



## Medida da Constante Solar\*

Profa. Jane Gregorio-Hetem



\*Texto preparado a partir do roteiro desenvolvido por MF Saraiva, o qual é baseado no livro *Modern Astronomy*, MK Hemenway & RR Robbins. A última seção (Inferência...) e os objetivos/equipamento da atividade foram escritos por Henrique Aita Fraquelli.

### Objetivos:

Medir a quantidade de energia proveniente do Sol e recebida na Terra a cada minuto. Calcular a constante solar. Relacionar a constante solar com a potência emitida pelo Sol. Estabelecer o conceito de intensidade. Compreender a relação entre a altitude do Sol no céu e o valor da constante solar medido na superfície da Terra.

### Equipamento necessário:

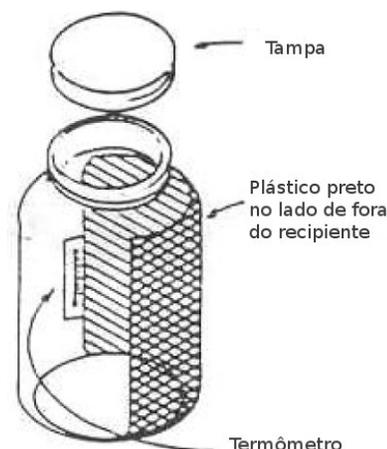
Vidro de conserva, água, termômetro, fita adesiva preta, recipiente graduado para medida de volume, relógio cronômetro, calculadora.

### Introdução:

A ideia básica desta experiência é colocar um frasco com água sob o Sol e observar o aumento da temperatura da água devido à absorção da energia solar. A partir deste aumento, pode-se calcular a quantidade de energia absorvida. Por definição, é necessária uma caloria para aumentar a temperatura de um centímetro cúbico de água em um grau Celsius.

Para a experiência utilize um vidro de conserva ou maionese vazio, e cubra metade de seu exterior com material plástico preto (ver Fig. 1). O objetivo desta cobertura preta é propiciar a maior absorção de energia possível. Ao lado da coberta preta, monte com fita adesiva um termômetro que meça temperatura até 100 graus Celsius. Uma outra opção, no caso do termômetro ser muito grande, é fazer um furo na tampa através do qual se insere o mesmo.

Figura 1 Nesta ilustração o termômetro é posicionado do lado de fora do frasco, mas ele pode ser colocado do lado de dentro, fazendo um furo na tampa.



De preferência, o experimento deve ser feito num dia sem nuvens e sem vento. Devem ser feitas medidas de temperatura alternadas no Sol e na sombra. As medidas de temperatura na sombra devem ser feitas para determinar a quantidade de calor que escapará para dentro ou para fora do frasco que não seja devido à energia solar.

Devem ser feitas 4 medidas de temperatura, a serem anotadas na tabela abaixo, duas no Sol e duas na sombra. Para cada medida, encha o frasco com água fria ou gelada. O frasco deve ser enchido exatamente até o topo do plástico preto, deixando uma camada de 1 centímetro de altura no topo para o ar. A quantidade de água deve ser sempre a mesma.

Realizadas as medidas de temperatura, devemos dividir a variação total da temperatura pelo tempo que o frasco ficou exposto ao Sol, para obter a variação em graus Celsius por unidade de tempo. Para um tempo de exposição ao Sol de 10 minutos, dividimos então a variação total da temperatura por 10, de modo a obter a variação da temperatura em graus Celsius por minuto.

De modo a melhorar a estatística, deve-se fazer a média entre as duas medidas realizadas sob o Sol e na sombra. A variação na sombra deve ser “descontada” da variação no Sol: se a temperatura da água subiu mesmo na sombra, este acréscimo de temperatura deve ser subtraído do acréscimo de temperatura no Sol, pois foi devido a outros fatores que não diretamente à incidência da radiação solar. Se a temperatura na sombra diminuiu, esta diferença deve ser adicionada ao acréscimo de temperatura sob o Sol.

Devemos então calcular o volume de água no frasco. Isto pode ser feito de várias maneiras. A mais simples consiste em medir o volume de água contida no frasco com um bequer graduado. Na inexistência deste recurso, podemos calcular o volume aproximado de água no frasco através da expressão:

$$V = \pi \times r^2 \times d,$$

onde  $r$  é o raio da base do frasco (assumido perfeitamente cilíndrico) e  $d$  a sua altura. Multiplicando este volume pelo aumento de temperatura “líquido” por minuto obtemos o número total de calorías absorvidas por minuto pela água - que é aproximadamente igual ao número de calorías emitidas por minuto pelo Sol e absorvidas pela água no frasco.

