

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CONSTRUÇÃO E ANALISE DE DESEMPENHO DE UM FOGÃO SOLAR TIPO PAINEL DE BAIXO CUSTO PARA PASTEURIZAÇÃO DA ÁGUA

Ubiracui Pereira de Lucena Júnior, ubira_junior@hotmail.com
Paulo Ricardo de Oliveira Queiroz, pauloricardo.eq@hotmail.com
Pablo Lucian Cardozo de Azevedo, pablolucian@hotmail.com
Mariana Hellen de Freitas Fonseca, mariana_hellen@hotmail.com
Lívia Nascimento Rabelo, lih_nascimento14@hotmail.com
Zoroastro Torres Vilar, zoroastro@ufersa.edu.br
Luiz Paulo de Oliveira Queiroz, luiz_paulo182@hotmail.com
Juliana Carvalho de Sousa, juli_carvalho18@hotmail.com
Aline Francilurdes Nery do Vale, alinefrancilurdes@homail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), Rua Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, Mossoró - RN, 59600-971

Resumo: Nos países subdesenvolvidos a maioria das doenças atualmente são causadas por bactérias, vírus e outros micróbios que são proliferados através da água. Um método simples para minimizar esses problemas é a pasteurização da água, que é o ato de aquecê-la até uma temperatura de 66° C para matar os microrganismos causadores de doenças. Dentro desse contexto, o fogão solar surge como uma boa alternativa que pode ajudar a combater os males causados a população desses países. O mesmo é um meio alternativo para aquecimento de água, onde é substituído a queima do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) pela energia do sol para se obter elevação de temperatura, garantindo assim uma forma de energia limpa e de custo baixo. O seu princípio básico é regido pela segunda lei da termodinâmica e apresenta os três processos básicos de transferência de calor: radiação, condução e convecção. É importante ressaltar que esse sistema é dependente das condições climáticas. Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para a pesquisa na área em questão tendo como objetivo: pasteurizar a água através de um fogão solar de tipo painel de baixo custo. Para alcançar o objetivo foi feito um experimento prático que se iniciou com um levantamento geral de todos os aspectos a serem abordados, partindo primeiramente da história da criação dos fogões solares e em quais situações iniciais foram aplicadas. Posteriormente, foi feito um estudo de todo o seu funcionamento, dos seus componentes e dos modelos existentes. Por fim, realizou-se o experimento de pasteurização da água utilizando o fogão solar construído pelos autores. Para a construção, fez-se necessário a aquisição de materiais de baixo custo, tais como: papelão, papel alumínio, cola branca, fita adesiva silver tape e estilete. Ao finalizar a construção do fogão foi feito um ensaio de todo o sistema com 600 ml de água com a finalidade de determinar a sua eficiência térmica. Com isso, foi utilizado dois equipamentos para coletar as medições dos dados, um medidor de energia solar digital e também um multímetro digital na função de termômetro. Para o procedimento de coletas de dados, foi medida a temperatura da água, utilizada para o primeiro ensaio de pasteurização, a cada 30 minutos entre o horário das 10:00h e 13:00h. No segundo ensaio foi realizado por um período mais longo do dia, cada 30 minutos entre o horário das 09:00h e 15:00h para uma observação maior do seu rendimento. Logo após as medições das temperaturas foi verificada a radiação solar global. As condições estavam favoráveis no dia do ensaio e a água atingiu a temperatura máxima de 80°C com radiação média de 1312 W/m² às 11:30h no primeiro ensaio e no segundo atingiu a temperatura máxima de 83°C com radiação média de 1330 W/m² às 11:00h. Além de verificar o tempo de pasteurização, foram também obtidos dados referentes à temperatura da panela, da água dentro da panela, dados da radiação solar direta e temperatura ambiente. De acordo com os valores obtidos mostra que os experimentos realizados alcançaram seus objetivos, pois a temperatura de pasteurização da água, ou seja, 66 °C foi atingida.

Palavras-chave: Fogão Solar, Pasteurização, Baixo Custo, Eficiência.

1. INTRODUÇÃO

Em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento muitas vezes falta água adequada para o consumo, decorrente da inexistência dos tratamentos para deixar potável, e para as necessidades básicas, tais como higiene e cocção de alimentos. Muitas doenças são transmitidas através da água, e elas são responsáveis por boa parte das mortes em países pobres e em sua maioria crianças que morrem desidratadas, isso só pelo simples fato da ausência de água tratada.

