

179



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE (UEM)
FACULDADE DE CIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE FÍSICA

ENERGIAS RENOVAVEIS

ESTUDO COMPARATIVO DO RENDIMENTO DOS FOGÕES SOLARES

Docentes : Prof. Dr. B. CUAMBA
Dr. Ataíde

Discente : Paiva, Romildo Nuno da C.

Maputo, Novembro de 2004

1. Introdução

Captar a energia solar e utilizá-la no preparo dos alimentos é hoje uma prática que tem encontrado adeptos notadamente nos vários países a nível mundial. De acordo com o **Manual for Solar Box Cooker's**, publicado por **Technology for Life, da Filândia**, cerca de dois terços da população mundial (2 bilhões de pessoas), dependem diariamente de lenha para satisfação de suas necessidades energéticas direcionadas para a utilização domiciliar (cocção de alimentos e aquecimento). Isto representa nos dias actuais um desmatamento anual das florestas tropicais da ordem de 20.000 a 25.000 Km². Esta ocorrência se dá exactamente entre as populações que habitam as regiões tropicais, portanto em áreas propícias ao uso da energia solar onde a incidência solar chega, em alguns casos, a um potencial de 1 Kw/m².

A busca de melhor saúde ambiental é a razão dentre outras das tecnologias ligadas com a conversão de energia solar em térmica, eléctrica, uma vez que a energia vinda dos combustíveis fósseis, a energia nuclear são prejudiciais ao ambiente. Quanto a conversão da energia solar em térmica, está revela grandes vantagens para as zonas sem rede eléctrica convencionais, pois esta serviria de meio alternativo para a cocção de alimentos pelos fogões solares que devido a sua estrutura são de fácil construção e seus componentes são de baixo custo. Reconhecendo uma necessidade para um formato comum para que os investigadores possam compartilhar de resultados e para uma única medida criou-se os padrões internacionais para o teste de fogões solares.

invenção das Pásim
e Deu imolice
Reou R o

2. Resumo Teórico

2.1. Fogões solares

Fogão solar é uma estrutura capaz de transformar energia solar em energia térmica .

Estes são constituído por materiais resistentes à humidade, dado que durante a cocção dos alimentos é libertado vapor de água, bem como às temperaturas que se possam atingir no seu interior. Num fogão temos, essencialmente, quatro tipos de materiais:

- Estruturas – 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.)

2.1.1. Orientação do fogão

A orientação da cobertura na perpendicular à radiação solar maximiza 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 a maior largura ao sentido Este-Oeste, de modo a poder captar radiação solar durante um maior período de tempo.

2.1.2. Concentração da radiação e armazenamento de calor

É comum a utilização de reflectores simples ou múltiplos que permitam a concentração de radiação solar no interior da caixa: O armazenamento de calor no fogão pode ser realizado através da utilização de uma massa térmica no interior da caixa isolada. A existência desta massa térmica implica um pré-aquecimento do fogão antes da utilização.

2.1.3. O Padrão

Uma seleção de fogões solares, foi feita pelo comitê padrão numa reunião de teste em 9 Janeiro de que 1997 .

Como condições de teste têm influência em resultados, podem ser minimizadas se como variáveis descontroladas forem prendidas em escalas determinadas. Conseqüentemente, o comitê recomenda o seguintes procedimento de teste e formato de relatório:

2.1.4. Variáveis Descontroladas

1. Vento
2. Temperatura Ambiental
3. Insolação
4. Ângulo solar e tempo solar

Comitê recomenda fortemente que os testes estejam conduzidos entram em tempo solar das 10:00 e de 14:00 horas.

2.1.5. Variáveis Controladas

1. Carregamento
2. Detetor Da Temperatura

Os thermocouples são recomendados por seus custo baixo, exatidão e resposta rápida

3. Teste Protocolo
4. Gravação.
5. Médias de Intervalo calculando
6. Poder de Arte culinária unificando
7. Diferença de temperatura
8. Conspirando
9. *Regressão*

2.1.6. Avaliação de desempenho

O desempenho do fogão solar pode ser calculado, de forma simples, através da comparação entre a radiação solar disponível num período de tempo e o aumento de temperatura de um volume de água no interior do recipiente de cocção.

