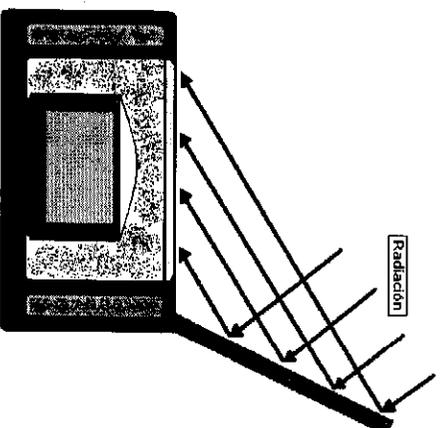




UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**OPÇÃO : ENERGIAS RENOVAVEIS**

**FOGÃO SOLAR DO TIPO CAIXA**



**Docente:Dr Cuamba**  
**Discente:Stelio Manhique**

## Índice dos conteúdos

|  |    |
|--|----|
| Resumo .....   | 2  |
| 1.Introdução .....   | 3  |
| 1.1 Objectivos .....   | 3  |
| 2.Resumo Teorico .....   | 4  |
| 2.1 O Sol e as suas propriedades .....                                       | 4  |
| 2.1.1 Composição do sol .....  | 4  |
| 2.1.2 Produção da energia solar .....  | 4  |
| 2.2 Lei de Stefan-Boltzmann .....  | 5  |
| 2.3 Radiação electromagnética .....  | 5  |
| 2.3.1 Interação da Radiação Electromagnética solar com a Terra .....         | 6  |
| 2.4 Medição da Radiação .....  | 9  |
| 2.4.1 Piranometro .....  | 9  |
| 2.4.3 Tipos de Piranometros .....  | 10 |
| 2.5 Condições ambientais para a determinação da radiação incidente .....     | 11 |
| 3.Fogão solar tipo Caixa .....   | 11 |
| Materiais utilizados na construção do fogão solar .....                      | 12 |
| 3.2 Funcionamento do fogão solar tipo caixa .....                            | 12 |
| 3.2.1 Acumulação de calor .....  | 12 |
| 3.3 processos de transferencia de calor .....                                | 14 |
| 3.4 Determinação da potência e da eficiência do fogão solar tipo caixa ..... | 14 |
| 4. Metodologia .....   | 15 |
| 5. Resultados e descrição .....  | 16 |
| 6. Conclusão .....   | 18 |
| 7. Bibliografia .....  | 19 |

## **Resumo**

Neste trabalho vamos caracterizar o fogão solar tipo caixa desde o ponto de vista termo até a análise da sua eficiência e da sua potência os pontos a serem abordados serão :

-Resumo teorico onde falaremos do sol e suas características ,radiação electromagnética e a sua interacção com a materia instrumentos usados para medir a radiação .

-Caracterização do fogão solar instrumentos utilizados na sua fabricação ,seu funcionamento .

-Metodologia do trabalho , as condições em que o trabalho foi feito e os materias utilizados na e dados recolhidos .

-Descrição dos resultados onde iremos apresentar e descuir os resultados obtidos neste presente trabalho .

-Conclusão .

## **1.Introdução**

O homem nos últimos anos tem tentado desenvolver técnicas para a exploração de fontes de energias alternativas aos combustíveis fósseis . e uma das alternativas e a maior exploração da energia solar. Para que se possa explorar com maior precisão a energia solar e preciso conhecer e interpretar a radiação solar. Ja sabemos que Radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação electromagnética . existem dois tipos de radiação a directa e a radiação indirecta.

### **1.1Objectivos**

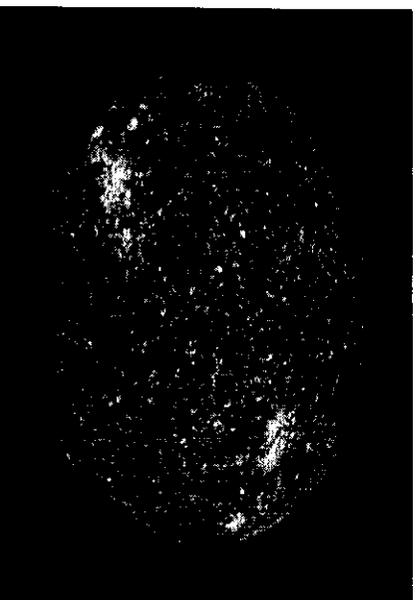
Neste presente trabalho vamos falar do fogão solar tipo caixa tendo como objectivos analisar se :

1. O tempo necessario para o fogão ferver 3 litros de água
2. A Eficiência do fogão solar
3. A Potência .

## 2. Resumo Teorico

### 2.1 O Sol e as suas propriedades

Figura 1



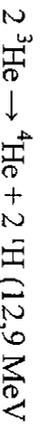
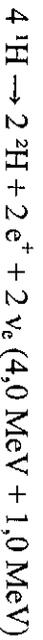
O Sol é a estrela central do Sistema Solar. Todos os outros corpos do Sistema Solar, como planetas, planetas anões, asteroides, cometas e poeira, bem como todos os satélites associados a estes corpos, giram ao seu redor . o Sol possui uma massa 332 900 vezes maior que a da Terra, e um volume 1 300 000 vezes maior que o do nosso planeta

#### 2.1.1 Composição do sol

O sol é composto primariamente de hidrogênio (74% de sua massa, ou 92% de seu volume) e hélio (24% da massa solar, 7% do volume solar), com traços de outros elementos, incluindo ferro, níquel, oxigênio, silício, enxofre, magnésio, néon, cálcio e crômio.

