



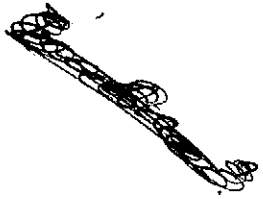
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

ENERGIAS RENOVÁVEIS

COMPARAÇÃO DOS RENDIMENTOS DOS FOGÕES SOLARES

Docente: Dr. Boaventura Cuamba  
Discente: CHALE, Ismael Hilário

Maputo, Novembro de 2004



## 1. Objectivos

Geral: Estudar o uso da radiação solar como fonte de energia não renovável.

Específico: Comparar os rendimentos e as potências dos diferentes tipos de fogões solares.

## 2. Introdução

O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor como de luz, é hoje sem dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos desafios do novo milénio. E quando se fala em energia deve-se lembrar que o sol é a origem de quase todas as outras fontes de energia.

É à partir da energia do sol que se dá a evaporação do ciclo das águas, que possibilita o represamento e a consequente geração de electricidade (hidroelectricidade). A radiação solar também induz a circulação atmosférica em larga escala, causando os ventos. O petróleo, o carvão e o gás natural foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que, originalmente, obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento, da radiação solar.

## 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 3.1. RADIAÇÃO SOLAR

Chama-se radiação solar à emissão de energia solar para o espaço cósmico, sob forma de ondas electromagnéticas.

O sol é um gigantesco reactor nuclear que emite energia, aproximadamente como um corpo negro a uma temperatura de 6000K. A energia é emitida principalmente sob forma de radiação electromagnética, que se propaga entre os 30m de onda curta até 1 Amstrong de raios X. Contudo, a maior parte da energia solar está na região do visível e perto da região do infravermelho. O sol é responsável por uma série de fenómenos chamados actividade solar e que influenciam o ambiente terrestre.

O espectro do corpo negro da superfície do sol é modificado pela variação da temperatura ao atravessar o disco solar como consequência da atmosfera solar e linhas de absorção de Fraunhofer. A figura 1 mostra o espectro solar fora da atmosfera e a figura 2 compara o espectro solar a várias curvas do corpo negro.

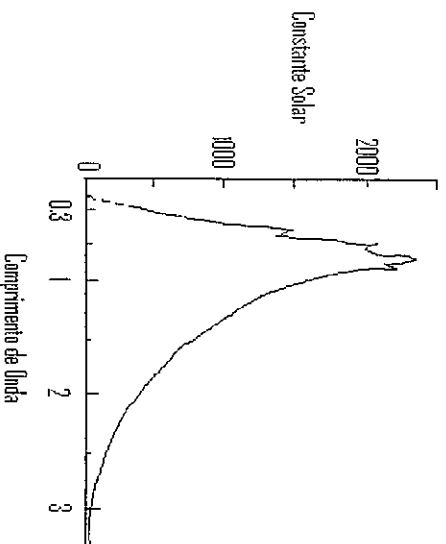


Fig. 3.1. Distribuição espectral da radiação solar fora da atmosfera terrestre.

A constante solar é definida como sendo a energia média recebida por uma superfície unitária em 1 segundo, sendo esta superfície colocada perpendicularmente à direcção de incidência de radiação solar. No espaço livre (vácuo) a meia distância entre o sol e a terra, o valor médio é de  $1.353\text{K W m}^{-2}$ . No entanto, a radiação solar real no espaço livre, difere deste valor por  $\pm 3,35\%$ , devido às variações da distância entre o sol e terra durante o ano. Existem também flutuações na radiação emitida pelo sol, que estão na ordem de  $1,5\%$ . O espectro solar fora da atmosfera terrestre pode ser subdividido em três importantes regiões que são:

- Região ultravioleta ( $\lambda < 0.4\mu\text{m}$ ): 9% de radiação.
- Região do visível ( $0.4\mu\text{m} < \lambda < 0.7\mu\text{m}$ ): 45% de radiação.
- Região infravermelha ( $\lambda > 0.7\mu\text{m}$ ): 46% de radiação.

#### 4. RESUMO TEÓRICO

**Fogões solares** são instrumentos de cozinha, constituídos de diferentes tipos de papéis de construção chapas de alumínio vidros entre outros materiais.

