

*Jorge Roberto Pimentel*  
Depto de Física – UNESP  
Rio Claro – SP

### Introdução

Coletores solares planos, constituem dispositivos integrados à nossa paisagem urbana. Um bom número de residências já se utilizam deles para aquecer a água, substituindo os aquecedores elétricos e à gás. Em vista disso, aumenta o interesse dos alunos em saber “como funciona” um equipamento desse tipo. Porém, os baixos recursos financeiros disponíveis, aliados a outras dificuldades existentes em nossas escolas de 2º grau, freqüentemente tolhem a iniciativa de professores. Desse modo, criar ou reproduzir equipamentos e/ou experimentos que venham a contribuir para a melhoria do aprendizado são atividades difíceis de serem implantadas e reconhecidas.

Diante dessa problemática, estamos apresentando um sistema de aquecimento solar (coletor e reservatório térmico) que emprega um mínimo de material em sua construção e cujo desempenho, mesmo considerando-se a simplicidade do projeto, é muito bom.

Seu objetivo maior é o de servir de instrumental para uma aula de 2º. Grau, de modo que os alunos:

- a) desenvolvam suas habilidades, construindo um coletor solar;
- b) entendam como ocorre a captação da energia solar e sua transferência para o líquido, aquecendo-o;
- c) obtenham água aquecida no reservatório térmico;
- d) proponham modificações que melhorem o desempenho do sistema construído.

Propositalmente, itens de importância como isolamento térmico, medidas de temperatura, ângulo de inclinação do coletor e posicionamento dele, foram deixados de lado, para simplificar o projeto. Sua importância deverá ser discutida com os alunos.

## Material

Os materiais necessários são os seguintes:

- uma bandeja pequena (metálica) retangular ou forma para bolo pequena (de alumínio);
- um pedaço de vidro (espessura 2 mm) de dimensões compatíveis com as da bandeja;
- uma lata vazia, tipo de leite em pó;
- 70 cm de mangueira plástica fina (1/4”);
- 4 pedaços (3 cm de comprimento cada) de tubinho de alumínio (vareta de antena de TV);
- tinta preto-fosco;
- Durepoxi normal (secagem lenta).

## Método

### Coletor

Devem ser feitos 2 furos no fundo da bandeja (ou forma) próximos às extremidades. Instalam-se 2 tubinhos de alumínio fixando-os dentro e fora com Durepoxi\*.

Em seguida o interior da bandeja deve ser pintado\*\* com tinta preto-fosco (2 demãos).

Após a pintura instala-se o vidro, que deve ser cortado de modo a encaixar-se corretamente na bandeja. É importante que a distância entre o fundo da bandeja e o vidro seja pequena. Para obter isso, podem ser usados espaçadores com cerca de 4 mm de espessura, que devem ser colocados nos cantos da bandeja. Sobre eles depositar-se o vidro. O vidro deve ser colocado nas bordas da bandeja, usando-se o Durepoxi. Ela deve ser bem aplicada, tomando o cuidado de evitar frestas, por onde possam ocorrer vazamentos.

Na Fig. 1 temos um esquema do nosso coletor.