#### 2.1.2 Produção da energia solar

A energia produzida pelo Sol é gerada por fusão nuclear via cadeia próton-próton, convertendo hidrogênio em hélio . A fusão de hidrogênio ocorre primariamente segundo uma cadeia de reações chamada de cadeia próton-próton segundo as reacções químicas abaixo :



Esta reação utiliza cerca de  $3,7 \times 10^{38}$  prótons ou  $6,2 \times 10^{11}$  kg .que são convertidos em núcleos de hélio a cada segundo . Como consequência, cerca de 4,26 milhões de toneladas métricas por segundo são convertidos em  $3,83 \times 10^{26}$  W ou  $9,15 \times 10^{10}$  megatoneladas de TNT de energia por segundo, segundo a equação de massa-energia :

$$E=mc^2$$

A energia produzida pelo sol é emitida em forma de radiação solar que é transmitida em forma de radiação eletromagnética .

## 2.2 Lei de Stefan-Boltzmann

A Lei de Stefan-Boltzmann estabelece que a energia total radiada por unidade de área superficial de um corpo negro na unidade de tempo dada pela fórmula :

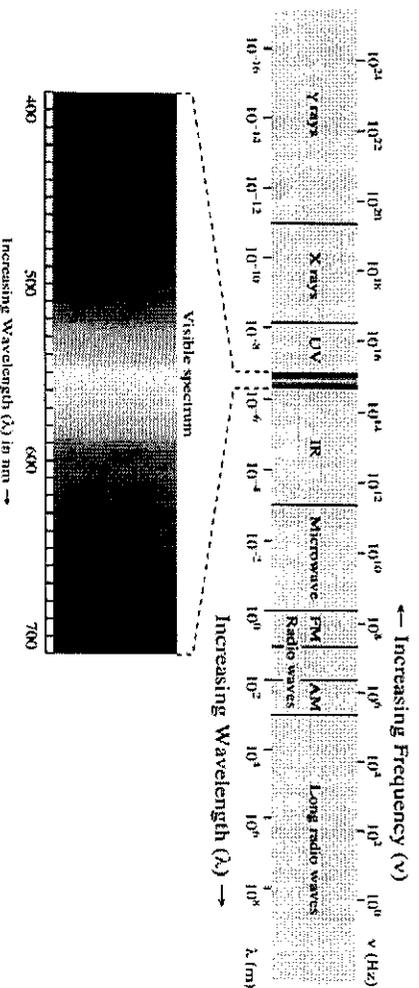
$$j^* = \sigma T^4$$

$j^*$  é diretamente proporcional à quarta potência da sua temperatura termodinâmica  $T$  e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann (  $\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ Wm}^2\text{K}^4$  ) . A lei Stefan-Boltzmann também determinou a temperatura da superfície solar s atualmente é de 5780 k .

## 2.3 Radiação eletromagnética

A radiação eletromagnética é uma oscilação, em fase, dos campos elétricos e magnéticos. A radiação eletromagnética é classificada de acordo com a frequência da onda, que em ordem decrescente da duração da onda são :

