o meio ambiente.

As tecnologias de cozimento solar podem desempenhar um papel fundamental para reduzir ou substituir o consumo de energia de outras fontes em um futuro próximo. Adicionalmente, a cozinha solar é a melhor opção que oferece um uso promissor para a energia solar. Além de suas diversas vantagens (por exemplo, economia de combustível e energia elétrica, redução de CO₂ e conservação de lenha), a divulgação em grande escala de fogões solares ainda é limitada devido a diversos problemas. Para superar essa limitação e apreender mais benefícios desses sistemas, mais tentativas de pesquisa devem ser realizadas no futuro, em variados países, para aumentar sua eficiência e melhorar seu desempenho atual.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a medição da radiação solar em todos os experimentos e com estações solarimétrica instaladas no local onde o experimento está sendo realizado e com coletas das informações em intervalos menores aos que foram apresentados nesse trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- AL-SOUD, M. S., Abdallah, E., Akayleh, A., Abdallah, S., & Hrayshat, E. S. (2010). A parabolic solar cooker with automatic two axes sun tracking system. *Applied Energy*, 87(2), 463-470.
- BELÚCIO, L. P., da Silva, A. P. N., Souza, L. R., & de Albuquerque Moura, G. B. (2014). Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(4), 494-504.
- INMET, Consulta Dados da Estação Automática. 2017. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br>. > Acesso 22 de mar. 2018.
- JONES, S. E. O Fogão Solar de Funil Como fazer e usar o Fogão e Refrigerador Solar da BYU. Brigham Young University. Disponível em: < <http://solarcooking.org/portugues/funnel-pt.htm> > Acesso em: 14 mar. 2018.
- LAYRARGUES, P. P. Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais. In: LOUREIRO, C. F. B. (Org.). *Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate*. São Paulo: Cortez, 2000. p. 87- 155.
- MOURA, J. P. Construção e avaliação térmica de um fogão solar tipo caixa, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 2007.
- NETO, J. G. C. et al. Estudo da eficiência térmica do fogão solar tipo caixa tendo como variável o material de sua placa metálica. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA10_ID10918_17082016195442.pdf > Acesso em: 18 abr. 2018.
- SOUZA, L. G. M.; Ramos Filho, R. E.; Medeiros JR., A. P.; Bezerra, C. M.; Rebouças, G. F. S.; CABRAL, R. Fogão Solar com Parábola Reciclável de Antena VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande, 2010.
- YETTOU, F. et al. Solar cooker realizations in actual use: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 37, p. 288-306, 2014.