Há vários tipos de doenças que podem ser causadas pela água. São assim denominadas quando causadas por organismos ou outros contaminantes disseminados diretamente por meio da água. Em locais com saneamento básico deficiente (falta de água tratada e/ou de rede de esgoto ou de alternativas adequadas para a deposição dos dejetos humanos), as doenças podem ocorrer devido à contaminação da água por esses dejetos ou pelo contato com esgoto despejado nas ruas ou nos córregos e rios. A falta de água também pode causar doenças, pois sua escassez impede uma higiene adequada. Incluem-se também na lista de doenças de transmissão hídrica, aquelas causadas por insetos que se desenvolvem na água. São inúmeros os contaminantes: microrganismos como bactérias, vírus e parasitas, toxinas naturais, produtos químicos, agrotóxicos, metais pesados, etc. É muito importante conhecer essas doenças e a forma como elas afetam a saúde dos grupos populacionais, onde são adquiridas, e quais ações e cuidados ajudam a preveni-las ou reduzir suas ocorrências (DDTHA/CVE, 2010). Existem alguns métodos para se tratar essa água contaminada, tais como: cloração, filtração e pasteurização. Todos esses métodos têm o mesmo objetivo, que é transformar água inadequada para o consumo em água limpa e pronta para o consumo humano.

Em países pobres há uma certa dificuldade para se tratar essa água, como a impossibilidade de aquisição de produtos químicos e mão de obra capacitada. Então um método simples, bem conhecido e difundido é a pasteurização, que é simplesmente o ato de aquecer a água até uma temperatura de 66° C para matar todos os microrganismos causadores de doenças. Dentro desse contexto, o fogão solar surge como uma boa alternativa para aquecimento da água, visando minimizar os crescentes impactos gerados pela contaminação do mesmo. Devido à fácil construção e baixo custo, a sua massiva produção para a cocção de alimentos e aquecimento de água, o fogão torna-se viável para ser utilizado em países pobres, assim como sua contribuição para o desenvolvimento social (SILVA, 2007). A energia utilizada pelo fogão solar é proveniente do sol, apresentando diversas vantagens em seu uso. Entre essas vantagens estão a disponibilidade de energia abundante e gratuita, além da ausência de chamas, fumaça, incêndios e perigo de explosão pela não utilização de combustíveis fósseis (ARAÚJO, 2015).

Esse sistema solar, como dito anteriormente, utiliza a luz do sol como fonte de energia. Essa energia é transferida para o alimento ou água de três formas básicas: condução, convecção e radiação. Uma das poucas desvantagens é a total dependência do clima para se conseguir atingir essas temperaturas altas o suficiente para a cocção de alimentos e aquecimento de água. Além disto, a sua frequente utilização pode representar uma contribuição inestimável à fauna e à flora, hoje tão comprometidas com o desmatamento inconsequente e predatório na busca de lenha, gravetos e outros materiais destinados à produção de energia térmica dos fogões à lenha.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Energia Solar

A energia solar é de fundamental importância no que se diz respeito à manutenção da vida na terra, sendo responsável por gerar processos naturais essenciais, por exemplo, a fotossíntese, que combina a luz do sol com o dióxido de carbono contido na atmosfera para se gerar energia nas plantas em forma de hidrocarbonetos. É uma fonte renovável, isso significa que em relação a escala de vida humana é inesgotável. Suas aplicações são as mais diversas, dentre elas estão a fototérmica, estando interessado na quantidade de energia térmica um corpo é capaz de absorver, e a fotovoltaica, que é a conversão direta da luz em eletricidade (CRESESB, 2006).

O Brasil está localizado próximo a linha do equador implicando em uma maior quantidade de energia solar recebida, e tendo extensões continentais, com uma área igual a 8.516.000 km². Unindo esses dois fatores que o Brasil tem um potencial solar de 1013 MWh anuais, esse valor corresponde a 50.000 vezes seu consumo anual de eletricidade (ARAÚJO, 2015).

2.2. Fogões Solares

O fogão solar é um meio alternativo para o cozimento de alimentos, onde é substituída a queima do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) pela energia do sol, para se obter elevação de temperatura, cujos raios se multiplicam ao encontrar as superfícies espelhadas do forno. No Brasil infelizmente não se aproveita desse recurso tão abundante que é o sol, já em outros países se tem incentivos para se utilizar fogões solares. É importante ressaltar que o fogão solar é dependente das condições climáticas (LOUBACK, 2014).

O primeiro fogão solar com tecnologia moderna se atribui ao franco-suíço Horace de Saussure, que construiu uma pequena caixa solar no ano de 1767. O mesmo cozinhou frutas em um fogão solar do tipo caixa que alcançava temperaturas de 88°C que constava de duas caixas de madeira de pinho, uma dentro da outra, isoladas com lã e tinha três coberturas de vidro (RAMOS FILHO, 2011). A mesma é apresentada na Figura 1.