Figura 2

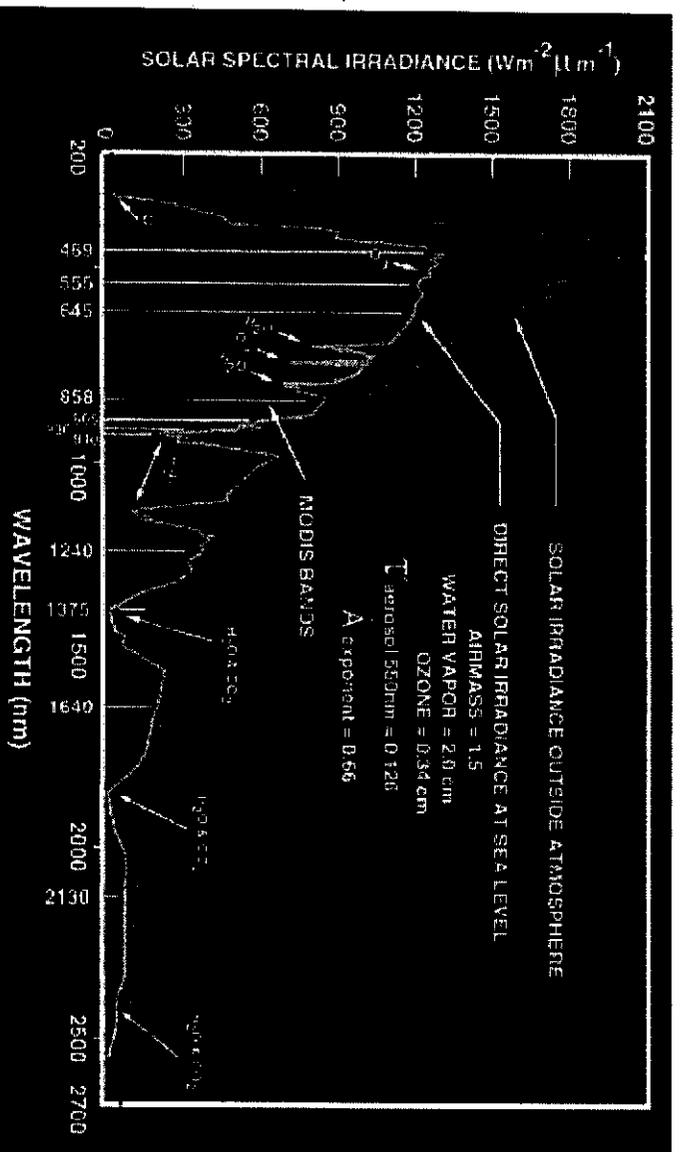


Parte de todo o espectro consegue ser interpretada através do olho dos diversos animais e, para cada espécie, denomina-se essa faixa de luz ou luz visível. A radiação eletromagnética compõe-se de um campo elétrico e um magnético, que oscilam perpendicularmente um ao outro e à direção da propagação de energia. A radiação eletromagnética é classificada de acordo com a frequência da onda, que em ordem decrescente da duração da onda são: ondas de rádios, micro-ondas, radiação terahertz (Raios T), radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, Raios-X e Radiação Gama.

### 2.3.1 Interação da Radiação Electromagnética solar com a Terra

A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre uma energia que serve de sustento para a vida na Terra . é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta A energia solar incidente sobre a atmosfera e a superfície terrestre segue um de três destinos: ser reflectida, absorvida ou transmitida . a figura abaixo mostra a quantidade de radiação solar fora da atmosfera terrestre e dentro:

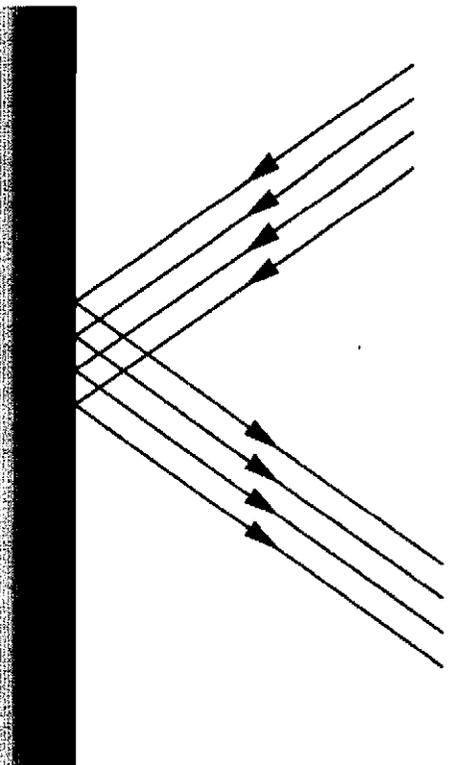
Figura 3



### A energia reflectida

Parte substancial da energia recebida sobre a superfície terrestre é reenviada para o espaço sob a forma de energia reflectida. As nuvens, as massas de gelo e neve e a própria superfície terrestre reenvião para o espaço entre 30 e 40% da radiação recebida .

**Figura 4**



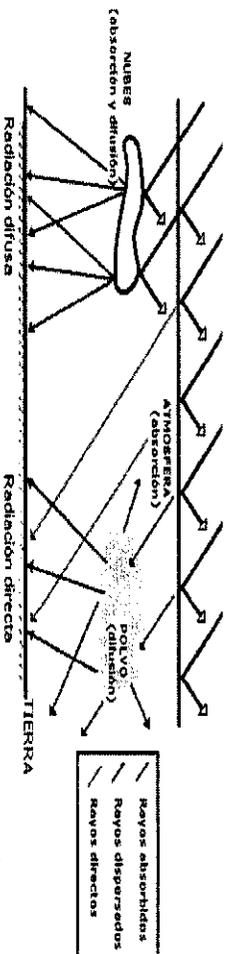
### Absorção atmosférica

É quando a radiação é retida na atmosfera por alguns gases como ozono ( $O_3$ ), vapor de água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Esta absorção selectiva está na origem do efeito de estufa, devido ao facto da radiação terrestre, resultante do retorno para o espaço da radiação solar por via do aquecimento da Terra, ser feita essencialmente na banda dos infravermelhos longos, radiação para a qual o  $CO_2$  tem grande capacidade de absorção.

### Transmissão

De toda a radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fracção atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Esta fracção que atinge o solo é constituída por uma componente directa (ou de feixe) e por uma componente difusa.

