

À

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Departamento de Física e Energias Renováveis

MAPUTO

Maputo, 22 de Julho de 2011

Ref. 116/Adem/PCA/GPC/fm/mle

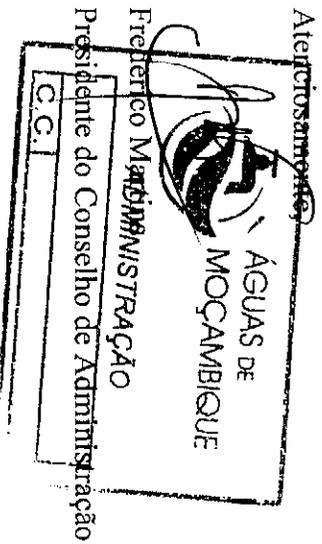
Assunto: Solicitação de Informação sobre a distribuição de Água

Exmo. Senhor,

Em resposta ao vosso ofício datado de 22 de Junho de 2011, enviamos em quadro abaixo, a informação solicitada, reportada aos anos 2006 a 2010.

Estes dados referem-se apenas aos consumos de água das cidades de Maputo, Matola e vila de Boane, em virtude de a área de cessão da Águas de Moçambique se circunscrever a estes locais.

Sem outro assunto de momento, os nossos melhores cumprimentos.





UNIVERSIDADE

EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Física Aplicada

Energias Renováveis

Opção II

Tema:

Fogão Solar Tipo Caixa

Docente:

Dr. Cuamba, Boaventura

dr. Basílio

dr. Tingote

Discente:

Machatine, Nelson F.

Nível: 4º ano

Maputo, Dezembro de 2011

Resumo

O presente trabalho visa demonstrar a viabilidade de utilização de fogões solares. Têm como objectivos verificar o tempo de aquecimento da água e a potência. Nele são descritos os fenómenos de transferência de calor, a intensidade de radiação solar que chega à superfície terrestre, instrumentos de medição de radiação bem como a explicação do princípio de funcionamento, do uso do mesmo e de outros tipos. O trabalho baseou-se no método de observação e recolha de dados. São descritas as três normas usadas o teste de um fogão solar. Apresenta os resultados das experiências feitas e sua conclusão.

Índice

1.Introdução	1
1.1.Problema	2
1.2. Objectivos:	2
2.Referencial Teórico.....	2
2.1.Energia Solar.....	2
2.2.Instrumentos de Medição de Radiação Solar.....	6
2.3.Fogoes Solares	8
2.3.1. Fogões do tipo caixa	8
2.3.2. Fogão concentrador	10
2.3.3. Fogão do tipo Painel.....	12
2.4. Vantagens dos fogões solares.....	13
3. Descrição de Normas de Fogões Solares.....	13
3.1. ECSCR (European Committee of Solar Cooking Research).....	13
3.2. Bureau of Indian Standard	14
3.3. ASAE (American Santandardfor Agricultural Engineers).....	16
4. Metodologia.....	17
5. Resultados do Teste do fogão T16 usando ASAE.....	18
5.1. Cálculo da eficiência.....	21
6. Conclusão	23
7. Referência Bibliográfica.....	244

1.Introdução

O uso do sol como fonte de energia depende de alguns processos físicos e da tecnologia que a população têm acesso, da renda da população e das políticas que incentivam o uso. O objectivo essencial de política energética é de garantir o suprimento de energia necessária para o desenvolvimento económico e bem estar da sociedade. Os fogões solar são equipamentos simples e de baixo custo que pode ser utilizado pela população para apropriar-se da energia renovável. Neste trabalho abordarei acerca do fogão do tipo caixa, no que concerne a análise do próprio fogão. A experiência foi feita no mês de Setembro de 2011 na UEM, no terraço do Departamento de Física que dista 18m do rés do chão, em três dias, dentro de duas horas.

1.1.Problema

É sabido que a maior parte da população vive nas zonas suburbanas, e as dificuldades de abastecimento de energia são maiores do ponto vista de confissão de alimentos sem necessariamente poluir a atmosfera e destruir a floresta. Será que os fogões solares são meios alternativos para tal?

1.2. Objectivos:

- Geral
 - Analisar a eficiência do fogão solar tipo caixa
- Específicos
 - Determinar a potência e eficiência do fogão
 - Verificar o tempo de aquecimento

2. Referencial Teórico

2.1. Energia Solar

O sol é a principal fonte de energia do nosso planeta, esse facto indica que além de ser responsável pela manutenção da vida na terra, tem um grande potencial de utilização por meio de captação e conversão em outras formas de energia. O sol é uma esfera gasosa com diâmetro de 1.39×10^9 m e dista 1.5×10^{11} m da Terra. A sua temperatura efectiva é de 5777K.

Os que gaseases que o constituem (80% de hidrogénio, 19,9% de hélio e 0,1% de outras substâncias) estão em contínuas reacções de fusão que fazem com que ele emite a radiação. A reacção de fusão mais importante dá-se com a massa de núcleo de hidrogénio que combina com a massa de núcleo de hélio. (John A Duffie & William A. Beckman)

A energia solar é realmente uma fonte de longa duração, pois estará disponível em quanto a terra for habitável ou (vice-versa). Algumas estimativas feitas por Jonh I. Shonle (www.users.rdc.pue.rio.br/wbraga/transversal/shonle.htm) indicam que o potencial eléctrico possível via sol é de ordem de 3×10^{14} watts, em quanto que o consumo mundial esta na ordem de 6.5×10^{12} watts, indicando assim um grande potencial. (WASHINGTON, Braga Filho)

A radiação proveniente do sol, incide directamente sobre o limite superior da atmosfera, mas nem toda chega a superfície da terra. Uma parte é devolvida directamente para o espaço, a outra parte é armazenada pelo sistema Terra–Atmosfera e a restante é absorvida e transformada pela Terra. Um outro destino da radiação solar é a reflexão, na qual as nuvens desempenham um papel importante. A percentagem de radiação reflectida pelas nuvens em relação a energia incidente pode corresponder a 90%.

Abaixo da atmosfera, na superfície terrestre a radiação divide-se em duas componentes: a radiação directa que vem directamente do disco solar e não sofre nenhuma intersecção e a radiação difusa.