O rendimento do fogão é, deste modo, dado pela relação:

$$\eta = \frac{m * Cp * (Tf - Ti)}{R_G * A * dt}$$

em que:

m representa a massa de água, em [kg]

Cp representa o calor específico a pressão constante da água, igual a **4185**

[J/(kg.°C)]

Tf representa a temperatura final da água, em [°C]

Ti representa a temperatura inicial da água, em [°C]

R_G representa a radiação global no plano horizontal, em [W/m²], que para um dia com céu limpo, cerca das 12 h, apresenta valores entre os **800** e os **1000** W/m²

A representa a área do vidro, em [m²]
dt = **600**

e a potência do fogão pela relação:

$$P = \frac{m * Cp * (Tf - Ti)}{dt}$$

2.2. Colectores solares

Receber a luz do sol e dela obter trabalho tem suas dificuldades, pois a energia que atinge o planeta difunde-se por toda a superfície terrestre. Além disso a energia solar que será aproveitada dependerá sempre de muitos factores climatológicos da zona onde está instalado o equipamento, onde se incluem a hora do dia, a estação do ano, a latitude do local e se o céu está limpo ou nublado. O colector solar é o dispositivo responsável pela absorção e transferência da radiação solar para um fluido sob a forma de energia térmica e é neste ponto que difere do painel fotovoltaico, o qual serve para gerar electricidade. São muito utilizados no aquecimento de

água de casas ou edifícios, hospitais, piscinas, para climatização de ambientes e processos industriais de aquecimento. Um exemplo simples de um colector solar é um carro fechado num dia sem nuvens, em que a eficiência de absorção de radiação directa é substancial. A luz do sol passa através dos vidros do carro e é absorvida pelo seu interior, sendo então transformada em calor. Os vidros do carro funcionarão como um isolante, minimizando as trocas de calor com o exterior, tal como um estufa. Deste modo é possível caracterizar um colector solar por:

- * Permitir que a luz do sol passe através do vidro (ou plástico).
- * Absorver a luz e a transformar em calor.
- * Armazenar o calor absorvido no seu interior (armadilha térmica).

A maioria dos colectores solares têm pelo menos cinco componentes, pelo que sem estes não é possível, nem existem condições para que se consiga converter energia solar em térmica. Num colector e em contacto com o ambiente existe uma cobertura transparente que poderá ter uma ou mais camadas de vidro ou um plástico concebido de maneira a, por um lado conservar o calor no interior do colector e por outro deixar passar toda a radiação que atinge a sua superfície(radiation-transmitting plastic). No interior, tubos, canais ou até mesmo alhetas no caso de aquecimento de ar, poderão estar inseridos na placa de absorção de calor do colector ou em contacto com esta, e são nestes canais que escoam a água, ar ou outros fluidos que se estejam a utilizar. A placa que irá absorver a radiação(Absorber plate) normalmente é elaborada em metal com uma superfície de cor negra, aumentando assim o seu coeficiente de absorsevidade. No entanto é possível utilizar uma variedade de materiais, especialmente se o colector tem a finalidade de aquecer o ar. De forma a minimizar as perdas por condução e convecção no fundo do colector, costuma-se colocar uma camada de material isolante. Finalmente, existe uma estrutura que contém todos estes componentes e que também tem a funcionalidade de os proteger das adversidades climatológicas.

No entanto se os interesses apenas se restringem a aplicações de baixa temperatura, costuma-se omitir a placa isolante, minimizando os custos do colector. É de salientar que estes tipos de colectores têm enorme aplicação a nível doméstico e em piscinas.

Para além do formato das placas que um colector pode ter, é também possível classifica-los, consoante o tipo de aplicações a que são destinados. Nos sistemas de colectores solares com concentração, como o próprio nome pressupõe, terá uma ampliação da quantidade de raios que alcançarão a placa de absorção, elemento receptor de

energia. Este placa poderá apresentar diversos formatos para além da usual placa plana. Dentro dos variados tipos de concentradores o mais comum é o cilíndrico. Os módulos concentradores apresentam igualmente diversos aspectos, normalmente derivado da forma de uma parábola. Os mais conhecidos são em forma de calha e perfil parabólico simples ou composto. A placa de absorção poderá ter uma cobertura selectiva ou não. Ao se utilizar concentradores torna-se possível a obtenção de temperaturas consideravelmente superiores aquelas conseguidas por colectores planos, sendo portanto de uso recomendável para certas aplicações industriais.

2.2.1. Eficiência de um colector

Um colector ideal seria aquele que possibilitasse que toda a radiação solar que o atingisse fosse totalmente convertida em calor. Na prática, a quantidade de calor disponível é sempre inferior à que se teria idealmente para a mesma radiação solar incidente. Existem diversos factores que contribuem para tal facto e uma análise mais detalhada das características térmicas do colector seria muito complexa. Por exemplo as perdas de calor por radiação são proporcionais à quarta potência da temperatura absoluta, sendo que essas perdas são se tornam mais significativas desde o momento que o líquido aquecido atinge uma temperatura superior em 25° em relação à temperatura do ambiente.