Figura 5



A radiação total que chega a atmosfera pode ser dada pela seguinte equação :

$$I_{\text{global}} = I_{\text{directa}} + I_{\text{indirecta}}$$

$$I_{\text{global}} = I_{\text{directa}} + ( I_{\text{difusa}} + I_{\text{reflecionada}} )$$

os processos de reflexão , absorção e emissão na atmosfera são responsáveis pelo equilíbrio energético no planeta onde :

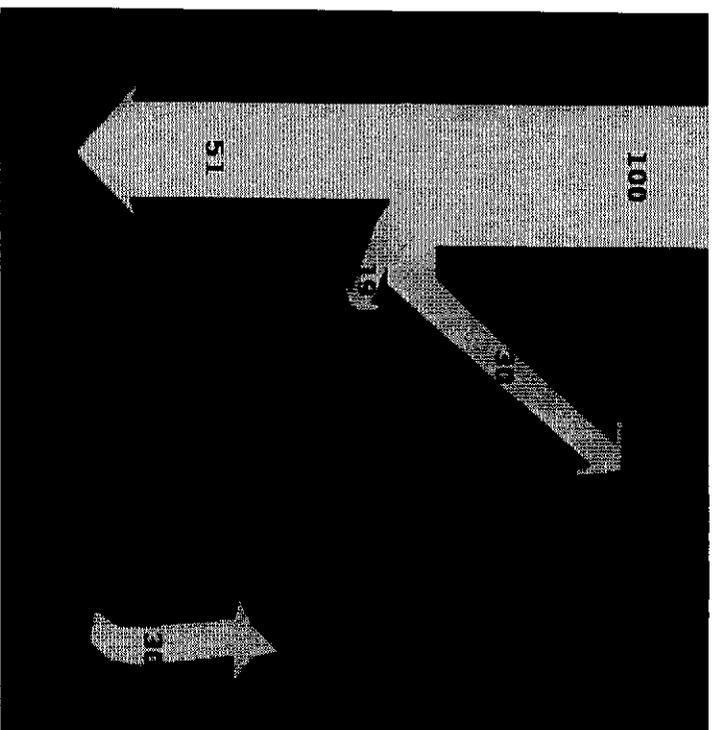
**19 %** é perdida por absorção pelas moléculas de oxigénio e ozônio da radiação ultravioleta (de alta energia) na estratosfera (onde a temperatura cresce com a altitude);

**24%** é perdida por reflexão - 20% nas nuvens e 4% na superfície. (O albedo do planeta é de 30% (6% difusão+24% reflexão)

**6%** é perdida por difusão da luz solar de menor comprimento de onda - azuis e violetas - (o que faz com que o céu seja azul);

Estes processos são explicados pelas figura abaixo :

**Figura 6**

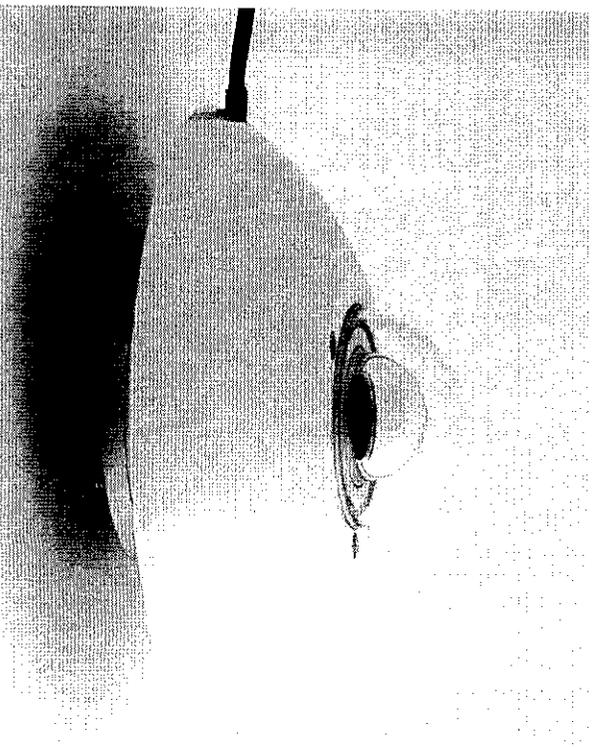


## **2.4 Medição da Radiação**

O instrumento atualmente utilizado para medir a radiação chama se Piranometro.

### **2.4.1 Piranometro**

**Figura 7**

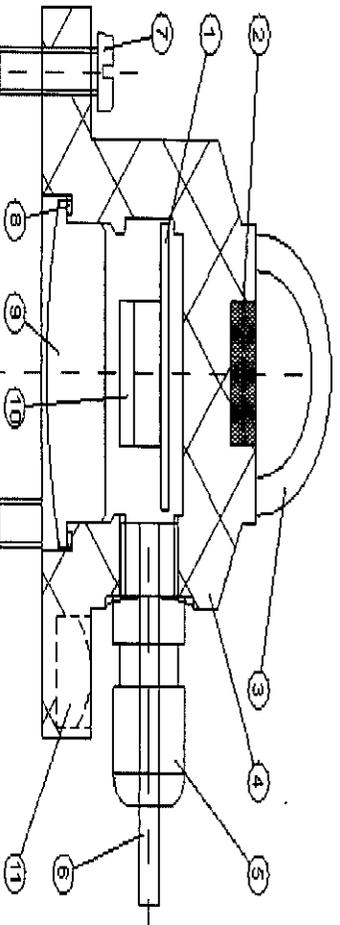


Um piranómetro é usado para medir a irradiação solar em uma superfície e é um sensor que seja projetado medir a densidade de fluxo da radiação solar (nos watts por o quadrado do medidor) de um campo de visão de 180 graus.