A orientação da cobertura na perpendicular à radiação solar minimiza a quantidade de radiação solar que entra na caixa. Contudo, há que considerar que as perdas térmicas do fogão são proporcionais à sua superfície exterior.

O fogão solar exposto ao sol deve apresentar maior largura no sentido Este-Oeste de modo a captar a radiação solar durante um longo período de tempo.

Os fogões solares apresentam um enorme gradiente de temperatura isto é diferentes temperaturas em diferentes pontos.

O princípio de funcionamento dos fogões solares baseia-se na conversão térmica da radiação solar para cocção dos alimentos ou destilar água.

Normalmente um fogão solar é constituído pelos seguintes elementos: Superfície absorvedora, cobertura, isolamento térmico e caixa.

A temperatura atingida no interior do recipiente ( absorvedor ) depende da quantidade da radiação solar que entra no fogão bem como do nível de protecção térmica que dispõe.

Os materiais utilizados na técnica de construção de fogões solares devem ser resistentes à humidade dado que durante a cozedura dos alimentos é libertado o vapor de água bem como as temperaturas que se possam atingir no seu interior.

Num fogão solar existem essencialmente quatro tipos de materiais:

- Estruturais – garantem a estabilidade dimensional do conjunto ( cartão, madeira, plástico cimento, etc.)
- Isolamento – minimiza as perdas térmicas do conjunto ( lã de vidro, esferovite, papel de jornal, etc.)
- Transparentes – permitem a criação do efeito de estufa no interior da caixa ( vidro, plástico para alta temperatura etc.)
- Reflectores – minimizam as perdas térmicas no interior do fogão e podem concentrar a radiação solar no interior ( folha de alumínio, etc.).

## 4.1. CONSTITUIÇÃO DOS FOGÕES:

### 4.1.1. FOGÕES TIPO CAIXA

São compostos por: caixa externa, caixa interna, tampa de vidro duplo, isolador térmico, espelho e contentor.

#### **Caixa externa**

É geralmente feita de lâmina de ferro galvanizado ou lâmina de alumínio ou fibra plástica.

#### **Caixa interna**

É feita de lâmina de alumínio. O interior da caixa é ligeiramente pequeno que a caixa externa. É coberto duma pintura preta para permitir uma fácil absorção da radiação solar e transferência de calor a panela.

#### **Tampa de vidro duplo**

Cobre a caixa interna. Esta cobertura é ligeiramente larga que a caixa interna. As duas lâminas de vidro estão fixas numa estrutura de alumínio com um espaçamento de 2.5 cm entre os dois vidros. Este espaço contém ar que isola e previne que escape o calor interno. Uma borracha ( redonda ) é afixada no canto da estrutura para prevenir que o calor escape.



$$F_2 = F \eta_0 C_R = \frac{F_1(MC)_w}{A \tau} \left[ \frac{1 - \frac{1}{F_1} \left( \frac{T_{w1} - T_a}{H} \right)}{1 - \frac{1}{F_1} \left( \frac{T_{w2} - T_a}{H} \right)} \right] \quad (2)$$

Onde:  $C_R$  ..... é a capacidade calorífica

$(MC)_w$  ..... é o produto entre a massa de água e calor específico

$H$  ..... é a insolação solar na superfície horizontal

$T_{w1}$  e  $T_{w2}$  ..... é a temperatura da água que sobe.

**Expressão para cálculo do rendimento dos fogões:**

$$\eta = \frac{MC_w (T_f - T_i)}{\lg^* A_{col} * 600} \quad (3)$$

**Expressão para cálculo da potência:**

$$P = \frac{MC_w (T_f - T_i)}{600} \quad (4)$$

Onde:  $M$ ..... é a massa da água.

$C_w$  ..... é o calor específico a pressão const. da água igual a **4185** [J/(Kg.° C)].

$\lg$ ..... é a radiação global no plano horizontal.

$A_{col}$ .. é a área da superfície reflectora.

$T_f$ ..... é a temperatura final da água.

$T_i$ ..... é a temperatura inicial da água.

## 5. MATERIAL NECESSÁRIO

Piranómetro, fogões tipo caixa, fogões tipo parabólico, anemómetro, quatro (4) Termómetros/ termopares, 3 painelas, água, cronómetro.