Para determinar a constante solar, deve-se ainda calcular a área coletora do frasco. Isto pode ser feito multiplicando o diâmetro da base do frasco pela sua altura. Finalmente, dividindo as calorías por minuto calculadas anteriormente pela área coletora, obtemos o número de calorías absorvidas por minuto e por  $\text{cm}^2 = \text{CONSTANTE SOLAR}$ , a menos dos efeitos atmosféricos: altitude do local e altura do Sol. Medindo-se este valor em diferentes horas do dia e fazendo um gráfico dos resultados, pode-se calcular o efeito das diferentes alturas do Sol.

### **Instruções:**

1. Conforme acima descrito, a constante solar é o fluxo de radiação do Sol (taxa de energia - ou potência - por unidade de área) que chega no topo da atmosfera terrestre. Estime a constante solar em unidades de Watts  $\text{m}^{-2}$ . Para isso, converter a área do frasco para  $\text{m}^2$  e usar a relação  $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ Joules}$ , onde  $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule s}^{-1}$ .
2. Calcule a área coletora da energia solar necessária para alimentar uma lâmpada de 100 Watts, para uma eficiência de 10%, ou seja, da energia solar incidente, somente 10% é de fato transformada em energia elétrica.

3. Com esta mesma eficiência, calcule a área coletora necessária para suprir o consumo mundial de energia (aproximadamente  $3 \times 10^{20}$  ergs/s;  $1 \text{ watt} = 10^7$  ergs).
4. Calcule a luminosidade do Sol a partir do valor da constante solar determinada anteriormente. Compare com o valor da luminosidade do Sol contido em tabelas astronômicas.

**Coleta de dados:**

	Hora Início	Temperatura Início	Hora Fim	Temperatura Fim	$\Delta T$	$\Delta T/\text{min}$
Sol						
sombra						
Sol						
sombra						

**Orientação:**

1ª medida: coloque o frasco sob o Sol, e meça imediatamente a temperatura. Anote na tabela a data, a hora e a temperatura medida. Incline o frasco de forma que a parte transparente fique orientada perpendicularmente aos raios do Sol (Fig. 2), maximizando a superfície preta exposta ao Sol. Talvez seja necessário reajustar a posição do frasco ao longo da exposição, de modo a mantê-lo o mais perpendicular possível em relação aos raios do Sol. Após 10 minutos de exposição ao Sol, anote novamente a hora e a temperatura medida.

Figura 2 Posicionamento do frasco para captar os raios solares.



2ª medida: Esvazie o frasco e o encha novamente com água fria ou gelada, e o coloque na sombra, “protegendo” o frasco dos raios do Sol. Repita a operação, medindo a temperatura imediatamente e após 10 minutos.

3ª e 4ª medidas: repita os procedimentos acima.

Calcule a variação de temperatura durante 10 minutos. As duas medidas no Sol e as duas medidas na sombra devem ser semelhantes. Se não forem, algum erro deve ter sido cometido durante o experimento (por exemplo, passagem de nuvens, etc.).

### Inferência sobre a altitude do Sol:

O valor da constante solar depende da alturas do Sol, porque para baixas alturas os raios do Sol atravessam uma espessura maior de atmosfera terrestre.

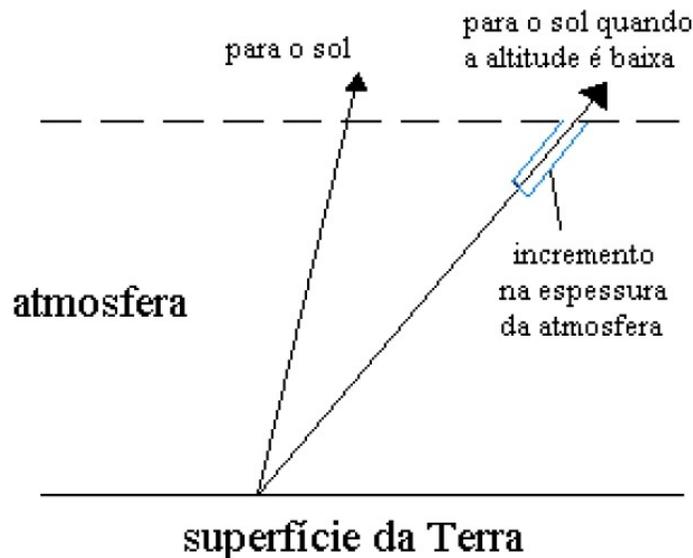


Figura 3: Caminho do raio de Sol

A Fig. 3 mostra que mais energia proveniente do Sol é absorvida pela atmosfera quando o Sol se encontra em baixas alturas, conforme enunciado anteriormente.

Idealmente o experimento deveria ser realizado por um satélite, acima da atmosfera terrestre. É possível, entretanto, estimar o efeito produzido pela atmosfera através da medida da constante solar em períodos distintos durante o dia (quando o Sol está em diferentes alturas) e então construir um gráfico com os resultados.