### 2.4.2 Composição do piranómetro

A composição do piranómetro e mostrada na figura abaixo :

Figura 8



- 1-Circuito impresso ; 2-Sensor de termopila ; 3-Cúpula de cristal ;
- 4-Corpo metálico ; 5-braçadeira ; 6-Cabo eléctrico de saída de sinal ;
- 7-Nivelador ; 8-Base, 9-Capsúla ; 10-Bornos de conexão para os cabos ; 11-Nível .

### 2.4.3 Tipos de Piranómetros

Para medir a radiação directa usa-se o **Piranómetro com termopilha classe 1** que esta representado na **figura 7** .para medira radiação indirecta usa se o **piranómetro com banda de sombra** ( **figura 9** )

Figura 9



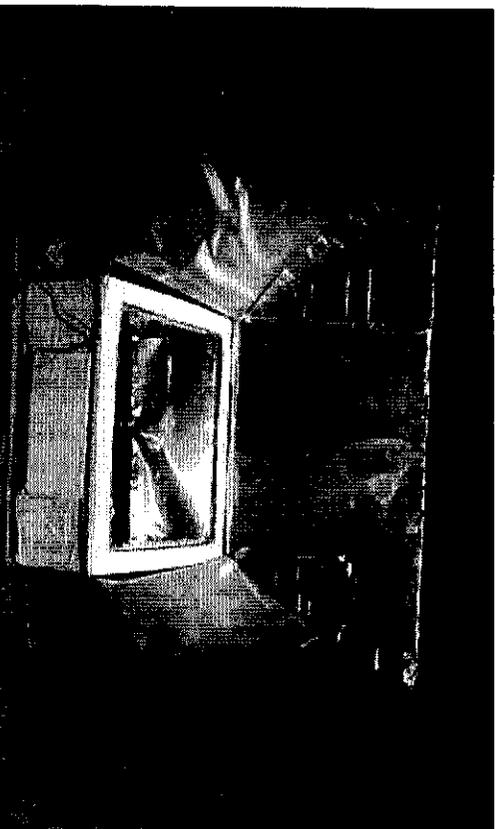
### **2.5 Condições ambientais para a determinação da radiação incidente**

As variáveis necessárias para a determinação da quantidade de radiação incidente numa determinada superfície são :

1. **Condições climatológicas**- se tivermos um dia limpo a radiação incidente é maior , se tivermos um dia nublado a radiação incidente é menor .
2. **A intensidade da radiação que esta sujeita a zona** -quanto maior for a sensação de calor numa determinada zona maior é a radiação incidente .
3. **A estação do ano** -A altura do sol varia de acordo com as estações do ano e isso ira influenciar naturalmente a radiação incidente .

### **3.Fogão solar tipo Caixa**

**Figura 10**



O fogão de caixa solar consiste em uma caixa térmica de todos os lados, com o face coberto com plástico permite que a luz solar entre. Cada uma das superfícies internas da caixa com o fogão solar é coberto com material reflector .

É constituído de uma caixa com fundo preto e tampa de vidro, com abas refletoras. O fundo preto absorve a luz solar e converte-a em radiação infravermelha, que não passa pela tampa de vidro, criando o efeito estufa. Desta forma, possui a capacidade de cozinhar qualquer alimento sem dificuldade.

### **Materiais utilizados na construção do fogão solar**

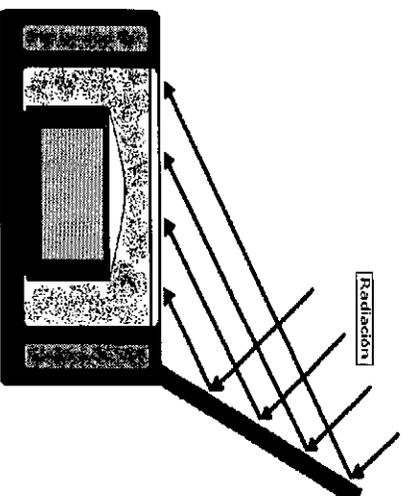
- 1-estruturais** – garantem a estabilidade dimensional do conjunto (cartão,madeira, plástico, cimento, etc.) .
- 2-isolamento** – minimiza as perdas térmicas do conjunto (lã de vidro, esferovite, papel de jornal, etc.)
- 3-transparentes** – permitem a criação do efeito de estufa no interior da caixa (vidro, plástico para alta temperatura, etc.)
- 4-reflectores** – minimizam as perdas térmicas no interior do forno e podem concentrar a radiação solar no interior (folha de alumínio, etc.)