## 6. METODOLOGIA

No primeiro dia fez-se o estudo da temperatura de estagnação que de 10 em 10 minutos foram feitas as leituras da temperatura ambiente, temperatura das panelas dos fogões tipo caixa (Scook, T.16) e Parabólico, do tempo, da intensidade da radiação e da velocidade do vento.

Não foi possível registar os valores da velocidade do vento porque o anemómetro não se encontrava em boas condições operacionais.

No segundo fez-se o estudo da temperatura com carga (half load), onde primeiro calculou-se a área da superfície reflectora, depois fez-se a proporção pois para cada  $m^2$  só se pode introduzir 7Kg de carga. Feitos os cálculos, o resultado dividiu-se por 2 e introduziu-se a carga obtida na panela. Com a carga fez-se o mesmo procedimento como no primeiro dia.

## 7. Tratamento de dados

### Figura de mérito 1:

Segundo dados experimentais foram executadas 2 experiências com a panela sem carga (temperatura de estagnação), mas vamos analisar somente os dados do dia 19.10.04, para calcular a figura de mérito 1.

Scook	T.16	Parabólico
0.0589	0.0905	0.0294
0.0768	0.1211	0.0368
0.0760	0.1242	0.0400
0.0780	0.1314	0.0410
0.0719	0.1191	0.0472
0.0760	0.1314	0.0616
0.0757	0.1240	0.0588
0.0778	0.1303	0.0567
0.0788	0.1314	0.0641
0.0799	0.1345	0.0630
0.0823	0.1387	0.0650
0.0801	0.1354	0.0639

Tabela 1: Valores de  $F_1$  Calculados através da equação 1.

Gráfico da figura de mérito 1

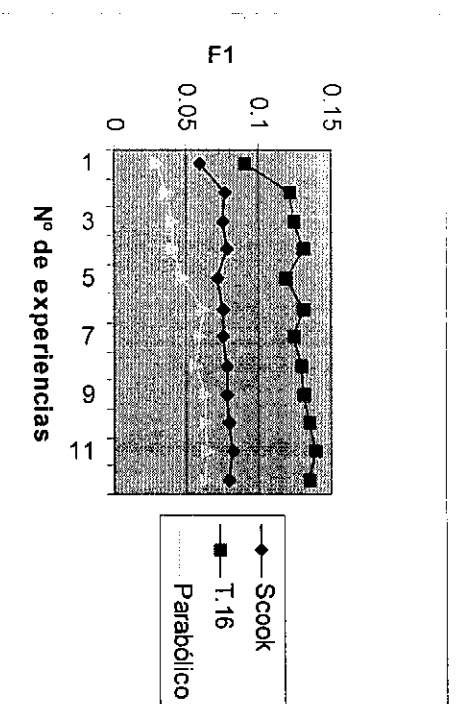


Gráfico 1.

Figura de mérito 2:

Scook	T.16	Parabólico
0.281	0.2795	0.2472
0.1763	0.1946	0.2996
0.1768	0.3188	0.1528
0.1008	0.2093	0.3142
0.1479	0.1534	0.2669
0.4079	0.2784	0.4325
0.0550	0.2625	0.4708

Tabela 2: Valores de  $F_2$  Calculados através da equação 2.

Gráfico da figura de mérito 1

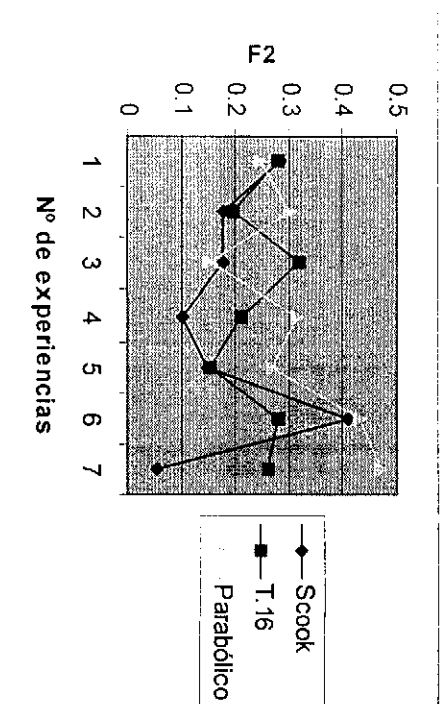


Gráfico 2.