2.2.2. Propriedades Físicas

Os factores referidos anteriormente, que influenciam directamente a eficiência de um colector, são por sua vez afectados pelas características físicas deste.. Destas, as principais estão relacionadas com o tipo e número de coberturas transparentes e com as propriedades da superfície do colector. O uso de uma ou mais coberturas transparentes reduz drasticamente as perdas de calor para o exterior. Este fenómeno, que resulta do facto de a transmitância das coberturas usadas serem nulas para comprimentos de ondas elevados da radiação emitida pela placa colectora, tem o nome de "greenhouse effect". Para comprimentos de onda baixos, menores do que 3(m, 90% da radiação que atinge a superfície do cobertura é logo transmitida por esta, o restante é reflectido e absorvido. As coberturas de plástico também têm estas características para baixos comprimentos de onda, mas para grandes comprimentos de onda têm um apreciável coeficiente de transmitância, não se tirando partido do efeito provocado pelo fenómeno "greenhouse effect".

Os valores de transmitância são influenciados pelo o ângulo de incidência da radiação directa.

De salientar apesar de as coberturas reduzirem as perdas de calor do colector, reduzem também a quantidade de radiação solar incidente na superfície do colector. Para se melhorar as performances da cobertura de vidro depositasse uma camada transparente na superfície desta, a qual permite que toda a radiação solar incidente seja transmitida e para além disso reflecte qualquer radiação com elevado comprimento de onda para superfície do colector. Geralmente é usado Óxido de Índio e óxido de estanho. Para se reduzir consideravelmente a emissão de radiação com grandes comprimentos de onda da superfície do colector, é efectuado um tratamento, que não afecta a absorvidade deste para radiação de baixos comprimentos de onda. Este tipo de superfícies tem o nome de superfícies selectivas. A redução desta perda de energia tem uma influência incrível no aumento da temperatura da superfície do colector. Qualquer redução de perdas de energia melhora o rendimento deste tipo de superfícies e de uma forma geral contribui para o aumento de energia colectado. Na tabela seguinte é possível observar os resultados obtidos para diversas superfícies selectivas sujeitas a diferentes tratamentos.

2.3. Tipos de concentradores

Concentradores parabólicos Compostos (CPC)
Existem diversas abordagens possíveis para o formato dos colectores condicionadas pelo tipo de aplicação que se quer ter. Para aplicações em que apenas são exigidos pequenos aumentos de temperatura é dada maior ênfase ao design deste de maneira a que o retorno de investimento seja o menor possível (aproximadamente de 5 anos, ou até menos).

Dentro da gama de concentradores solares planos existe um tipo extremamente importante e por isso muito utilizado, originalmente chamado colector ideal cilíndrico (Ideal Cylindrical Light Colector), o qual foi desenvolvido em meados da década de 70 do século XX, por Winston(1974). Um Concentrador parabólico é a forma bidimensional mais simples possível e consiste num sistema em que duas parábolas estão adjacentes a um dos lados das células solares. Para um determinado ângulo (uma concentração óptima é obtida. Desta forma a eficiência de absorção de radiação difusa é muito maior relativamente aos colectores normais. Os raios reflectidos no lado direito da parábola são focados na base do lado esquerdo e vice-versa.

Dado que as perdas térmicas são proporcionais à área do absorvedor, a concentração da radiação solar permite ter um absorvedor com menor área, para a mesma área de vidro. Logo como consequência da diminuição das perdas térmicas, é possível obter temperaturas mais elevadas com melhor rendimento. Esta é a grande vantagem em relação aos colectores convencionais. Como se pode facilmente verificar, nos colectores planos a radiação solar é absorvida pela placa negra. No entanto esta tem uma área de superfície igual à do vidro pelo que a concentração é menor.

1. **Concentradores parabólicos compostos** – tem forma bidimensional e consiste de duas parabólicas – esta é a mais simples dos C.P.C.

Concentradores parabólicos compostos fixos pode atingir uma temperatura média de 150° mas os concentradores parabólicos compostos (CPC), podem acompanhar a trajectória do sol (Tracking System), aumentando a eficiência.

2. **Colectores evacuados** – é constituído por vários tubos de vidro transparente, colocados transparente e podendo ser retirados ou adicionados, dependendo da temperatura que se deseja obter. Estes captam a radiação difusa e bem como directa.

3. **Concentradores parabólicos cilíndricos** – é constituído por uma superfície espelhada, encurvada de forma parabólica que encaminha os raios solares para um ponto. Este concentrador, só capta radiação directa e podem ser obtidas temperaturas acima dos 300°C.

4. **Concentradores parabólicos tipo satélite** – tem forma similar a um grande satélite. Com este tipo, é possível obter temperatura acima de 400 °C. Alta radiação directa.

2.4. Medição da Radiação Solar

O aumento da temperatura dentro dum fogão solar, é dependente da radiação que chega até ao fogão, sendo assim, a variação desta, implica variação da temperatura atingida no interior do fogão.

A posição exacta do sol, é essencial para concentradores que deviam acompanhar a trajectória do mesmo.

Sabe-se que a fracção que atinge o solo, é constituída por feixes ou components directa à radiação difusa, e para superfícies

inclinadas em relação a horizontal recebem a 3ª componente cujo coeficiente da reflexão é chamado albedo.