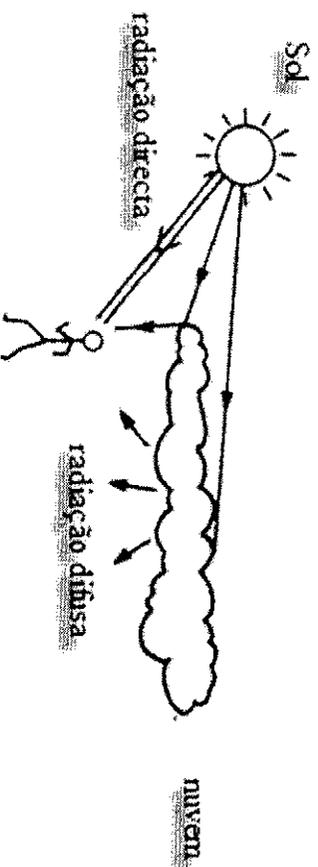


Figure 1. Origem de radiação directa e difusa

(John Twidell and Tony Weir)

Apartir da figura é fácil verificar que:

$$I_g = I_{dir} + I_{dif} \quad (1)$$

Onde:

I_g -- Radiação global

I_{dir} -- Radiação directa

I_{dif} -- Radiação difusa

O sol, emite energia sob forma de radiação electromagnética. Esta forma de emitir energia assemelha-se a um conjunto, ou espectro de onda de vários comprimentos de onda. A energia solar reparte-se por uma vasta banda de comprimento de onda, onde pode-se distinguir três partes: ultravioleta, luz visível e infravermelho.

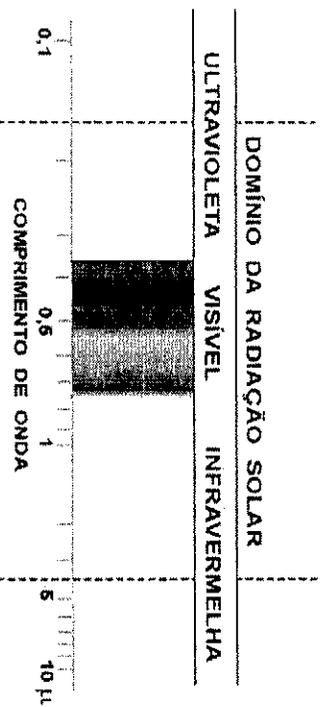


Figure 2: Espectro solar (M. A. Varejão-Silva)

Assim 9% de radiação solar é emitida com comprimentos de onda inferiores a $0,4 \mu\text{m}$ (raios X, raios γ e raios ultravioleta), 45% de radiação é emitida na banda de luz visível entre os $0,4$ a $0,7 \mu\text{m}$ e 46% é emitida na banda dos raios infravermelhos, que têm comprimentos de onda superiores a $0,7 \mu\text{m}$. (CRUZ, Maria Tereza et al)

A figura abaixo ilustra a distribuição de radiação.

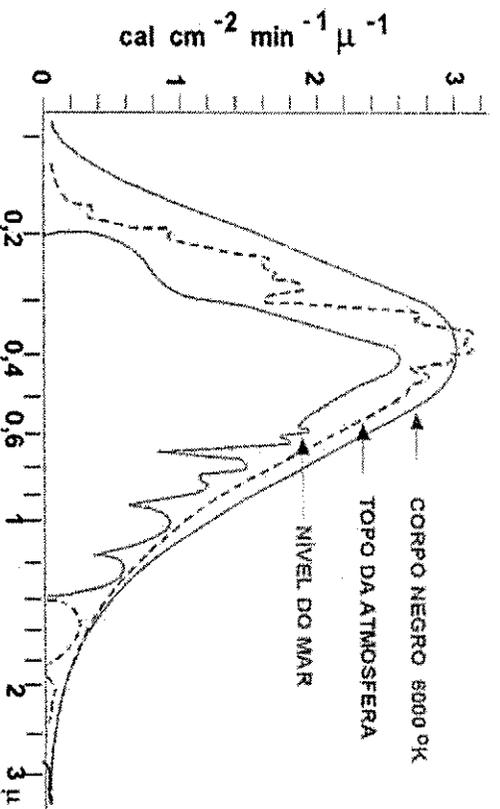


Figure 3: Curva padrão de espectro de radiação solar (M. A. Varejão-Silva)

De toda radiação solar emitida, a que é aproveitada é a de luz visível. O aproveitamento dessa radiação pode ser dividida conforme a aplicação a saber:

Aplicações térmicas, obtenção de força motriz diversa, obtenção da electricidade e obtenção de energia química.

As aplicações térmicas são aquelas onde a forma de energia necessária ao processo final é o calor.

Lei da Irradiação

O calor chega a superfície da terra através de transmissão por radiação que não necessita de meio físico é proporcional a quarta potência da temperatura. **Lei de Stefan–Boltzmann**:

$$q = \epsilon * \sigma * T^4 \quad (2)$$

onde: ϵ – emissividade do material

σ – constante de Stefan–Boltzmann [$5.675 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$]

T – temperatura [K]

q – intensidade de Fluxo de calor [W/m^2]

Quando a radiação incide com uma superfície (não negra), parte é reflectida e a restante penetra no corpo. A radiação poderá então ser absorvida ou transmitida. Se a espessura necessária para a absorção for maior que a espessura do corpo, a maior parte de energia que penetra será transmitida, isto é, saíra do outro lado do corpo. Se ao contrário a espessura da peça for suficiente, toda a energia que penetra na peça será absorvida, isto é, teremos um ótimo absorvedor interno. Pode-se concluir que existe uma dependência da natureza do material e espessura. (WASHINGTON, Braga Filho)

A energia radiante absorvida por um corpo transforma-se em calor, contribuindo para o aumento da temperatura, no entanto as parcelas transmitidas e reflectidas não sofrem mudança em seus comprimentos de onda.

Chamam-se coeficientes de absorção (α), de reflexão (ρ) e de transmissão (τ) aos percentuais da energia total incidente que são, respectivamente, absorvidos, reflectidos e transmitidos por um corpo. Onde verifica-se a lei de conservação de energia. (figura 1)

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (3)$$

Com corpo negro

Corpo negro é definido como um corpo ideal que permite que toda a radiação incidente penetre nele (nenhuma parcela é reflectida, $\rho = 0$, portanto não há nada para sensibilizar a retina) e ainda absorve internamente toda radiação incidente ($\alpha = 1, \tau = 0$). Isso verifica-se em todos comprimentos de onda e em todos os angulos de incidencia.