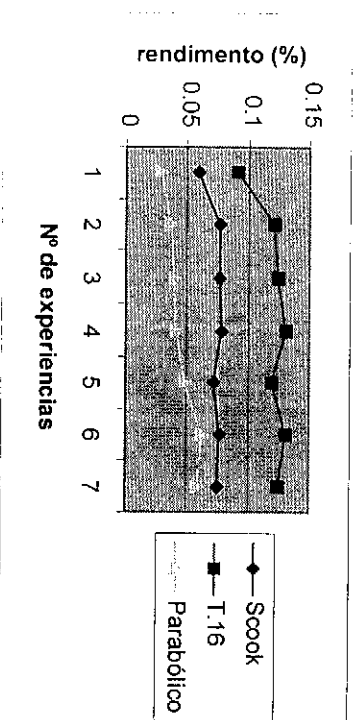


Cálculo de rendimento:

Scook	T.16	Parabólico
0.0589	0.0905	0.0294
0.0768	0.1211	0.0368
0.0760	0.1242	0.0400
0.0780	0.1314	0.0410
0.0719	0.1191	0.0472
0.0760	0.1314	0.0616
0.0757	0.1240	0.0588

Tabela 3: Valores dos rendimentos dos fogões, calculados através da equação 3.

### Gráfico dos rendimentos



### Comparação dos rendimentos dos fogões solares

$$\frac{\Delta\eta_{\text{Scook}}}{\eta} * 100\% = 0.1691 * 100\% = 16.91\%$$

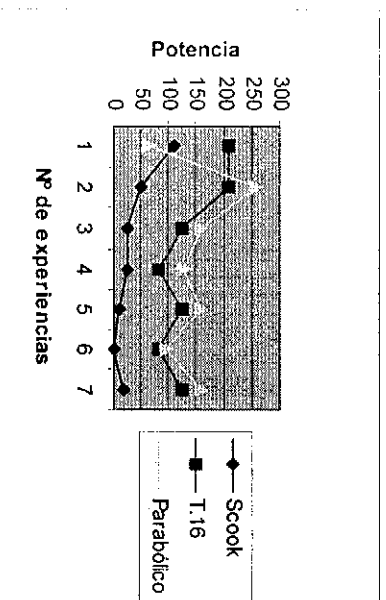
$$\frac{\Delta\eta_{T.16}}{\eta} * 100\% = 0.1772 * 100\% = 17.72\%$$

$$\frac{\Delta\eta_{\text{Parabólico}}}{\eta} * 100\% = 0.1143 * 100\% = 11.43\%$$

	<b>T.16</b>	<b>Parabólico</b>
<b>Scook</b>	206.57	64.17
109.87	206.57	256.68
48.83	123.94	160.42
24.41	82.68	128.34
12.20	123.94	160.42
0	82.68	96.25
18.31	123.94	160.42

Tabela 4: Valores das potências dos fogões solares calculados através da equação 4.

Gráfico das potências



Comparação das Potências dos fogões solares

$$\frac{\Delta P_{\text{Scook}}}{P} = 34.00 \text{ W}$$

$$\frac{\Delta P_{T.16}}{P} = 135.76 \text{ W}$$

$$\frac{\Delta P_{\text{Parabólico}}}{P} = 146.67 \text{ W}$$

## 8. Conclusão

De acordo com os cálculos efectuados verifica-se que o fogão com maior rendimento é o ( T.16 ) e o fogão com menor rendimento é o parabólico, isto devido as perdas de calor, e o fogão parabólico tem maior potência em relação os outros dois e o tipo caixa ( Sun Scook ) tem menor potência devido a área da superfície reflectora.

## 9. Referências Bibliográficas

- [1] Himalaya, Padre. Guia da energia solar
- [2] H.P. Garg, Solar Cooker Advances in Solar Energy Technology, Vol 3: Reidel Publishing Company, The Netherlands, 1987, pp. 1-61.
- [3] Heating, Agricultural and Photovoltaic Applications of Solar Energy, D. WWW.pavconhecimento.pt
- [4] WWW.pavconhecimento.pt