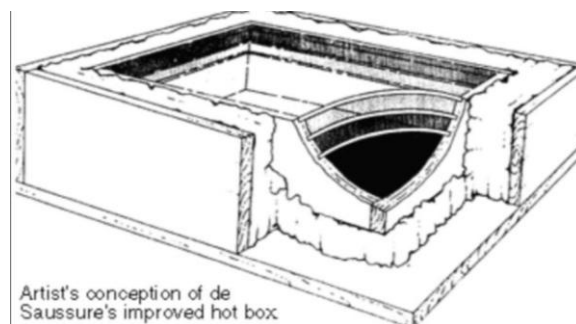


Figura 1. Caixa solar construída por Horace de Saussure

Fonte: Ramos Filho (2011)

O princípio básico do fogão solar é regido pela segunda lei da termodinâmica que diz que o calor é e sempre será transferido de modo espontâneo do corpo mais quente para o corpo mais frio. O fogão solar tipo painel apresenta os três processos básicos de transferência de calor: Radiação, Condução e Convecção (RAMOS FILHO, 2011). A radiação que vem dos raios solares é absorvida pela panela e refletida na região espelhada, multiplicando os raios, incidindo mais raios sobre a panela aquecendo sua superfície, transferindo o calor da superfície externa da panela até a interna através da condução. O processo de condução é descrito pela transferência de calor através de um corpo mais quente que cede calor ao corpo mais frio. Por fim, o processo de transferência de calor por convecção ocorrendo através do deslocamento de camadas de um fluido, ou seja, ocorre com os líquidos e gases. O ar quente aquecido próximo da panela, ou do próprio forno tende a subir e trocar calor com o ar frio que desce, promovendo uma circulação de ar, aquecendo o ambiente. Essa convecção também ocorre na água, aquecendo a mesma até a temperatura de ebulição (RAMOS FILHO, 2011).

2.3. Tipos de Fogões Solares

Os fogões solares são classificados em três tipos: do tipo caixa, painel e parabólico.

2.3.1. Fogão Solar Tipo Caixa

O Fogão Solar Tipo Caixa, visto na Figura 2, tem como principal característica, conforme o nome já diz, o formato de caixa com o objetivo de gerar uma atmosfera ao redor do alimento que provocará o chamado efeito estufa, funcionando como um forno comum, assando os alimentos (RAMOS FILHO, 2011).



Figura 2. Fogão solar do tipo caixa

Fonte: Ramos Filho (2011)

Usualmente a sua estrutura é pintada de cor preta fosca para facilitar o armazenamento de calor, já que a maior absorção de calor é realizada pelo corpo negro. Pode ser construído de diversos materiais, mas todos devem possuir um vidro ou outro material transparente que permita a passagem dos raios solares para o seu interior, mantendo boa parte do calor, necessário para assar o alimento.

Caracterizam-se por permitirem a obtenção de temperaturas de no máximo 150°C, demoram a aquecer e sua operacionalização, geralmente é fácil (GOMES, 2009).

2.3.2. Fogão Solar Tipo Pannel

O Fogão Solar Tipo Pannel tem funcionamento similar ao Fogão Tipo Caixa, visto que as diferenças se concentram apenas na geometria. O papelão no caso é cortado e dobrado para montar uma forma geométrica tridimensional de

vários lados, também cobertos com papel alumínio para a reflexão. Várias geometrias diferentes são encontradas em todo o mundo (SILVA, 2007).

Caracterizam-se por permitirem a obtenção de temperaturas próximas a 100 °C e sua operacionalização é fácil. O mais comum dos fogões tipo painel, como pode ser visto na Figura 3.

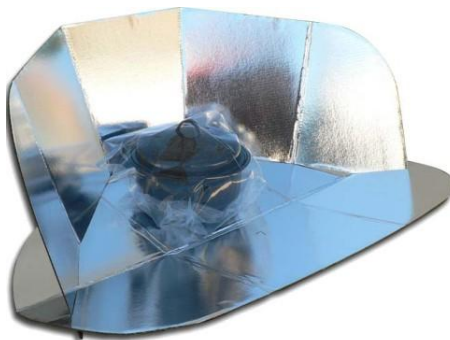


Figura 3. Fogão solar tipo painel

Fonte: Silva (2007)

O fogão é amplamente utilizado em países pobres, principalmente na África, devido a sua praticidade e fácil construção. No Peru, uma organização filantrópica chamada Peru Children's Trust (Confiança nas Crianças Peruanas), desenvolve um programa de construção de fogões solares utilizando a mão de obra de 100 crianças pobres oferecendo assistência às famílias em saúde e educação (GOMES, 2009).