Para conhecer a quantidade da radiação que chega à superfície, usam-se os instrumentos:

Pireliômetros - são instrumentos que medem a radiação directa, por isso, segue o movimento solar. Este, visualiza apenas o disco solar e circumsolar.

Pironómetro – mede a radiação global. Este possui uma termopilha que mede a diferença da temperatura entre duas superfícies pintada com um contraste de cores (preto e branco) e igualmente iluminados.

Actinógrafo – mede radiação global e é instrumento de 3ª classe devido à sua posição. É um instrumento composto de sensors baseados na expansão diferencial de um par bimetalico.

3. Materias e Métodos

3.1. Material usado

- Fita métrica ;
- Dois (2) fogões solares tipo caixa : 1 em forma de quadrado, e outro em forma de trapézio ;
- Um (1) fogão solar do tipo parabólico ;
- Quatro (4) termométros ;
- Três (3) painéis ;
- Um (1) pano .

3.2. Procedimento

Primeiro dia :

Antes de começarmos com os testes, calculamos as áreas dos três (3) fogões solares utilizados nos testes. Depois fez-se a proporção da carga para cada área dos fogões, e obteve-se maior carga para o fogão do tipo parabólico e menor carga para o fogão do tipo caixa em forma de quadrado enquanto que o em forma de trapézio é intermédia .

Segundo dia :

Posicionamos e ajustamos os fogões solares, mediu-se a temperatura ambiente e em seguida introduziu-se um termómetro em cada fogão do tipo caixa e um termómetro numa panela sem carga que colocou-se no fogão do tipo parabólico. Depois em intervalos de 10 minutos fez-se 12 registos da temperatura de estagnação para cada fogão e para o mesmo intervalo de tempo fez-se o registo da temperatura ambiente . Durante o tempo de registo, para cada fogão do tipo caixa fazia-se um ajuste da posição em direcção ao sol quando apareciam sombras na placa absorvente enquanto que para o fogão do tipo parabólico ajustava-se em intervalos de aproximadamente 15 ou 20 minutos.

Terceiro dia :

Posicionamos e ajustamos os fogões solares, em três (3) painelas de tamanhos diferentes introduziu-se metade da quantidade da carga suportada por cada fogão solar ; mediu-se a temperatura ambiente, e dentro de cada panela colocou-se 1 termómetro, depois mediu-se a temperatura do conteúdo para cada fogão. Em seguida introduziu-se cada panela no seu respectivo fogão e em intervalos de 10 minutos fez-se 15 registos da temperatura ambiente e a temperatura do conteúdo (carga) para cada fogão.

É de realçar que durante o tempo de registo, para cada fogão do tipo caixa fazia-se um ajuste da posição em direcção ao sol quando apareciam sombras na placa absorvente enquanto que para o fogão do tipo parabólico ajustava-se em intervalos de aproximadamente 15 ou 20 minutos.

Quarto dia :

Posicionamos e ajustamos os fogões solares, mediu-se a temperatura ambiente e em seguida introduziu-se um termómetro em cada fogão do tipo caixa e um termómetro numa panela sem carga que colocou-se no fogão do tipo parabólico. Depois em intervalos de 10 minutos fez-se 13 registos da temperatura de estagnação para cada fogão e para o mesmo intervalo de tempo fez-se o registo da temperatura ambiente . Durante o tempo de registo, para cada fogão do tipo caixa fazia-se um ajuste da posição em direcção ao sol quando apareciam sombras na placa absorvente enquanto que para o fogão do tipo parabólico ajustava-se em intervalos de aproximadamente 15 ou 20 minutos.

4. Resultados Obtidos

Tabela 1. Temperatura de estagnação (1)

Tempo médio em (horas)	Tempo (min)	Radiação (W/m ²)		T _{amb} (°C)	Temperatura do conteúdo		
		Global	Difusa		Scook	T. 16	Parabólica
9:00	10:32	675.3	188.1	24	24	24	24
10:00	10:42	454.6	301.9	25	42	40	32
11:00	10:54	591.2	473	25	47	52	35
12:00	11:06	963.5	338.6	27	50	54	33
13:00	11:20	827.7	431.8	27	53	57	32
14:00	11:34	662.0	661.0	28	55	60	32
15:00	11:45	473.0	454	29	67	74	40
16:00	12:00	217.3	208.7	27	65	74	44
17:00	12:13			28	80	98	54
18:00	12:25			30	88	112	72
	12:37			27	110	140	90
	12:52			27	110	160	90
	13:05			27	106	154	68

Tabela 2. Temperatura de half-cook (Quantidade de conteúdo)
 Scook = 0.875 Kg T. 16 = 2.961 Kg Parabólico = 4.60 Kg