### Reservatório térmico

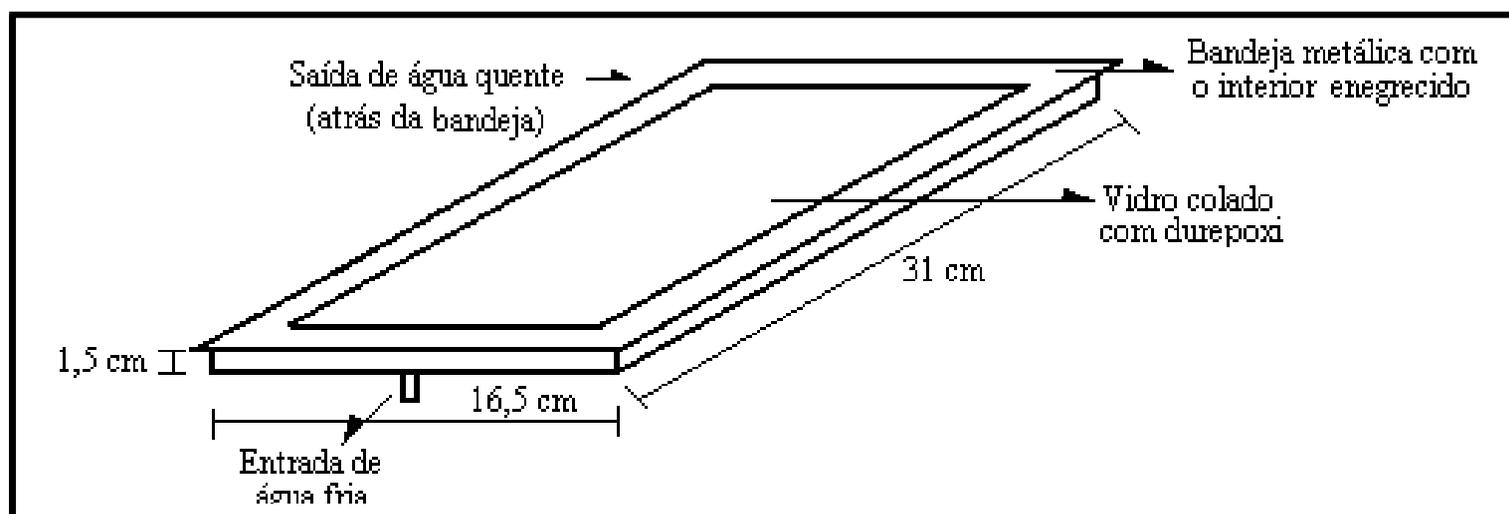
---

\* Para facilitar o trabalho de misturar os componentes da Durepoxi, podem ser usadas algumas gotas de água. Do mesmo modo, após a aplicação dessa massa, é possível moldá-la, umedecendo os dedos e dando melhor acabamento.

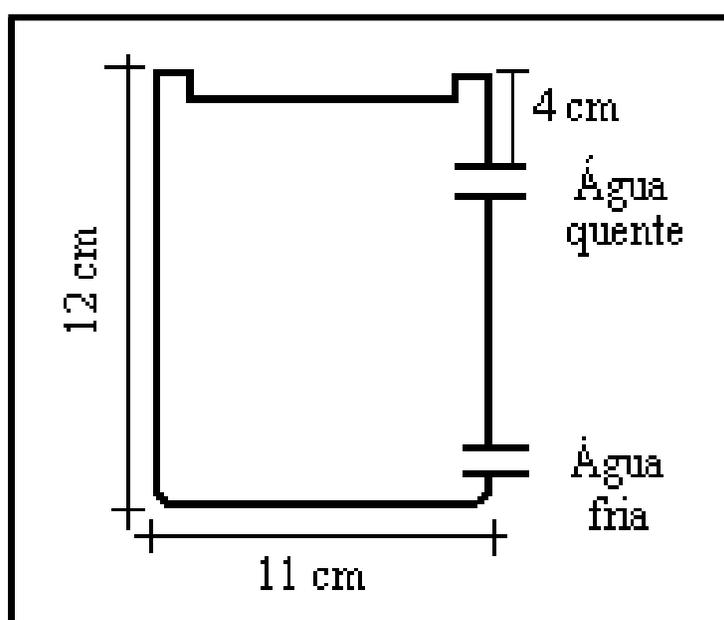
\*\* Para melhorar a aderência da tinta, recomendamos que, antes da pintura, o interior seja limpo com álcool ou, preferencialmente, com thinner.

Para o reservatório, devem ser feitos 2 furos na lateral da lata, onde serão fixados com Durepoxi os outros 2 caninhos de alumínio.

Um deles (o que servirá como entrada de água quente) deve ser fixado pouco acima da metade da lata, enquanto que o outro (saída de água fria), bem próximo do fundo.