### **3.2 Funcionamento do fogão solar tipo caixa**

O fogão solar tipo caixa funciona com uma única fonte de energia livre, o sol, por efeito de concentração e efeito de estufa acumulados ou seja por **Acumulação de calor e concentração dos raios solares** .

#### **3.2.1 Acumulação de calor**

**Figura 11**



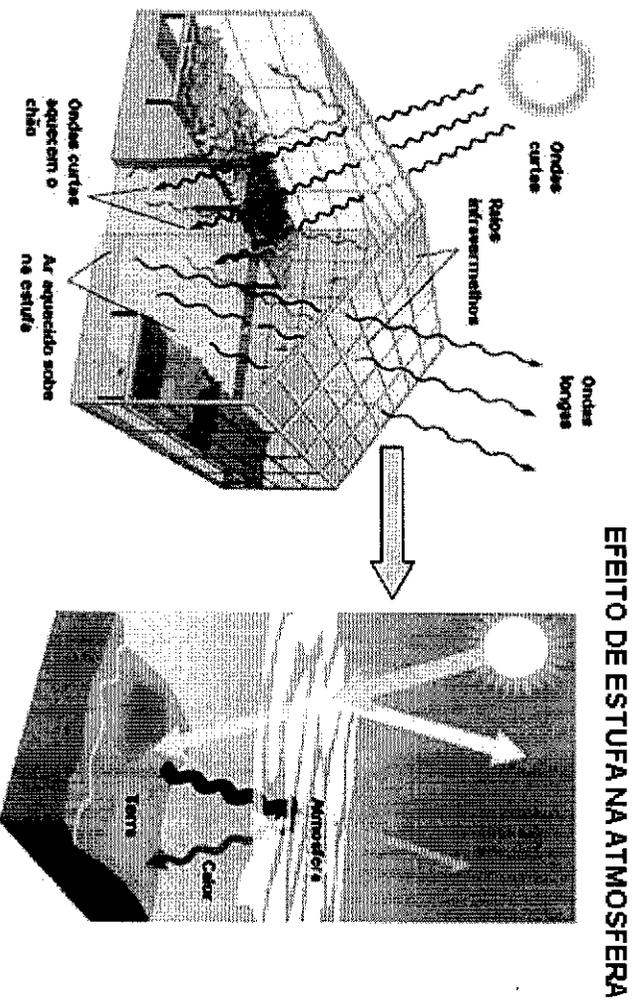
O fogão solar usa a radiação para permitir que os alimentos antigam altas temperaturas . Os raios dirigem se para o interior do fogão por reflexão e são acumulados dentro do fogão pelo efeito de estufa.

O fogão tem uma tampa de vidro para permitir que a radiação solar penetre no seu interior em forma de ondas curtas e geralmente o chão é pintado com uma cor escura para absorver essa energia radiante, que o aquece. Essa energia também é absorvida por

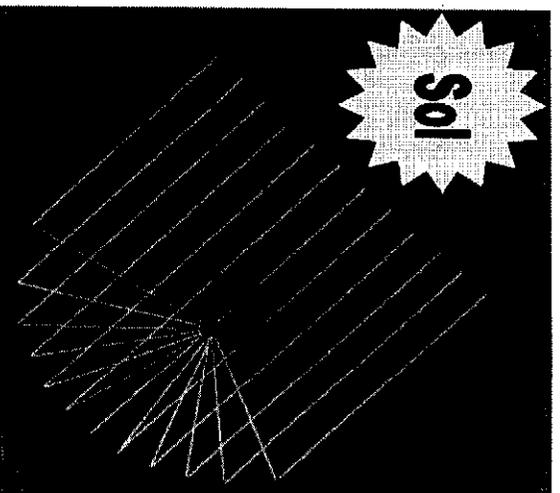
objetos da estufa e é irradiada sob a forma de ondas longas e uma parte é mantida no interior do fogão em forma de calor (raios infravermelhos), que não atravessa o vidro comum.

Na nosso planeta o efeito de estufa pode ser explicado pela figura 2 .

Figura 12



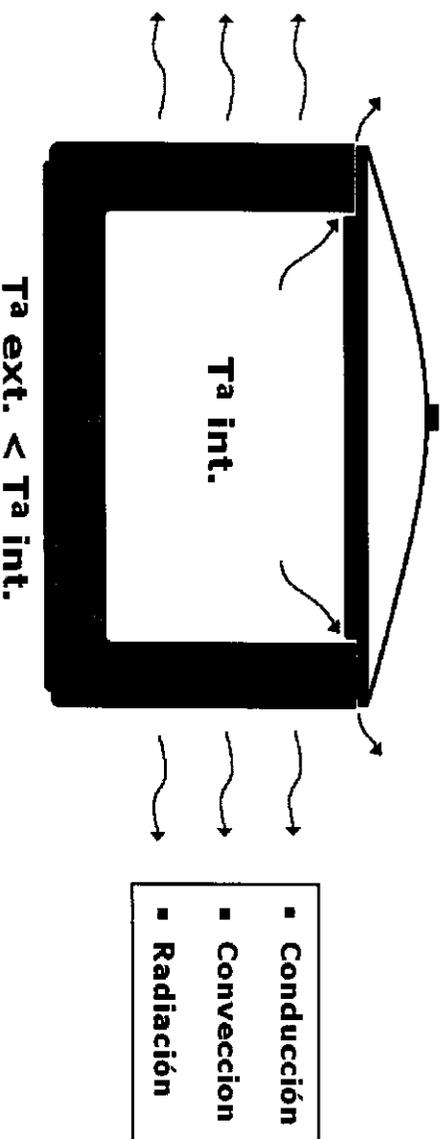
3.1 concentração dos raios solares  
figura 13