2.3.3. Fogão Solar Parabólico

O Fogão Solar Parabólico (concentradores), de acordo com Silva (2007), concentram a energia em um ponto, o ponto focal. A maioria dos destes concentradores constituem de uma superfície parabólica recoberta por material refletor, sustentada em uma armação de metal móvel, como mostra a Figura 4.



Figura 4. Fogão solar tipo parabólico

Fonte: Silva (2007)

Para garantir a convergência dos raios solares no ponto de aquecimento, é necessário um posicionamento correto da estrutura refletora, em relação à inclinação e à posição do sol. Um ajuste deve ser feito a cada 20 ou 30 minutos para manter um aquecimento contínuo e insolação constante. Por isso a mobilidade da superfície refletora é fundamental.

Caracterizam-se por permitirem a obtenção de temperaturas superiores a 300 °C e consequentemente um menor tempo de cozimento em relação aos outros fogões.

2.4. Pasteurização

A pasteurização é o processo de desinfecção da água através, do aquecimento da mesma por alguns minutos a temperaturas próximas a 70°C. Procedimento esse desenvolvido por Louis Pasteur que nasceu na França em meados do século XIX. Suas descobertas tiveram mais impacto na área da medicina. Seu estudo foi o propulsor da microbiologia. (ARROIO, 2006).

Para se realizar o experimento foram utilizados quatro frascos de vidro com caldos nutritivos, sendo que os gargalos foram esticados e curvados no fogo, com o objetivo de isolar o sistema do meio. Logo após, foi fervido o caldo de cada

um dos quatro frascos, até sair vapor pelos seus gargalos e deixou-os esfriar. Foi observado que mesmo estando em contato com o ar, nenhum deles apresentou micro-organismos. Em seguida, foram quebrados alguns dos gargalos e com o passar dos dias observou-se que os frascos estavam repletos de micro-organismos, enquanto os que ainda estavam com o gargalo longo e esticado ainda estavam sem contaminação. Com isso, Pasteur concluiu que existem micro-organismos no ar. Nos frascos ainda intactos não conseguiam chegar até o líquido, decorrente de um filtro natural de gotículas de água, sendo esse filtro ausente nos frascos onde o gargalo foi quebrado deixando o líquido vulnerável. Com isso refutou a teoria da geração espontânea (MORAES, 2015).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa do presente trabalho tem o interesse de analisar o desempenho térmico de um fogão solar de baixo custo tipo painel para pasteurização de 600 ml de água. Trabalho e análises realizadas na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) na cidade de Mossoró-RN. Para isso, foi projetado e construído um fogão solar tipo painel utilizando materiais não convencionais, ou seja, materiais alternativos de baixo custo.

O presente capítulo apresentará as informações relacionadas ao local da pesquisa, construção e montagem de cada componente do fogão solar, o fogão solar tipo painel pronto, recipiente utilizado, os instrumentos utilizados nas medições dos dados, e por fim, serão mostrados os procedimentos da coleta dos dados realizados.

3.1. Caracterização da Cidade de Mossoró-RN

A pesquisa foi desenvolvida no município de Mossoró-RN, e os experimentos foram feitos na área interna da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em um terreno descampado sem sombras, para a obtenção da máxima incidência dos raios solares. De acordo com Araújo (2015) o município está localizado na mesorregião oeste ($37^{\circ}20'$ de longitude Oeste e $5^{\circ}11'$ de latitude Sul do Estado), com altitude média de 18m acima do nível do mar e situada a 280 km de distância de capital Natal. Por se encontrar próxima à linha do equador, na cidade de Mossoró não se observa alterações nos dias de sol ao longo de um ano.

De acordo com Atlas Solarimétrico Do Brasil (2000) *apud* Silva (2014) Mossoró apresenta dezembro como o mês mais quente e julho como o mais frio, com temperatura média anual de $27,6^{\circ}\text{C}$, máxima de $33,5^{\circ}\text{C}$ e mínima de $22,8^{\circ}\text{C}$. A média anual da precipitação é de 772,7 mm, os ventos predominantes são de nordeste e sudeste, com velocidade anual de 3,9 m/s. Quanto à pressão atmosférica e a evaporação média, essas são respectivamente, 757,1 mmHg e 174,7 e 232,1 mm/mês. A umidade relativa, a nebulosidade e a insolação apresentam valores médios anuais de 68,1%, 4/10 e 241,7 horas, respectivamente e ainda possui uma radiação solar média anual de $18,0 \text{ MJ/m}^2\text{dia}$ (LEITÃO et al, 2000).