Neste caso o corpo negro é um absorvedor perfeito de radiação incidente.

O nome “corpo negro” é pelo facto de todas substâncias boas absorvedoras da luz visível aparecerem pretas aos olhos. Porém este não é um bom indicador em toda faixa do espectro. O poder emissivo do corpo negro vale exactamente:

$$E_b = \sigma T^4 \quad (4)$$

Lei de Wien

Os resultados experimentais do século XIX mostravam que, para cada temperatura, devia haver um determinado comprimento de onda correspondente ao máximo de função (λ, T). Logo λ_m é a abcissa do ponto máximo onde verifica-se a máxima emissividade à temperatura seleccionada. Assim a lei de deslocamento será:

$$\lambda_m T = 2897 \mu K \quad (5)$$

A equação revela que, quanto maior a temperatura da superfície emissora, mais se aproximará do ultravioleta o comprimento da radiação emitida com maior intensidade. Se a temperatura for a diminuir o deslocamento acontecerá na direcção do infravermelho.

A lei de Wien pode ser escrita:

$$E(\lambda_m, T) = KT^5 \quad (6)$$

Onde: K – factor de proporcionalidade

T – temperatura

(M. A. Varejão-Silva)

2.2. Instrumentos de Medição de Radiação Solar

Pireliómetros são instrumentos que servem para medir a irradiação correspondente à radiação solar directa, perpendicular à radiação de sua propagação. O sensor é constituído por duas placas, situadas na base de um tubo interamente enegrecido, uma das quais é aquecida devido à absorção da energia solar directa e a outra electricamente. A intensidade de radiação é proporcional à energia gasta para igualar a temperatura da segunda placa à da primeira. Os pares termoelectrónicos existentes estão conectados, através de um galvanómetro bastante sensível e a corrente consumida é medida em um miliamperímetro (analógico ou digital).

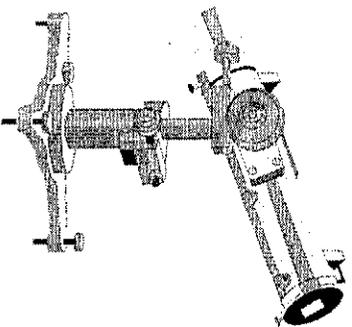


Figure 4: Piraniômetro de Angstrom (M. A. Varejão-Silva)

Piranômetro dissinam-se a medir a quantidade da radiação solar que atinge a superfície plana, proveniente de todo hemisfério. São usados para determinar a radiação global e, eventualmente, tem sido empregado para determinar a radiação difusa. Na determinação da radiação difusa o sensor é protegido da radiação directa por meio de uma faixa de metal, cuja a inclinação deve ser ajustada de modo a acompanhar o movimento aparente do sol.

O mais usado na área de pesquisa é o piranômetro de Eppley cujo o elemento sensível é composto por uma série de junções cobre-constantan (termopar), dispostas radialmente, formando uma termopilha. As junções quentes são pintadas com tinta preta e as frias recebem um revestimento de sulfato de bário (de cor branca) quando expostas à radiação solar, essas junções produzem corrente eléctrica, posteriormente amplificada e ajustada em unidades apropriadas.



Figure 5: Piranômetro que mede radiação global



Figure 6: Piranômetro que mede radiação difusa

2.3. Fogões Solares

Fogões solares são dispositivos especiais que por intermédio da luz solar serve para o cozimento de alimento e outras utilidades. Classificam-se em três tipos básicos nomeadamente: Fogões do tipo caixa, fogões concentradores e fogões do tipo painel.

2.3.1. Fogões do tipo caixa

É um tipo de fogão que consiste basicamente numa caixa isolada termicamente, dotada de uma janela de vidro para absorver a radiação solar. É constituído basicamente por placas reflectoras, uma janela de vidro, um material isolante e placa absorvedora, que têm propriedades idênticas a do corpo negro.

Princípio de Funcionamento

A radiação solar incide na parte transparente do colectador (vidro ou plástico) que permite a entrada de radiação. Parte dessa radiação atinge a placa absorvedora no interior do fogão onde é acumulada e convertida em energia calorífica. A parte transparente permite a passagem da radiação de ondas curtas (luz solar) e impede a saída da radiação de ondas longas (radiação infravermelho radiação infravermelha emitida pelos componentes do interior da caixa). Dentro do fogão ocorre transferência de calor por condução e convecção.

Condução: Como a panela esta sobre a placa absorvedora, ambas a temperaturas diferentes, a placa absorvedora (sistema mais quente) ira passar a energia à panela (sistema menos quente), por interação des particulas. Quanto maior for a temperatura de um sistema, maior sera a energia cinética das particulas e é dada pla lei de Fourier:

$$q = K_t * \Delta T ; \quad K_t = \frac{1}{R_t} \quad (7)$$

Onde:

- q – intensidade de fluxo de calor [W/m²]
- K_t – condutância térmica do material [W/m²*K]
- R_t – resistência do material [m²*K/W]
- ΔT – diferença de temperatura [K]

Convecção: quando um fluido (líquido ou gás) é aquecido, a massa do fluido mais próxima da fonte aquece primeiro que a restante, consequentemente aumenta de volume e fica menos densa. A outra parte do fluido, a temperatura mais baixa e do ponto de vista mais denso tende a ocupar a parte inferior do recipiente que o contém obrigando a fracção mais quente a subir, formando-se assim o movimento do fluido. Segundo a lei de Newton podemos escrever:

$$q = h_c * (T_{si} - T_{ar}) \quad (8)$$

Onde: q – intensidade de fluxo de calor [W/m^2]

h_c – coeficiente de convecção [$W/m^2 * ^\circ C$]

T_{si} – temperatura de superfície do sólido [K]

T_{ar} – temperatura do fluido (ar) não perturbado [K]

A figura esquemática abaixo mostra como a radiação incide sobre o fogão e sua composição.