a concentração dos raios solares no mesmo ponto faz com que a temperatura nesse ponto seja bastante alta. o fogão solar depende diretamente da direção que tem os raios solares por isso é necessário orientar o fogão constantemente em direção do sol o que permitirá maior concentração dos raios .

### 3.3 processos de transferencia de calor

Figura 14



Para entender o funcionamento do fogão solar tipo caixa e necessário conhecer os processos de transferencia de calor que ocorrem no fogão como mostra a **figura 14** que são três : por radiação , condução e convecção .

**1.condução** – é transporte de energia calorífica devido a um gradiente de temperatura , e o calor viaja da parte mas quente para a parte fria até atingir se o equilibrio termico.

**2.radiação-** é o transporte da radiação electromagnética de um corpo que tem uma temperatura maior que a temperatura ambiente através do ar ou do espaço sem apoio de nenhum meio material .

**3.Convecção** – é o movimento das moléculas nos fluidos devido a uma diferença de temperaturas no mesmo .

### 3.4 Determinação da potência e da eficiência do fogão solar tipo caixa

Para o calculo tanto da potência como da eficiência do fogão solar é necessário ter em conta as normas de ensaio em vigor para definir as formulas a serem utilizadas , as

normas actualmente em vigor são : **sociedade americana de engenheiros agronomos (ASAE S580), oficina das normas indianas e o comité europeu de envestigação de fogões solares .**

#### **1-Potência**

Obedecendo a norma ASAE para calcular a potência do fogão usamos as seguintes equações :

$$P = \left( \frac{T_2 - T_1}{600} \right) C$$

P = Potencia do fogão [W]

T2 = Temperatura final de liquido (k)

T1 = Temperatura inicial del líquido (k)

C - capacidade calorífica [kJ/K]

600 segundos correspnde a 10 min que é o intrevalo de tempo em que temos que fazer a leitura da temperatura do liquido .

#### **2-Eficiência**

Usando a equação do balanço energeticico podemos determinar a eficiência do fogão solar da seguinte forma :

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

Onde : m-massa da água em kg ; Cp- Calor específico da água [J/(kg.°C)]; (Tf - Ti) -

Variação da temperatura em °C ; I<sub>g</sub> - Radiação global em W/ m<sup>2</sup> ; Av - área do vidro em m<sup>2</sup>

#### **4.Metodologia**

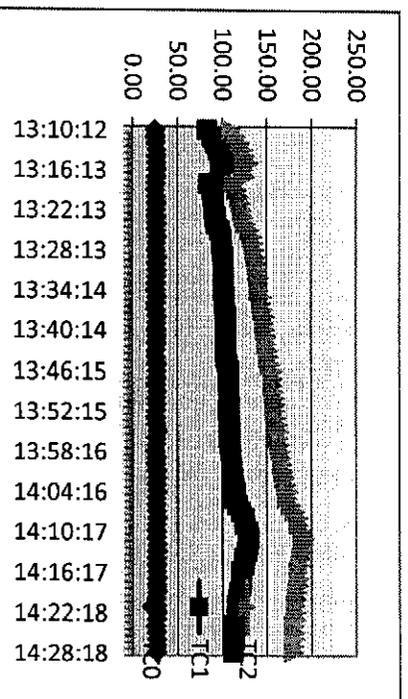
A esta experiencia do fogão solar foi realizada em três dias diferentes no terração do departamento de fisica da faculdade de ciências da Universidade Eduardo mondlane Para a e mesma uso se os seguintes materiais :

1. Fogão solar tipo caixa
2. Dataloger
3. 3 litros de água
4. Uma panela
5. Termopar do tipo T
6. Computador

antes de introduzir a água mediu se as temperaturas ambiente ( $T_{e0}=25,9^{\circ}$ ), a temperatura da água na panela ( $T_{c1}=57,7^{\circ}$ ) e a temperatura do coletor ( $T_{c2}=27,22^{\circ}$ ) depois introduziu se a água na panela .a panela por sua vez foi introduzida no fogão solar . ajustou se o fogão em direção do sol de modo a captar a maior quantidade de radiação possível . num intervalo de 10 em 10 min fez se a medição temperatura com o termopar e as leituras eram feitas através do computador que ia registrando os dados até o fim da experiência .