3.2. Construção do Fogão Solar

Para a construção do fogão, fez-se necessário a aquisição de materiais de baixo custo, tais como: papelão, papel alumínio, cola branca, fita adesiva silver tape e estilete. Os processos de construção da estrutura do fogão foram divididos em várias etapas, como dimensionamento da base e da estrutura lateral, corte do papelão, corte do papel alumínio, aplicação do papel alumínio e a união de todas as partes da estrutura com a fita silver tape.

3.2.1. Corte do Papelão, Revestimento com Papel Alumínio e União das Partes da Estrutura do Fogão

O corte do papelão foi feito de acordo com o dimensionamento da estrutura lateral e da base do fogão solar tipo painel. Essas medidas estão contidas na Figura 5 e elas foram determinadas por conta do tamanho da largura do papel alumínio encontradas na cidade de Mossoró-RN. Foram feitas 10 unidades da estrutura lateral e 1 unidade da base para sustento das estruturas laterais.

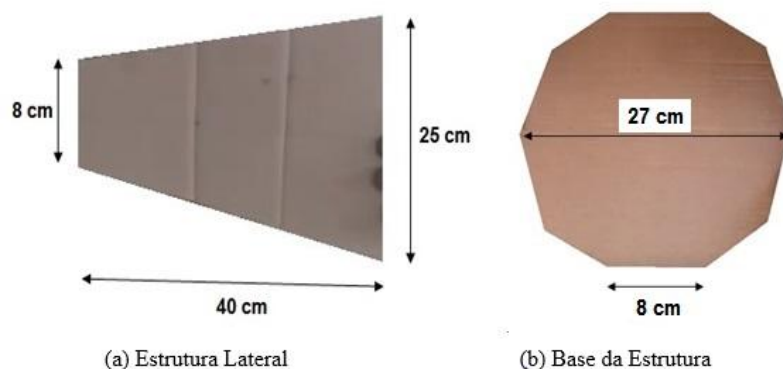


Figura 5. Dimensionamento fogão
Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Após o corte das dimensões do papelão, foi realizado o corte do papel alumínio de acordo com as dimensões da Figura 5 e feito o revestimento de toda a superfície de um dos lados do papelão, que será a parte interna do fogão, com papel alumínio. Aplicou-se cola branca para fixação do mesmo. O revestimento finalizado pode ser visto na Figura 6.

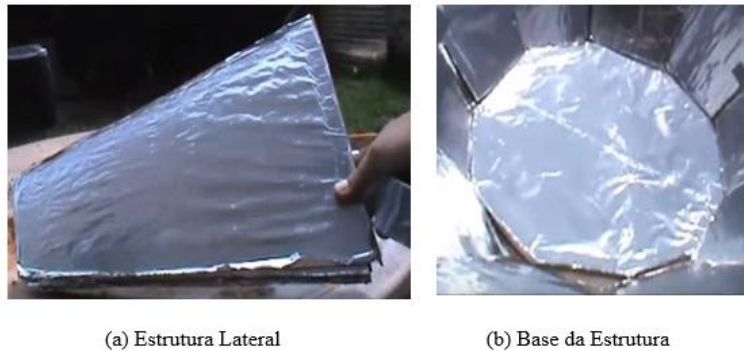


Figura 6. Revestimento
Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Para união das partes da estrutura lateral e da base foi utilizado a fita silver tape, mostrado na Figura 7, por conta do seu alto poder de adesão e alta resistência ao sol, portanto, não fica seca ou quebradiça quando aplicadas em temperaturas severas.



Figura 7. Aplicação da fita silver tape
Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

3.2.2. Fogão Solar Tipo Painel de Baixo Custo

Após todas as etapas de construção e montagem feitas, temos construído o Fogão Solar Tipo Painel como mostra a Figura 8 utilizando material de baixo custo como já citado no item 3.2.



Figura 8. Fogão solar tipo painel
Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

3.3. Recipiente Utilizado

Foi utilizada para armazenamento da água durante o experimento uma panela de alumínio de cor externa preta. Por sua boa condutibilidade térmica, esse tipo de panela é um dos mais utilizados para coação de alimentos. A cor externa foi escolhida para uma maior absorção de radiação solar.

3.4. Instrumentos Utilizados na Medição

Ao finalizar a construção e montagem do fogão foi necessário fazer dois ensaios do sistema com a finalidade de determinar a sua eficiência térmica através dos parâmetros estabelecidos anteriormente.

Com isso, foram utilizados dois equipamentos para coletar as medições dos dados. Um medidor de energia solar digital e portátil com a função de coletar os dados de radiação solar, do fabricante INSTRUTHERM, modelo MES-100. E também um termômetro, que no caso foi utilizado um multímetro digital na função de termômetro juntamente com um termopar do tipo k, nas medições de temperatura. O mesmo é do fabricante ICEL, modelo MD-5770.