Tempo médio em (horas)	Tempo (min)	Radiação (W/m ²)		T _{amb} (°C)	Temperatura do conteúdo (°C)		
		Global	Difusa		Scook	T. 16	Parabólica
10:00	11:40	592.1	39.6	30	30	30	30
11:00	11:50	742.8	283.9	29	48	40	32
12:00	12:00	963.5	181.8	27	56	50	40
13:00	12:10	932.7	191.7	27	60	56	45
14:00	12:20	821.1	510	28	64	60	49
15:00	12:30	658.7	633.3	28	66	66	54
16:00	12:40	464.6	452.4	28	66	70	58
17:00	12:50	237.3	232.9	27	69	76	61
18:00	13:00	42.4	43.0	27	69	80	66
	13:10			27	67	84	68
	13:20			28	62	88	70
	13:30			28	60	90	73
	13:40			27	62	92	74
				27	63	94	74
				28	62	94	72

Tabela 3. Temperatura de estagnação (2)

Tempo Médio (horas)	Tempo (min)	Radiação (W/m ²)		T _{amb} (°C)	Temperatura do conteúdo (°C)		
		Global	Difusa		Scook	T. 16	Parabólico
9:00	10:40	-	-	28	84	114	56
10:31	10:55	949.3	137	29	102	144	64
11:00	11:10	973.5	139.7	29	103	150	68
12:00	11:25	955.1	189.9	30	106	158	70
13:00	11:40	922.7	171	30	100	146	76
14:00	11:55	782.8	542.0	30	104	158	90
15:00	12:10			30	102	148	86
16:00	12:25			30	104	154	84
17:00	12:40			29	104	154	90
18:00	12:55			30	106	158	90
	13:10			30	106	158	90
	13:25			30	104	155	89
	13:40			29	112	152	84

Calculos da Potência e Rendimento

Tipo de Fogão	Carga massa (Kgs)
Scook	0.875 ≈ 0.88
T.16	2.961 ≈ 2.96
Parabólico	4.599 ≈ 4.60

$$P = \frac{m * Cp * (Tf - Ti)}{dt}$$

$$\eta = \frac{m * Cp * (Tf - Ti)}{R_g * A * dt}$$

4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Antes de mais, é preciso saber-se que não foi possível medir a velocidade do vento por falta de equipamento. Os dados foram tirados num dia em que não se fazia sentir tanto vento e céu nublado, e foram obtidos num dia perfeito no sentido de que as condições para cozinha solar eram excelentes.

Como era de esperar, a temperatura máxima atingida pelos fogões no dia 14/10/94, mostram claramente a dependência (da radiação) dos fogões em relação à radiação.

O fogão só atingiu a temperatura máxima sem carga de 90°C, o que significa que a temperatura de estagnação é baixa quando maior for a radiação directa. sabe-se que os fornos tipo parabólico, atingem uma temperatura de 400°C dependendo da e do "track".

Os fogões tipo caixa, mostraram que recebem radiação difusa, pois, atingiram valores perto dos teóricos.

Fazendo comparação dos dois dias usados para tirar os dados confirmam que a temperatura de estagnação é função da radiação.

É observável que nas horas crescentes solares verifica-se uma crescente temperatura de estagnação.

* Ver anexos.

5. Conclusão

Os fogões solares, constituem o meio alternativo não poluidor, para as zonas rurais como as cidades. A temperatura atingida no interior do fogão solar é dependente da quantidade de radiação solar que entra no fogão, bem como do nível de protecção térmica da orientação. O fogão solar, exposto ao sol, deve apresentar maior largura do este-oeste, de modo a poder captar radiação durante um período longo de tempo.

Considerando as condições em que se realizaram os testes pode-se considerar os resultados obtidos satisfatórios, pois usando o Padrão internacional para testar fogões solares conclui-se que o fogão do tipo caixa Scook obteve maior rendimento em comparação com o T.16 e o do tipo parabólico. Era de esperar que o fogão do tipo parabólico

alcança-se maior rendimento. Mais tal não aconteceu devido a alguns factores que influenciaram os testes, como por exemplo, o aparecimento de nuvens durante os testes, o ajuste incorrecto do fogão entre outros. Com base nos registos, nas linhas de regressão dos gráficos pode-se distinguir claramente a potência de cada fogão; alguns resultados parecem ser transferíveis e repetíveis ; depois de atingida uma certa temperatura (máxima) a temperatura começa a decrescer .

6. Referências bibliográficas

- [1] Anonymus. (1992). Padrão de Índio - Fogão Solar - (3 Partes) É 13429. Agência de Padrões Índios, Delhi Novo.
- [2] Medo P.A. (1999). Avaliando o procedimento de norma internacional por testar fogões solares e resultados informando. *Energia 68 solar (1): 1-7*
- [3] Mullick S.C., Kandpal T.C. e Saxena A.K. (1987). Procedimento de teste térmico para caixa-tipo fogões solares. *Energia 39 solar (4): 353-360.*
- [4] The Sun.