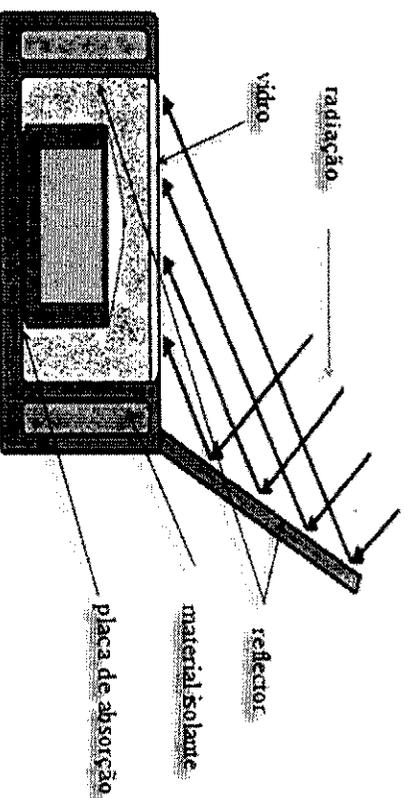


Figura 5: radiação incide sobre o fogão

www.notapositiva.com/resumos/fisicoquimica/fisicoquimica. (13:40 - 30.09.2011)

Para construir um fogão solar temos que ter em conta a necessidade de minimizar as perdas, por esta razão as paredes do fogão devem ser cobertas de um material isolante. Os materiais isolantes devem ter propriedades mínimas para gerar temperatura que alcancem aproximadamente $150^\circ C$, da mesma forma acontecerá com o material que receberá a parte da radiação directa e reflecte para o interior. (MIGUEL MEGÍA, 2010)

Vantagens

Os fogões deste tipo não só aproveitam a radiação direta, mas também a radiação difusa. Funcionam praticamente sem a intervenção do usuário, mantendo o alimento aquecidos durante um tempo prolongado.

Não produz danos ao usuário nem por contemplação e nem por reflexão. São estáveis e não apresentam riscos pela produção de chamas, não gerando susceptibilidade a queimadura.

São construídos com materiais de baixo custo, ainda que seja improvável seu uso para todos dias do ano. Pode-se construir modelos de fácil transporte, leves e dobráveis.

É possível estar acoplado um sistema auxiliar que utiliza gás como combustível, em caso do céu esta nublado. As pessoas que adquirem o produto depois de um curto período aprendem com facilidade como fazer as suas próprias cozeduras.

Dependendo do projecto esses fogões podem ultrapassar 150°C e podem ser usados para também para esterilizar equipamentos médicos. (CARLOS ALBERTO, 2007)

Desvantagem

Demora a aquecer e a sua operacionalidade não é muito simples.

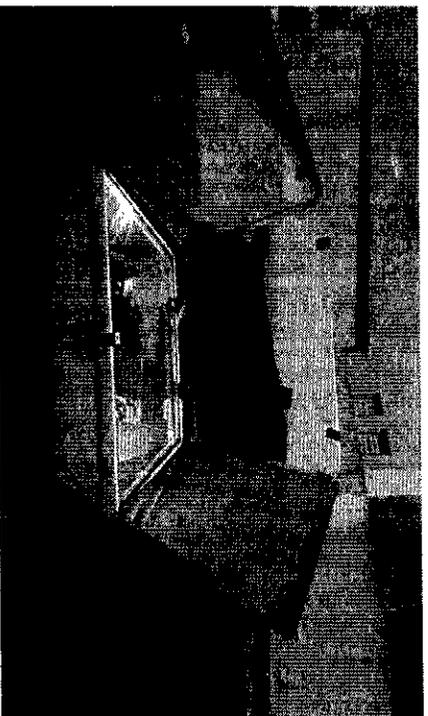


Figura 6: Fogão do tipo caixa T16

2.3.2. Fogão concentrador

Os fogões concentradores são fogões solares que apresentam as maiores potências e menores tempos de cozimento. Podem ser parabólicos por reflexão e parabólicos por refração.

Princípio funcionamento

Os parabólicos por reflexão são formados por uma superfície reflectora (espelho, alumínio, anodizado, etc.) de forma parabólica, que recebe a irradiação solar e que possui propriedade da parábola (quando os raios são paralelos ao eixo da mesma e concentram-se no foco, estes raios incidem sobre um elemento receptor colocado em seu foco que contém o fluido de aquecimento).

Os parabólicos por refração são formados por lentes que recebem a irradiação paralela e os refrata concentrando-os em um ponto onde encontra-se o elemento receptor que contém o fluido de aquecimento.

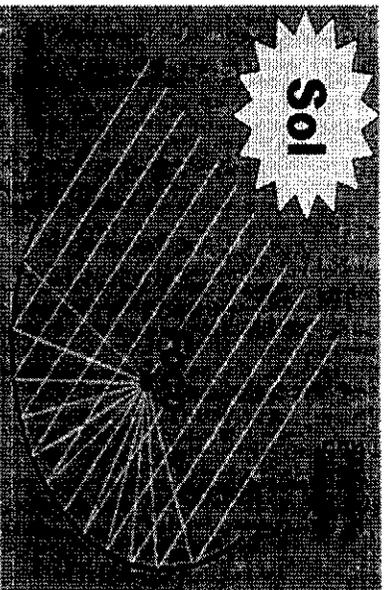


Figura 7. Concentrador de ondas solares

A construção deste tipo de collector solar é feito através de um conjunto de espelhos que são feitos de chapa de alumínio polida, plástico aluminizado, alumínio anodizado, chapa de bronze ou níquel que são moldados de forma parabólica-cilíndrica da radiação na região de turbulência de captação, assim, sendo o conjunto e capaz de produzir temperaturas na ordem dos 500°C. (CONSELHO NACIONAL DE POLITICA DE ENERGIA, 2000)

Vantagem

Têm a possibilidade de alcançar altas temperaturas, o que permite fritar ou assar. Apresentam maior potência e menor tempo de cozimento.

Desvantagem

É instável a ventos, risco de fogo ou queimaduras, danos aos usuários por raios reflectidos e o facto de ficarem exposto ao tempo.

Necessita de radiação directa, mecanismo de acompanhamento da trajetória do sol com orientação a cada 30 minutos, esfriamento rápido de alimento se houver desvio de foco ou neblusidade acentuada. (CARLOS ALBERTO, 2007)



Figura 8: Fogão concentrador

2.3.3. Fogão do tipo Painel

Conhecido também como coletor de baixa frequência, são constituídos pela denominação de colectores de placa plana ou colectores planos. Possuem um coletor solar separado de unidade de cozimento.