3.5. Procedimentos de Coletas de Dados

As condições solarimétricas, os índices de radiação solar global foram variados com pouca nebulosidade. Primeiramente, foi medida a temperatura da água, utilizada para o ensaio de pasteurização, com auxílio de um termômetro digital e seu respectivo termopar tipo k. Em seguida, foram medidas a cada 30 minutos entre o horário das 10h e 13h no primeiro ensaio e 9h e 15h no segundo as temperaturas em diferentes pontos do fogão solar, na seguinte ordem de medição: temperatura da panela (T_{panela}) e temperatura da água ($T_{\text{água}}$) (ensaio de pasteurização).

Logo após a medição das temperaturas, com o auxílio de um medidor de energia solar digital foi verificada a radiação solar global, apenas apontando o equipamento portátil para a direção do sol. É necessário ressaltar que no ensaio de pasteurização da água o fogão solar tipo painel sofreu uma alteração na parte de fixação. Nos dias, Analisando de forma qualitativa verificou-se um alto índice de ventos no local descampado do ensaio e como o material do fogão é leve surgiu uma nova problemática: a fixação do fogão para o mesmo ficar estável. A solução do problema foi utilizar barbantes e pesos para fixar o mesmo ao sol. Com essa medida a estabilidade foi assegurada do fogão ao solo.

Com as medições finalizadas no decorrer dos dias foi possível analisar os parâmetros térmicos fundamentais. O capítulo 4 faz esta avaliação e analisa os resultados obtidos nos ensaios, e assim, verifica o seu desempenho.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelas análises feitas no fogão solar proposto, sendo que os ensaios foram utilizados para o aquecimento de 600 ml água com o objetivo de atingir a temperatura de pasteurização. Além disso, esses resultados analisam os materiais de baixo custo que compõem o fogão solar, e o seu desempenho. Para finalizar, é mostrado o custo em reais que foi necessário para que o estudo fosse feito

4.1. Análises dos Resultados do Ensaio de Pasteurização da Água

Os dados coletados para análise dos resultados são referentes apenas para a quantidade de água pré-estabelecida anteriormente, os 600 ml. Foram realizados dois ensaios, o primeiro começou às 10 horas do dia 18/01/2016, sendo analisada a temperatura em um intervalo de 30 minutos até que a água chegasse à temperatura de pasteurização, ensaio terminando às 13 horas como mostra a tabela 1. As condições estavam favoráveis no dia do primeiro ensaio e a água atingiu a temperatura máxima de 80°C com radiação média de 1312 W/m². O segundo ensaio começou às 9 horas do dia 14/06/2016, o procedimento foi realizado e repetido aproximadamente seis meses após o primeiro em um período mais longo do dia para análise mais completa do seu rendimento, sendo analisada a temperatura em um intervalo de 30 minutos até que a água chegasse à temperatura de pasteurização, ensaio terminando às 15 horas como mostra a tabela 2. As condições do tempo apresentaram um pouco mais de nebulosidade em relação ao primeiro dia, diminuindo a radiação solar direta em algumas medições, porém a água atingiu a temperaturas maiores, máxima de 83°C com radiação média de 1330 W/m². A Figura 9 mostra a água dentro da panela de alumínio preta em processo de pasteurização e a medição da temperatura.



(a) Processo de pasteurização da Água

(b) Obtenção das temperaturas

Figura 9. Processo de pasteurização da água

Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Além de verificar o tempo de pasteurização, foram também obtidos dados referentes à temperatura da panela, da água dentro da panela, dados da radiação solar direta e temperatura ambiente, conforme observado na Tabela 1 e 2. Em amarelo é mostrada a máxima temperatura atingida pela água.

Tabela 1. Resultados do Ensaio de Pasteurização da Água no dia 18/01/2016

Tempo (Horas)	Temperatura da Água (°C)	Temperatura da Panela (°C)	Radiação Solar Direta (w/m²)	Temperatura Ambiente
10:00	28	28	1340	31
10:30	59	58	1322	34
11:00	69	67	1330	33
11:30	80	68	1312	32
12:00	71	63	1282	32
12:30	65	63	1265	31
13:00	58	47	1270	31