*Fig. 1 – Esquema do coletor*



*Fig. 2 – Esquema do reservatório*

#### Montagem do sistema

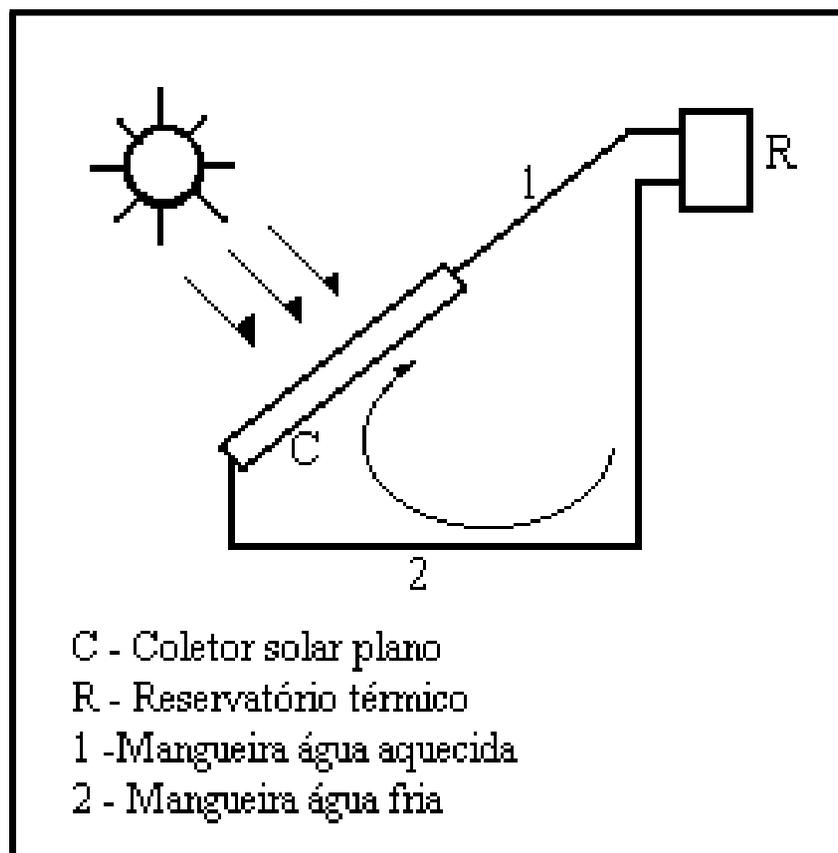
O coletor deve ser acoplado ao reservatório por meio das mangueiras plásticas. Ligar o caninho de cima do coletor ao caninho de cima do reservatório (água quente) e o caninho de baixo do coletor ao caninho de baixo do reservatório (água fria).

O reservatório deve ser posicionado um pouco acima do nível do coletor.

Encher\* o sistema com água (ele conterá pouco mais de 1 litro) e verificar se não existem bolhas de ar nas mangueiras de ligação. Se houver, devem ser eliminadas, já que podem interromper o processo de circulação da água e, conseqüentemente, o aquecimento no reservatório.

### Funcionamento

Os processos de troca de calor (radiação, convecção e condução) envolvidos no funcionamento do nosso sistema podem ser resumidos com o auxílio do seguinte esquema:



*Fig. 3 – Ciclo convectivo*

A radiação solar incide na cobertura transparente do coletor. A parcela que é transmitida através dela, e da camada de água atinge o fundo do coletor enegrecido. O fundo metálico se aquece e a água que está em contato com ele também é aquecida (por condução).

---

\* Não é necessário que o coletor fique completamente preenchido com água. O importante é que o nível de água ultrapasse o orifício da canino superior do coletor.

Com isso, essa água torna-se “mais leve” (menos densa) e tende a se acumular na parte superior do coletor. Por intermédio da mangueira de ligação nº 1 (saída de água quente), ela é conduzida ao reservatório, ficando armazenada na parte superior do mesmo. A água que é aquecida no coletor é substituída por água fria, “mais pesada” (mais densa), que sai da parte inferior do reservatório (através da mangueira nº 2) e entra pela parte de baixo do coletor. Novamente ocorre troca de calor entre o fundo do nosso coletor e a água, tornando-se “mais leve”. Dessa maneira ela se movimenta, acumulando-se na parte superior do reservatório. Esse ciclo, que chamaremos de ciclo convectivo, repete-se continuamente. Após algum tempo, teremos uma quantidade apreciável de água quente armazenada no reservatório.

A cobertura transparente tem a função de diminuir as perdas de calor, devido à convecção. Além disso, serve para provocar o “efeito estufa” no interior do coletor. Esse efeito deve-se à propriedade apresentada pelo vidro de barrar a radiação infravermelha, retendo-a no interior do coletor. Com isso a temperatura interna da água aumenta ainda mais, favorecendo o desempenho do sistema.

Os coletores residenciais geralmente empregam trocadores de calor na forma de tubos, fixados em uma placa absorvedora de radiação. Seu mecanismo de funcionamento é, basicamente, o mesmo que descrevemos. A diferença está no fato de que a radiação solar incide na placa absorvedora que aliada ao “efeito estufa”, aquece os tubos. A água circula dentro desses tubos e “rouba calor” deles, aquecendo-se. Isso provoca alteração na sua densidade, fazendo com que ela circule pelo sistema, e estabeleça o ciclo convectivo.

### Resultados experimentais

Embora o objetivo final de nosso equipamento seja apenas o de obter água aquecida no reservatório, para um resultado quantitativo de seu desempenho, fizemos algumas medidas.

Instalamos um termômetro na tampa do reservatório, de modo que pudemos medir a temperatura média ( $T_R$ ) da água do reservatório à medida que o tempo transcorria.