Princípio de Funcionamento

O fluido (água ou óleo) é aquecido pelo coletor solar e é lavado para a unidade de cozimento por mecanismos de termostato. São designados para aplicações que requerem temperaturas modernas, chegando a alcançar até mesmo a temperatura de ebulição de água.

Utiliza a radiação directa e difusa, e são constituídos por uma caixa térmica isolada.

Vantagem

Pode ficar dentro de casa, assim elimina o desconforto de cozinhar ao ar livre. O reservatório armazena o fluido aquecido e permite que se possa cozinhar à noite.

Desvantagem

São muito mais complexos e caros que os demais tipos de fogões solares. (JOHNSON P. MOURA, 2007)

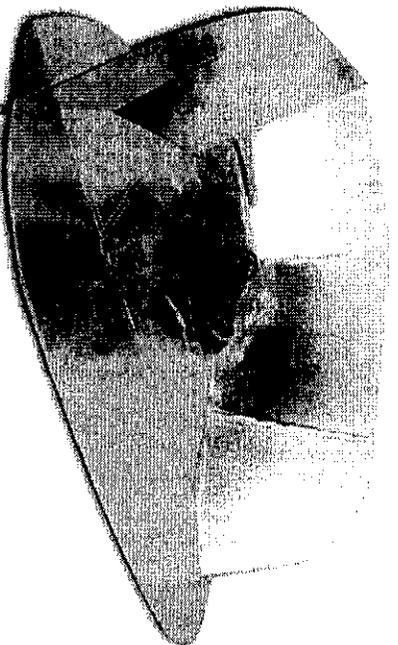


Figura 9. Fogão do tipo painel

2.4. Vantagens dos fogões solares

Reduz o esforço na busca de lenha para cozer alimento e, ainda contribui para a preservação da natureza, possibilitando o aumento da capacidade de remoção do dióxido de carbono na atmosfera e a redução de concentrações deste gás de estufa na atmosfera.

A principal vantagem do uso de fogões solares é a disponibilidade de energia gratuita e abundante, além da ausência de chamas, fumaça, perigo de explosões e incêndios.

3. Descrição de Normas de Fogões Solares

3.1. ECSCR (European Committee of Solar Cooking Research)

Esta norma têm um alcance mais amplo que as outras. Grande parte do seu estudo centra-se na observação de certos factores que até este momento não haviam sido considerados no cálculo da eficiência do fogão.

Os novos factores que devem-se estudar são desde a segurança do próprio dispositivo até a sua facilidade de uso, passando por sua durabilidade ou a relação custo amortização. Muitos destes factores podem ser considerados subjectivos, por sua grande ajuda ao realizar uma comparação eficaz entre fogões solares enquadrados em diferentes formas de funcionamento.

Segundo o comité de investigação deve-se realizar em torno do meio dia solar, de modo a obter valores de radiação máxima em condições meteorológicas óptimas. Todas regras devem seguir os cinco etapas que se segue:

1º etapa

Colocar a água no fogão a uma temperatura de 40 °C até atingir a sua temperatura de ebulição.

Deve-se colocar o fogão ao sol antes do iniciar o teste, e este deve estar direcionado para o sol para o pré-aquecimento.

Recipiente fechado: Uma vez alcançado um dos estados anteriores desorienta-se o da radiação direita e deixa-se esfriar at 80 °C.

2ª etapa

Aquecer o óleo a uma temperatura de 40 °C ate atingir a sua temperatura de ebulição. Antes do teste faz-se o pré-aquecimento, e o fogão deve estar orientado para o sol.

Recipiente aberto: com o óleo no interior desorienta-se o fogão de radiação doreita do sol e deixa-se esfriar ate 100 °C.

3ª etapa

Repetir a primeira etapa sem pré-aquecimento do fogão.

4ª etapa

Repetir a 1ª com recipiente de água aberto

5ª etapa

Repetir a 1ª etapa colocando o fogão em um ângulo mínimo de incidencia em relação a radiação solar maxima. Este teste caracteriza o rendimento de fogão nas manhãs e nas tardes.

Para a realização de qualquer um dos testes anteriormente referidos devemos ter em conta as condições atmosféricas se são adequadas, para assim obter dados válidos e que não estão afectados por agentes externos. Estas condições devem estar enquadradas dentro dos seguintes intervalos:

- Temperatura ambiente entre 25 a 35°C
- Velocidade do vento menos que 4 m/s
- Radiação global maior que 800 w/m²

Esta norma representa-se como uma ferramenta muito útil na compaeação de fogões solares (todos eles nas mesmas condições meteorológica) e realizada através da recolha de dados e estudo de diferentes intervalos de tempo (MIGUEL MANCHADO MEGIA, 2010).

3.2. Bureau of Indian Standard

A norma Indiana surge como uma grande necessidade, onde verifica o auge dos fogões solares, especialmente o modelo caixa. Este tipo de fogão é mais simples de construir e de utilizar, com temperaturas por volta de 100°C, temperatura suficiente para cozer qualquer tipo de alimento. A sociedade Indiana é uma sociedade com recursos limitados, estes dispositivos são uma alternativa viável quer economicamente assim como a forma de cozinhar para a grande parte da sua população.

Esta norma esta direcionada especificamente para fogões do tipo caixa, que são mais usados na Índia. O seu princípio de cálculo de rendimento permite obter rendimentos de qualquer dispositivo e poder realizar uma comparação real dos rendimentos dos fogões.