Tabela 2. Resultados do Ensaio de Pasteurização da Água no dia 14/06/2016

Tempo (Horas)	Temperatura da Água (°C)	Temperatura da Panela (°C)	Radiação Solar Direta (w/m²)	Temperatura Ambiente
09:00	29	29	877	30
09:30	42	38	944	31
10:00	60	51	1110	32
10:30	71	57	1450	33
11:00	83	70	1330	33
11:30	81	67	1245	32
12:00	76	65	1482	32
12:30	61	52	981	31
13:00	58	46	1202	33
13:30	54	45	863	30
14:00	48	40	739	31
14:30	49	43	788	31
15:00	43	39	562	30

De acordo com os valores apresentados na Tabela 1 e 2, mostra-se que o experimento foi alcançado o objetivo, pois a temperatura de pasteurização da água, ou seja, 66 °C foi atingida um pouco antes das 11h no primeiro ensaio e um pouco antes das 10h30min no segundo. Nota-se que 30 minutos após o começo do primeiro experimento, com temperatura de início da pasteurização de 59°C, começou o processo de pasteurizar a água com radiação de 1322 W/m², embora se tenha conseguido atingir seu objetivo de aquecer a água a uma temperatura acima de 66 °C (temperatura de pasteurização da água) depois de 1 hora do seu início com uma taxa de radiação de 1330 W/m². Por fim, no decorrer das análises percebeu-se que a água atingiu sua temperatura máxima (80 °C) as 11h30min. No segundo experimento notou-se que 1h após o seu início começou o processo de pasteurização com radiação de 1110 W/m², embora tenha conseguido seu objetivo próximo de completar 1h30min com uma taxa de radiação 1450 W/m². No final, percebeu-se que a água atingiu sua temperatura máxima (83 °C) as 11h.

4.2. Investimento Necessário para Confeção do Fogão Solar Tipo Pannel de Baixo Custo

O fogão em estudo apresenta um custo financeiro baixo, mas é importante ressaltar que o valor total do fogão solar apresentado não inclui o preço dos materiais que foram doados, como papelão e cola, uma vez que não foi realizada cotação. Os valores dos materiais que obtiveram custos podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3. Custo dos Materiais Utilizados na Construção e Montagem

DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
Papel Alumínio	3,35
Estilete	2,90
Fita Silver Tape	7,00
TOTAL	13,25

Finalizada a análise dos resultados obtidos com o fogão solar tipo painel de baixo custo estudado, o Capítulo 5 mostrará as conclusões do estudo realizado.

5. CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas neste trabalho, o foco principal desse estudo prático realizado com o fogão solar tipo painel de baixo custo foi atingir a temperatura de 66 °C referente à pasteurização da água. A partir dos princípios de funcionamento, construção e montagem do fogão buscou-se apresentar um modelo eficiente, como os apontados na literatura, com bom desempenho para aquecimento de água. Importante ressaltar que a eficiência do fogão solar tipo painel de baixo custo é diretamente proporcional à intensidade de radiação solar direta, e que quando o dia apresentar intensas horas com nebulosidades, o desempenho não é o mesmo, diferente do que ocorreu no dia do ensaio. O fogão é indicado para regiões com baixos índices de nebulosidade, características da região nordeste. Uma dificuldade encontrada foi uma forma de fixação do fogão quando existe um índice elevado de ventos, para isso foram necessários pesos extras para fixá-lo e mantê-lo estável durante sua operação. O projeto apresentado pode ser uma alternativa para reciclagem de materiais, como papelão, assim como de outros materiais que poderão ser utilizados em sua construção, podendo contribuir para a socialização da energia solar. Também é importante ressaltar a importância da energia solar, no que diz respeito à manutenção da vida na terra, e o grande potencial solar brasileiro com 1013 MWh anuais. Observou-se também o que é um fogão solar e quais os tipos de fogões existentes, seu rendimento, princípio de funcionamento, e a diferença de cada um. Abordou-se o processo de pasteurização, que é a desinfecção da água através, do aquecimento da mesma por alguns minutos a temperaturas próximas a 70°C. Importante comentar que não foi feita nenhuma análise microbiológica da água utilizada, nem antes ou depois dos ensaios. Para o fim proposto, o fogão solar tipo painel analisado possui baixo custo e é viável para tal aplicação. Esse fogão representa uma alternativa, para áreas carentes do mundo, para tratamento da água de forma simples e objetiva usando a energia solar. Apresenta uma boa relação custo x benefício e possui uma função social fundamental neste estudo. Além disso, os processos de construção e montagem do fogão solar proposto são simples e podem ser repassados com facilidade para comunidades carentes.