ANEXOS

Tabela 1. Fogão Solar tipo caixa - ScoolK

m (Kg)	Cp (J/Kg.K)	Ti (°C)	Tf (°C)	ΔT (°C)	P=m*Cp*ΔT/600 (em W)	$\eta = \frac{P}{R_g * A}$ (em%)	R _g (W/m ²)	A (m ²)
0.88	4186	30	48	18	110.51	0.595	742.8	0.25
0.88	4186	48	56	8	49.116	0.264	742.8	0.25
0.88	4186	56	60	4	24.558	0.102	963.5	0.25
0.88	4186	60	64	4	24.558	0.102	963.5	0.25
0.88	4186	64	66	2	12.279	0.051	963.5	0.25
0.88	4186	66	66	0	0	0.000	963.5	0.25
0.88	4186	66	69	3	18.418	0.076	963.5	0.25
0.88	4186	69	69	0	0	0.000	963.5	0.25
0.88	4186	69	67	-2	-12.279	-0.053	932.7	0.25
0.88	4186	67	62	-5	-30.697	-0.132	932.7	0.25
0.88	4186	62	60	-2	-12.279	-0.053	932.7	0.25
0.88	4186	60	62	2	12.279	0.053	932.7	0.25
0.88	4186	62	63	1	6.139	0.026	932.7	0.25
0.88	4186	63	62	-1	-6.139	-0.026	932.7	0.25

Tabela 2. Fogão Solar tipo caixa – T16

m (Kg)	Cp (J/Kg.K)	T _i (°C)	T _f (°C)	ΔT (°C)	P=m*Cp*ΔT/600 (em W)	$\eta = \frac{P}{R_g * A}$ (em%)	R _g (W/m ²)	A (m ²)
2.96	4186	30	40	10	206.509	0.986	742.8	0.282
2.96	4186	40	50	10	206.509	0.986	742.8	0.282
2.96	4186	50	56	6	123.906	0.456	963.5	0.282
2.96	4186	56	60	4	82.604	0.304	963.5	0.282
2.96	4186	60	66	6	123.906	0.456	963.5	0.282
2.96	4186	66	70	4	82.604	0.304	963.5	0.282
2.96	4186	70	76	6	123.906	0.456	963.5	0.282
2.96	4186	76	80	4	82.604	0.304	963.5	0.282
2.96	4186	60	84	24	495.622	1.884	932.7	0.282
2.96	4186	84	88	4	82.604	0.314	932.7	0.282
2.96	4186	88	90	2	41.302	0.157	932.7	0.282
2.96	4186	90	92	2	41.302	0.157	932.7	0.282
2.96	4186	92	94	2	41.302	0.157	932.7	0.282
2.96	4186	94	94	0	0	0	932.7	0.282

Tabela 3. Fogão Solar tipo parabólico

	m (Kg)	C_p (J/Kg.K)	T_i (°C)	T_f (°C)	ΔT (°C)	$P=m \cdot C_p \cdot \Delta T/600$ (em W)	$\eta = \frac{P}{R_g \cdot A}$ (em%)	R_g (W/m ²)	A (m ²)
	4,6	4186	30	32	2	64.185	0,0658	742.8	1.314
	4,6	4186	32	40	8	256.741	0,2630	742.8	1.314
	4,6	4186	40	45	5	160.463	0,1267	963.5	1.314
	4,6	4186	45	49	4	128.371	0,1014	963.5	1.314
	4,6	4186	49	54	5	160.463	0,1267	963.5	1.314
	4,6	4186	54	58	4	128.371	0,1014	963.5	1.314
	4,6	4186	58	61	3	96.278	0,0760	963.5	1.314
	4,6	4186	61	66	5	160.463	0,1267	963.5	1.314
	4,6	4186	66	68	2	64.185	0,0524	932.7	1.314
	4,6	4186	68	70	2	64.185	0,0524	932.7	1.314
	4,6	4186	70	73	3	96.278	0,0786	932.7	1.314
	4,6	4186	73	74	1	32.093	0,0262	932.7	1.314
	4,6	4186	74	74	0	0.000	0,0000	932.7	1.314
	4,6	4186	74	72	-2	-64.185	-0,0524	932.7	1.314