O método de teste padrão não é baseado em valores directos de potência como veremos no caso de ASSAE S580, mas para valores de determinados parâmetros que derivam da sua operação, consegue-se calcular o valor de duas figuras de mérito que ajuda-nos a classificar a eficiência de cada fogão. (MIGUEL MANCHADO MEGIA, 2010)

$$F_1 = \frac{\eta_0}{(UF)_{st}} = \frac{A}{A_a} * \frac{(T_{st}-T_a)}{I} \quad (9)$$

Onde:

η_0 – rendimento óptico do fogão

$(UF)_{st}$ – coeficiente global de transferência de calor

A – área exterior do recipiente [m²]

A_a – área de abertura do fogão

T_{st} – temperatura da placa de absorção [°C]

T_a – temperatura ambiente [°C]

I – radiação média sobre a superfície do fogão [W/m²]

$$F_2 = - \frac{F_1 * C}{A(t_2 - t_1)} * \text{Ln} \left[\frac{1 - \frac{A}{A_a * I * F_1} * (T_2 - T_a)}{1 - \frac{A}{A_a * I * F_1} * (T_1 - T_a)} \right] \quad (10)$$

Onde:

F_1 – primeira figura de mérito

M – massa da água [kg]

C – massa por capacidade calorífica [kJ/K]

A_a – área de abertura do fogão [m²]

$(t_2 - t_1)$ – tempo de exposição [s]

T_1 – temperatura inicial do alimento

T_2 – temperatura final do alimento

T_a – temperatura do ambiente

I – radiação média sobre a superfície do fogão [W/m^2]

3.3. ASAE (American Standard for Agricultural Engineers)

O objectivo desta norma é basicamente a comparação, baseando-se nos dados de rendimento que emergem os valores de potência desenvolvida por cada dispositivo.

O teste será inválido sempre que for realizado a fortes ventos ou a baixas temperaturas. Para realizar o teste devemos registrar valores que são indispensáveis para o cálculo de potência. Estes valores são de massa de água e o recipiente com que iniciamos o teste e suas capacidades caloríficas.

Partindo desta base e com o fogão totalmente preparado, orientado para o sol medimos a temperatura em cada 10 minutos, onde é registrada a temperatura inicial e final de cada intervalo de tempo para que possamos ver em instante atinge a temperatura máxima, neste caso como trata-se de água será de temperatura de ebulição. (MIGUEL MANCHADO MEGIA, 2010)

$$P = \frac{(T_2 - T_1)}{600} * C \quad (11)$$

$$C = m_{\text{agua}} * C_{\text{agua}} \quad (12)$$

Onde: P – potência do fogão [W]

T_2 – temperatura final do líquido [K]

T_1 – temperatura inicial do líquido [K]

C – massa por capacidade calorífica

A potência normalizada é dada por:

$$P_s = P \left(\frac{700}{I} \right) \quad (13)$$

Onde:

P_s – potência normalizada do fogão [W]

P – potência do fogão [W]

I – radiação sobre a superfície do fogão [W/m²]

700 – valor normalizado de radiação [W/m²]

Podemos obter o gráfico a partir dos valores de $P_s \times \Delta T$

Para o cálculo de eficiência devemos ter em conta a fórmula abaixo.

$$\eta = \frac{P_s}{I * A * \tau} \quad A = \pi * r^2 \quad (14)$$

onde: r – raio da panela [m]

h – altura da panela [m]

A – área da panela [m²]

τ – coeficiente de transmissão

4. Metodologia

O presente trabalho baseou-se no experiência e observação do fogão tipo caixa para aquecimento da água.

Verifica-se as condições meteorológicas são favoráveis, isto é, ausência de ventos fortes ou abaixo de 4 m/s e céu não nublado.

Não foi possível medir a velocidade do vento por falta do equipamento apropriado, anemômetro.

Antes de iniciar o teste colocamos o fogão ao sol para fazer um pré-aquecimento. Depois de colocada a água na panela levamos-la para o interior do fogão. Ligamos uma das extremidades do termopar ao *data logger* e as outras extremidades, uma colocamos dentro do fogão que medira a temperatura do fogão e a outra dentro da panela que medira a temperatura da água a cada minuto. O *data logger* deve estar ligado ao computador onde visualisa-se a variação da temperatura. O fogão deve estar orientado para o sol de modo que receba a radiação solar. Durante o cálculo usamos a variação de dez minutos (600s).

Tc.0 – temperatura ambiente

Tc.1 – temperatura da panela

Tc.2 – temperatura do fogão

Materiais usados durante a experiência são:

- Piranômetro é o instrumento que serve para medir a irradiação correspondente a radiação solar direta, perpendicular à direção de propagação.
- Termopar instrumento que serve para medir a temperatura de um material ou substâncias.
- *Datalogger*, computador, 3l de água, 1panela e o respectivo fogão.

5. Resultados do Teste do fogão T16 usando ASAE.

Primeiro dia da experiência

Hora	Tc.0 (C)	Tc.1 (C)	Tc.2 (C)	Radiação (W/m ²)	Potência (W)	Potência Stand. (W)
10:19	24	21	24	549.66	6.37	8.12
10:29	24	24	49	568.83	52.02	64.02
10:39	24	28	58	662.23	62.03	65.57
10:49	25	34	57	673.01	47.19	49.08
10:59	25	41	55	602.36	30.24	35.14
11:09	26	47	58	609.54	24.18	27.77
11:19	25	53	58	628.7	9.78	10.89
11:29	26	58	73	628.7	31.35	34.91
11:39	26	64	82	637.08	37.08	40.74
11:49	26	69	83	635.89	30.35	33.41
11:59	27	73	87	627.5	29.89	33.34
12:09	28	78	87	641.87	19.40	21.15
12:19	29	83	84	640.68	2.30	2.51

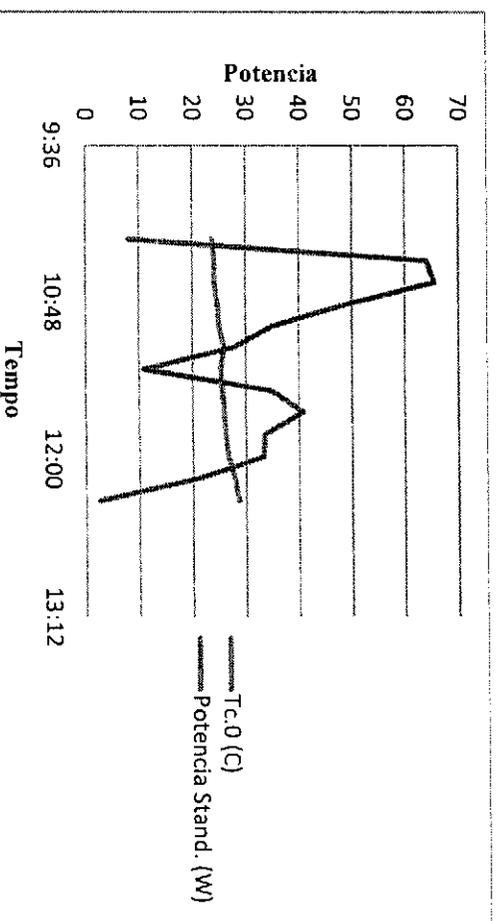


Gráfico 1

Para determinar a potência do fogão utilizarei a fórmula 11, 12, e 13.