6. AGRADECIMENTOS

UFERSA

7. REFERÊNCIAS

- Araújo, M. R. S. S. (2015) Construção e análise do desempenho de um fogão solar de baixo custo tipo caixa na cidade de Mossoró/RN. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN. 56 p.
- Arroio, A. (2006). Louis pasteur: um cientista humanista. Revista Eletrônica de Ciência, São Carlos, fev. pp.1-1. Disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_31/EraUmaVez.html>. Acesso em: 27 nov. 2015.
- Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito (CRESESB). (2006). Solar princípios e aplicações. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.
- Divisão de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DDTHA/CVE). (2010). Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Disponível em: <ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2015.
- Gomes, J. W. (2009). Construção e análise de desempenho de um forno/fogão solar tipo caixa construído a partir de uma sucata de pn. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 101 p.
- Leitão, M. M. V. B. R.; et al. (2000). Balanço de radiação sobre um solo descoberto para quatro períodos do ano. Revista de Ciência & Tecnologia, No.15. pp. 59-66. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/editora/revistaspdf/rct15art07.pdf>>. Acesso em: 28 dez 2014.
- Louback, A. (2014). Como funciona o forno solar? Mundo estranho, São Paulo, jun. pp.1-2. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-funciona-o-forno-solar>>. Acesso em: 27 nov. 2015

- Moraes, P. L. (2015). Os experimentos de Pasteur. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/os-experimentos-pasteur.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2015.
- Ramos filho, R. E. B. (2011). Análise de desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antena de tv. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 96p.
- Silva, M. R. M. da. (2007). Projeto e Construção de Um Fogão Solar. Monografia (Especialização em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 37p.
- Silva, W. B. A. da. (2014). Automação de um sistema de aquecimento solar de água não convencional. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 70 p..

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

CONSTRUCTION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A SOLAR COOKER TYPE LOW COST PANEL FOR WATER PASTEURIZATION

Ubiracui Pereira de Lucena Júnior, ubira_junior@hotmail.com
Paulo Ricardo de Oliveira Queiroz, pauloricardo.eq@hotmail.com
Pablo Lucian Cardozo de Azevedo, pablolucian@hotmail.com
Mariana Hellen de Freitas Fonseca, mariana_hellen@hotmail.com
Lívia Nascimento Rabelo, lih_nascimento14@hotmail.com
Zoroastro Torres Vilar, zoroastro@ufersa.edu.br
Luiz Paulo de Oliveira Queiroz, luiz_paulo182@hotmail.com
Juliana Carvalho de Sousa, juli_carvalho18@hotmail.com
Aline Francilurdes Nery do Vale, alinefrancilurdes@homail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), Rua Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, Mossoró - RN, 59600-971

Abstract: In developing countries most diseases are currently caused by bacteria, viruses and other microbes that are proliferated by water. A simple method to minimize these problems is the pasteurization of water, which is the act of heating it to a temperature of 66 °C to kill disease-causing microorganisms. In this context, the solar cooker comes as a good alternative that can help fight the evils of the population of these countries. The same is an alternative means for heating water, where it replaced the burning of LPG (Liquefied Petroleum Gas) by the sun's energy to obtain temperature rise, thus ensuring a form of clean energy and low cost. The basic principle is governed by the second law of thermodynamics and presents the three basic processes of heat transfer: radiation, conduction and convection. It notes that this system is dependent on the weather. Thus, this work aims to contribute to research in the area in question with the objective of: pasteurizing water using a solar cooker to low cost panel type. To achieve the goal was made a practical experiment that began with a general survey of all aspects to be addressed, first starting with the story of creation of solar cookers and in which initial situations were applied. Subsequently, a study was done of the functioning, components and existing models. Finally, we carried out the experiment pasteurization of the water using the solar cooker constructed by the authors. For the construction, it was necessary to purchase low-cost materials, such as cardboard, aluminum foil, white glue, silver tape and stylus. To complete the construction of the stove was made a test of the entire system with 600 ml of water in order to determine its thermal efficiency. With this, we used two devices to collect the measurement, a digital solar power meter and also a digital multimeter in thermometer function. For data collection procedure, the temperature of the water used for the pasteurization test, every 30 minutes between the time of 10: 00h and 13: 00h was verificate. In the second trial was carried out for a longer period of the day, every 30 minutes between the hours of 09 : 00 and 15 : 00 for a further observation of his performance. Immediately after measuring the temperature global solar radiation was observed. The conditions were favorable on day of the assay and water temperature was reached maximum of 80 ° C with an average radiation 1312 W / m² at 11: 30h. In addition to checking the pasteurization time, the data also obtained concerning the temperature of the pot, the water inside the pot, data from direct solar radiation and ambient temperature. According to the values obtained shows that the experiment conducted reached its goal, since the water pasteurization temperature, 66 ° C, was reached 1 hour after the start of the test with a radiation rate of 1330 W / m².

Keywords: Solar Cooker, Pasteurization, Low Cost, Efficiency.