Gráfico da potência x Variação da temperatura do fogão solar, Scook

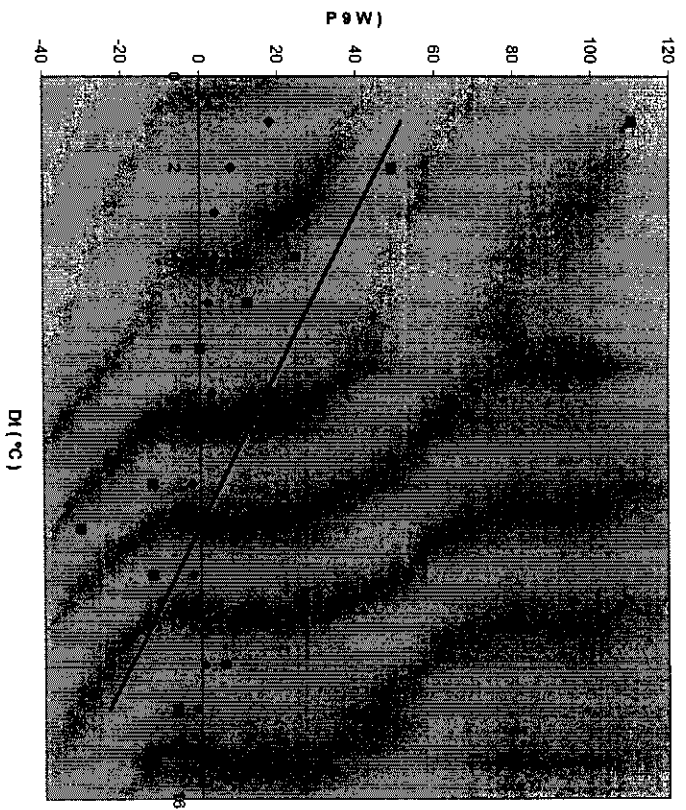


Gráfico da Potência x Variação da temperatura do fogão solar T:16

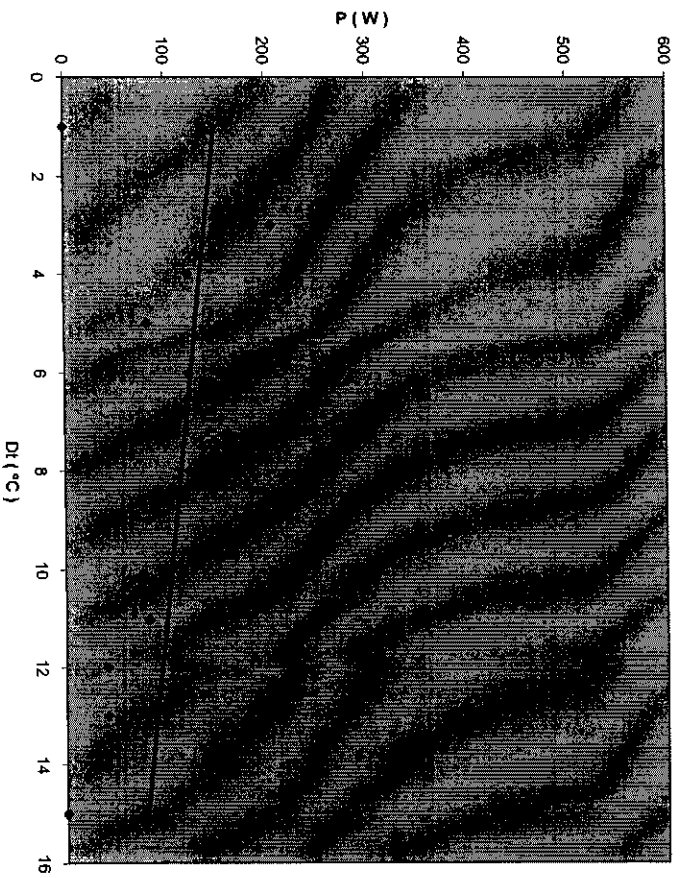


Gráfico da Potência x Variação da temperatura do fogão solar tipo parabólico