Dados:

$$m = 3\text{kg} \quad P = \frac{(T_2 - T_1)}{600} * C ; \quad C = m_{\text{agua}} * C_{\text{agua}}$$

$$C_{\text{agua}} = 4168\text{kJ/kgK} \quad C = 3 * 4168 \quad \leftrightarrow \quad C = 1254\text{ J/K}$$

$$\bar{P}_1 = \Sigma_{i=1}^{16} \frac{(T_2 - T_1)}{600} * C \quad \bar{P}_1 = 27,30\text{W}$$

$$\bar{P}_{S1} = \bar{P}_1 \left(\frac{700}{1} \right) \quad \bar{P}_{S1} = 32,88\text{W}$$

Segundo dia da experiência

Hora	Tc.0 (C)	Tc.1 (C)	Tc.2 (C)	Radiação (W/m ²)	Potência (W)	Potência Stand (W)
13:16:13	26.91	25.98	70.72	667.02	93.51	98.13
13:26:13	27.2	34.49	71.82	652.65	78.02	83.68
13:36:14	26.01	41.92	76.67	633.49	72.63	80.25
13:46:15	27.19	48.59	80.71	617.92	67.13	76.05
13:56:16	26.44	54.53	81.27	617.92	55.89	63.31
14:06:16	26.28	59.73	90.47	617.92	64.25	72.78
14:16:17	26.52	64.06	94.24	559.24	63.08	78.95
14:26:18	26.76	67.38	86.44	535.29	39.84	52.09

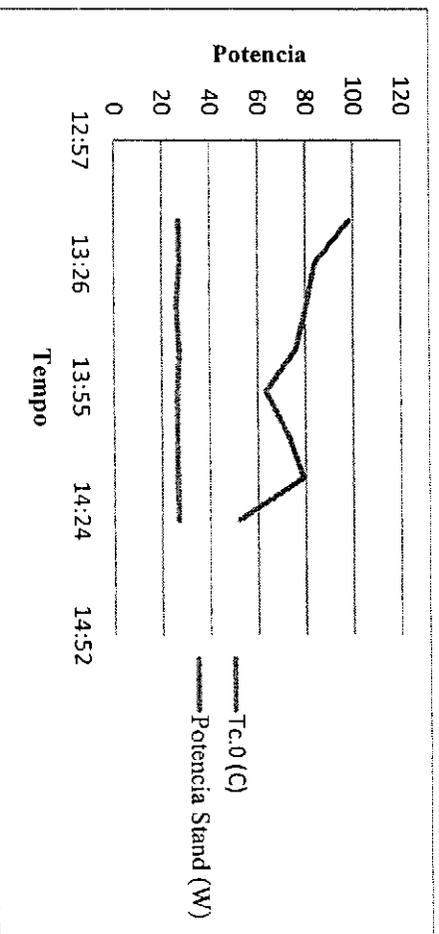


Gráfico: 2

A potência será:

$$\bar{P}_2 = \sum_1^9 \frac{(T_2 - T_1)}{600} * C \quad \bar{P}_2 = 59,37W$$

$$\overline{P_{S2}} = \bar{P}_2 \left(\frac{700}{1} \right) \quad \overline{P_{S2}} = 75,66W$$

Terceiro dia da experiência

Horas	Tc.1	Tc.0	Tc.2	Radiação (W/m ²)	Potência (W)	Potência Stand (W)
11:39	25,67	35,06	38,33	682,59	26,47	27,14
11:49	28,94	35,27	38,21	674,21	19,37	20,11
11:59	29,08	35,59	37,93	661,03	18,50	19,59
12:09	26,19	35,10	37,40	647,86	23,44	25,32
12:19	28,20	35,16	37,22	629,90	18,84	20,94
12:29	29,95	35,42	37,06	611,94	14,86	17,00
12:39	35,13	35,52	36,88	591,58	3,66	4,34
12:49	34,72	35,54	37,22	574,81	5,24	6,38
12:59	35,07	35,53	38,35	550,86	6,85	8,70
13:09	35,69	35,13	39,65	528,11	8,28	10,98
13:19	37,17	35,08	41,73	502,96	9,53	13,26
13:29	38,99	35,26	43,81	477,81	10,07	14,76