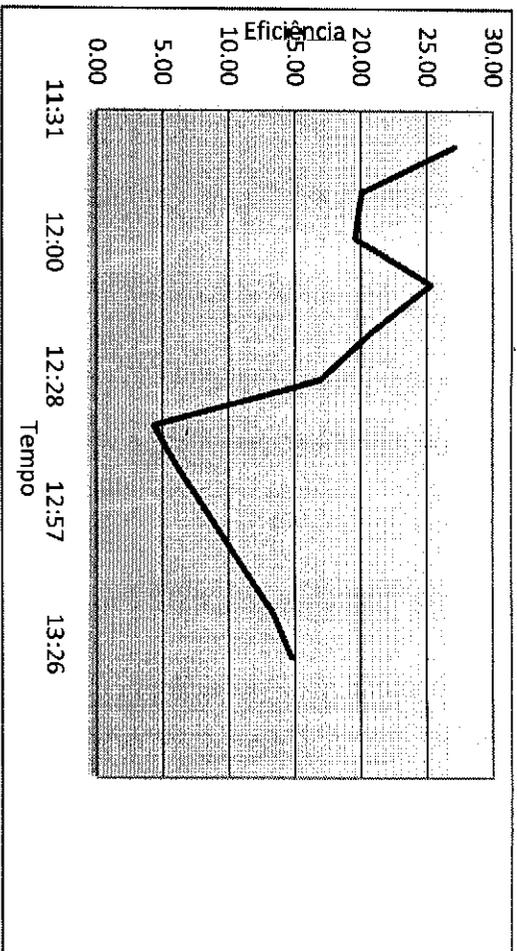
### 5.Resultados e descrição

#### Gráfico das temperaturas em função do tempo

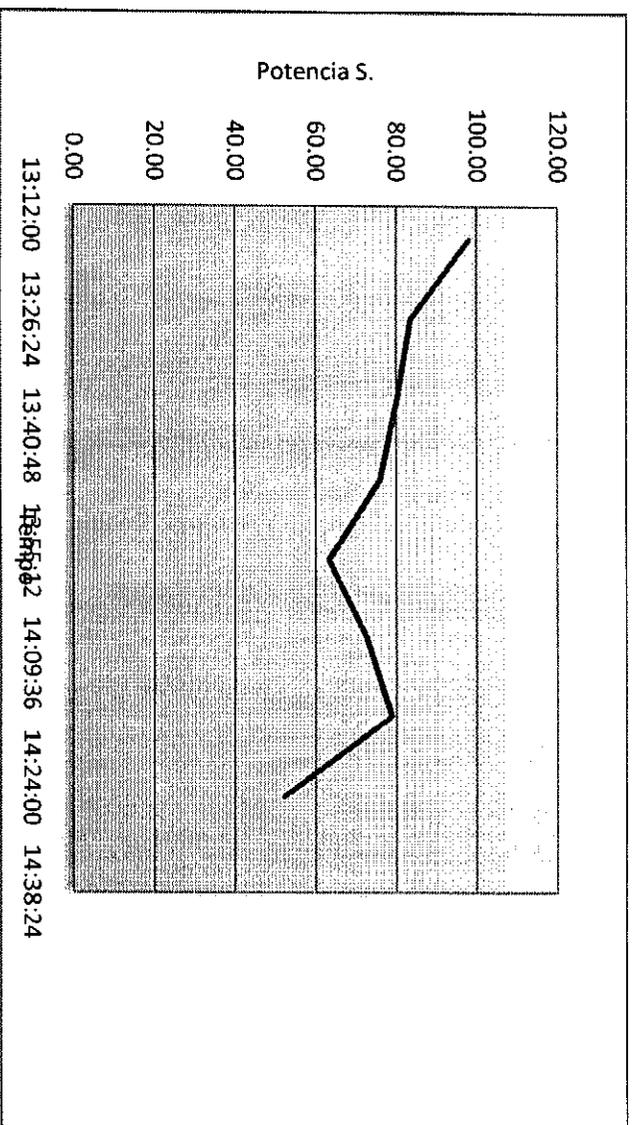


*Tc0-temperatura ambiente, Tc1-temperatura da panela, Tc2-temperatura do coletor*

**Gráfico da eficiência em função do tempo**



**Gráfico da potência em função do tempo**



### **6.Conclusão**

O Fogão solar é bastante dependente do clima e da irradiancia solar da zona onde o utilizamos . fogão solar levo cerca de 2 h a atingir o ponto de ebulição da água Este tipo de fogão pode ter um grande impacto social e economico por ser de baixo custo e facil construção. Fogão solar é forma eficaz de utilizar as fontes de energia renovaveis .o fogão solar comparativamente aos fogões convencionais ( a gás ou eléctrico ) tem menor eficiência ,mas dependendo da local das condições climaticas podemos melhorar o seu rendimento .

## **7. Bibliografia**

- ▶ Apontamentos da cadeira de Física e tecnologia dos Materiais e Física dos semicondutores e estado solido .
- ▶ Temperature-electromotive Force (EMF) Tables for standardized thermo-
- ▶ couples. ASTM American society for testing and Material.
- ▶ <http://www.infodpedia.pt/Fogãosolar>
- ▶ <http://www.wikepedia.pt/fornosolar>