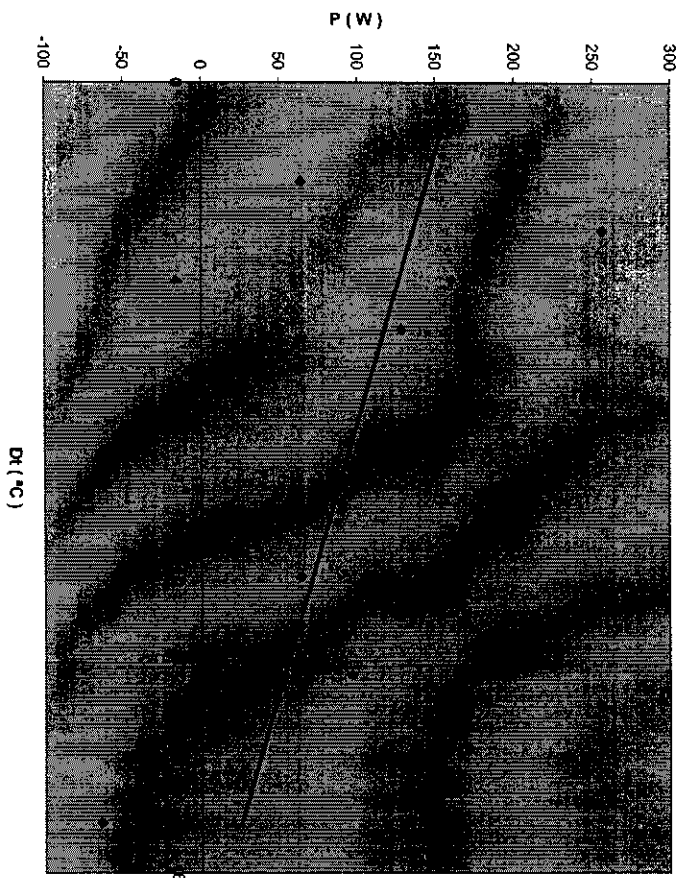


Gráfico da Potência x Rendimento do fogão solar Scook

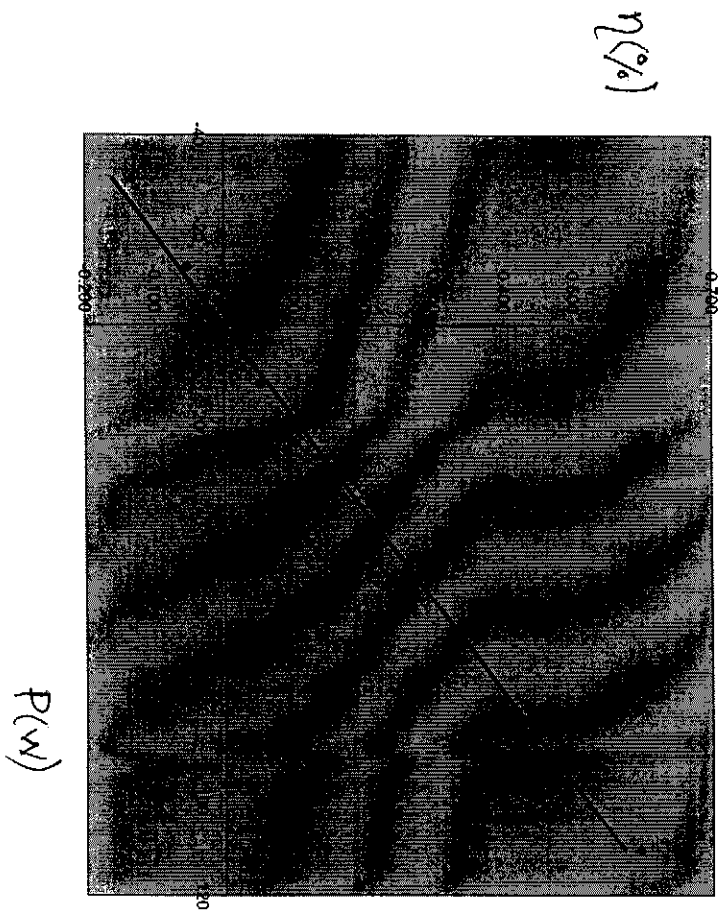


Gráfico da Potência x Rendimento do fogão solar T. 16

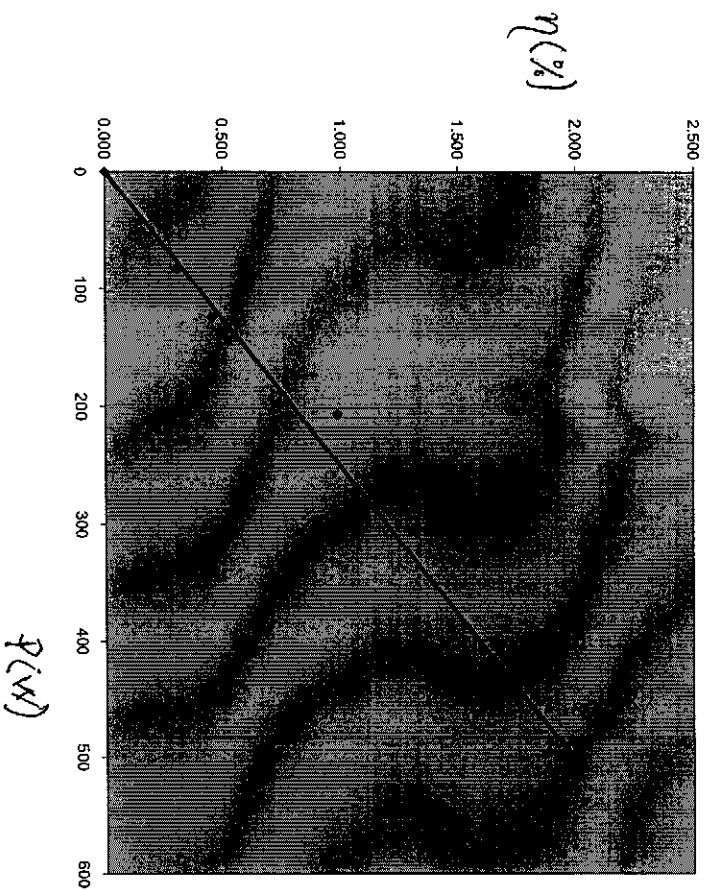


Gráfico da Potência x Rendimento do fogão solar do tipo Parabólico