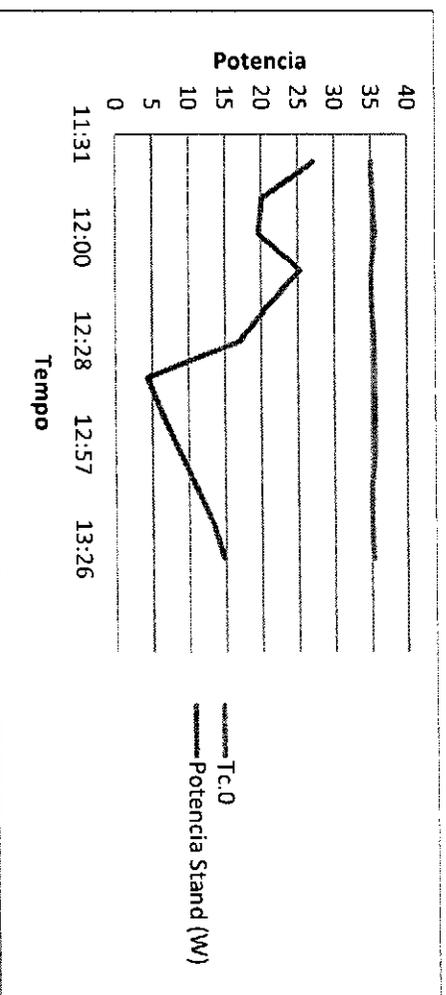


Gráfico: 3

A radiação solar dos três dias é mostrada na figura abaixo

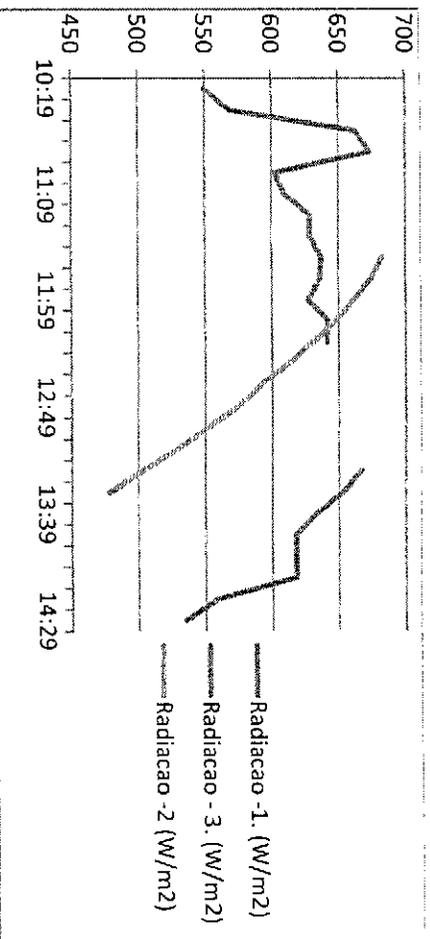


Gráfico: 4

Cálculo de potência

$$\bar{P}_3 = \sum_{i=1}^9 \frac{(T_2 - T_1)}{600} * C \quad \bar{P}_3 = 13,76W$$

$$\bar{P}_{S3} = \bar{P}_3 \left(\frac{700}{1} \right) \quad \bar{P}_{S3} = 15,71W$$

5.1. Cálculo da eficiência

Dado:

$$r = 12,5 \text{ cm} \quad ; \quad \tau = 0,77$$

$$\eta = ?$$

$$\eta = \frac{P_s}{I * A * \tau}$$

$$A = \pi * r^2 \quad A = \pi * (12,5 * 10^{-2})^2$$

$$A = 490,626 * 10^{-4} = 0,0491 \text{ m}^2$$

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

$$\bar{I} = \frac{623,21 + 596,59 + 594,47}{3} = 604,75 \text{ W/m}^2$$

$$\bar{P}_s = \frac{P_{s1} + P_{s2} + P_{s3}}{3}$$

$$\bar{P}_s = \frac{32,88 + 75,66 + 15,7}{3} = 41,41 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{41,41}{604,75 * 0,0491 * 0,77} = 0,248$$

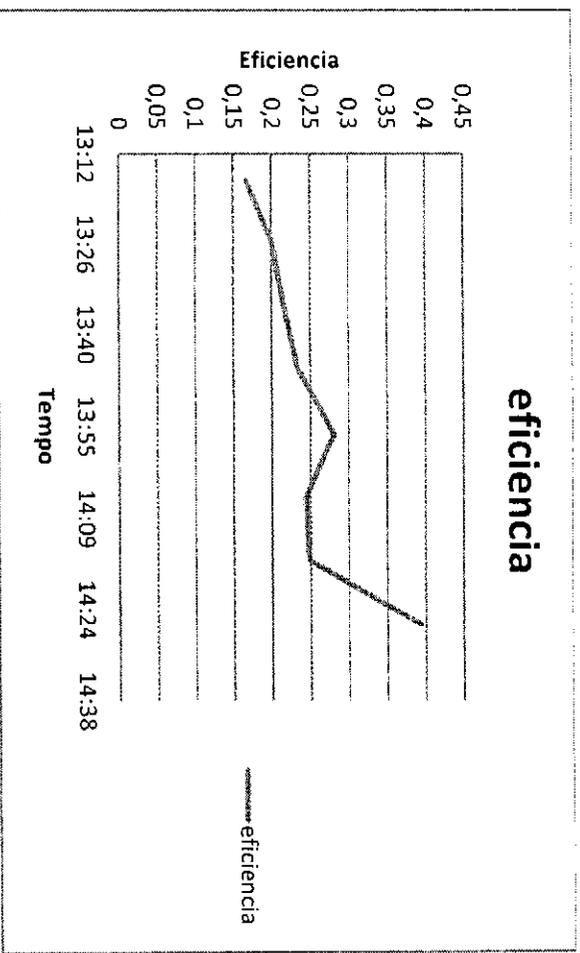


Gráfico 5: eficiência

6. Conclusão

Os fogões solares são meios alternativos para o uso de colheita de alimentos. Mas para o caso de fogão T16, é necessário verificar a componente isolamento, pois têm fuga de calor. O fogão T16 leva um tempo consideravelmente longo em comparação aos fogões eléctricos ou a gás, para atingir a temperatura de ebulição, isto é, para cada experiência realizada, só depois de 1h e 30 minutos a temperatura oscilava entre 80 a 95°C. A velocidade do vento do primeiro dia era maior em relação aos dois dias. De acordo com os resultados obtidos durante a experiência, pode-se verificar que a maior potência foi encontrada no terceiro dia, em a temperatura máxima prevista pelos órgãos de meteorologia era superior a 30°C. Pode-se verificar também a partir de comparação dos três gráficos da radiação. A radiação solar máxima encontrada durante a experiência é de 682W/m². E obtive uma eficiência de 0,248.

7. Referência Bibliográfica

- WASHINGTON, Braga Filho, Transmissão de calor, Pionera Thomson Learning, pp 306-304. São Paulo.2004
- DUFFIE, John A & BECKMAN, William A. Solar Engineering Of Thermal Processes. 2ª Edição, pp 7, New York
- TWIDELL, John & WEIR, Tony. Renewable Energy Resources, pp 87. 2ª Edição, London and New York
- M. A. Varejão-Silva, Meteorologia e Climatologia, versão digital, Recife, Julho de 2005-Brasil.
- www.ajol.info/index.php/jfecs/article/view/52793/41394
- www.greenfootsteps.com/solar-ovens.html
- www.solarcooking.com
- www.jofamericanscience.org/journals/am.../06_1098_Bello3_am0602.pdf
- www.infinitepower.org/pdf/23-Lesson-Plan.pdf
- www.arcticclimatemodeling.org/.../acmp_58_matterandenergy_....org/kerr.htm
- www.notapositiva.com/resumos/fisicoquimica/fisicoquimica
- www.micromaero.tv/pdfs/.../31