Na Fig. 4, apresentamos o resultado da variação de  $T_R$  em função do tempo, tendo como fonte de radiação o Sol.

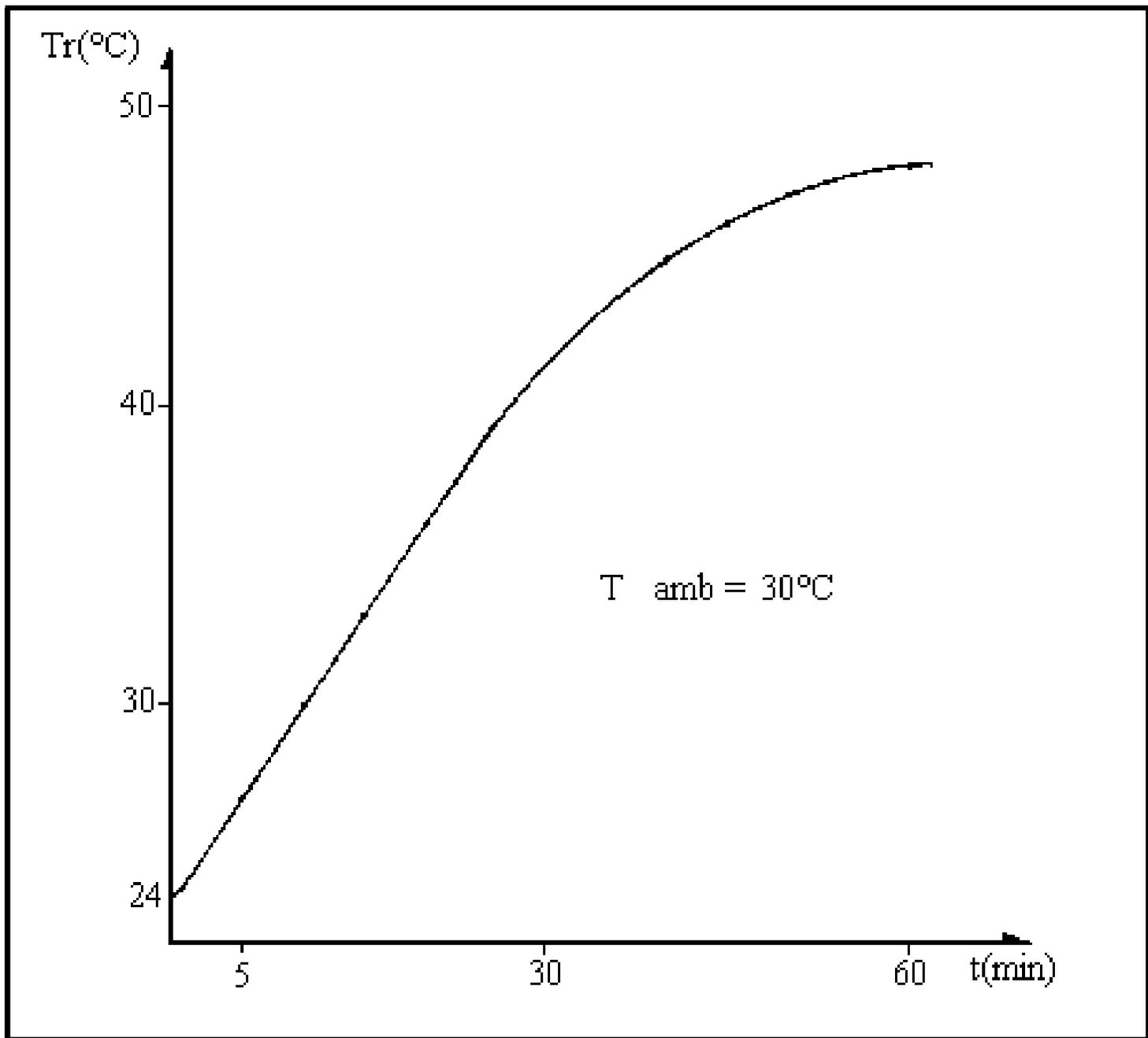
O sistema mostra uma rápida resposta à radiação. Nos primeiros 30 minutos de operação, a declividade da curva fornece uma variação de  $0,6^\circ\text{C}/\text{min}$ . Nota-se uma tendência à estabilização na temperatura de

48°C, atingida após uma hora de exposição ao Sol. A temperatura ambiente na ocasião do teste era de 30°C. Na Fig. 5 temos a variação temporal de  $T_R$ , usando uma lâmpada comum de 200 watts como fonte de radiação. A temperatura ambiente era de 27°C.

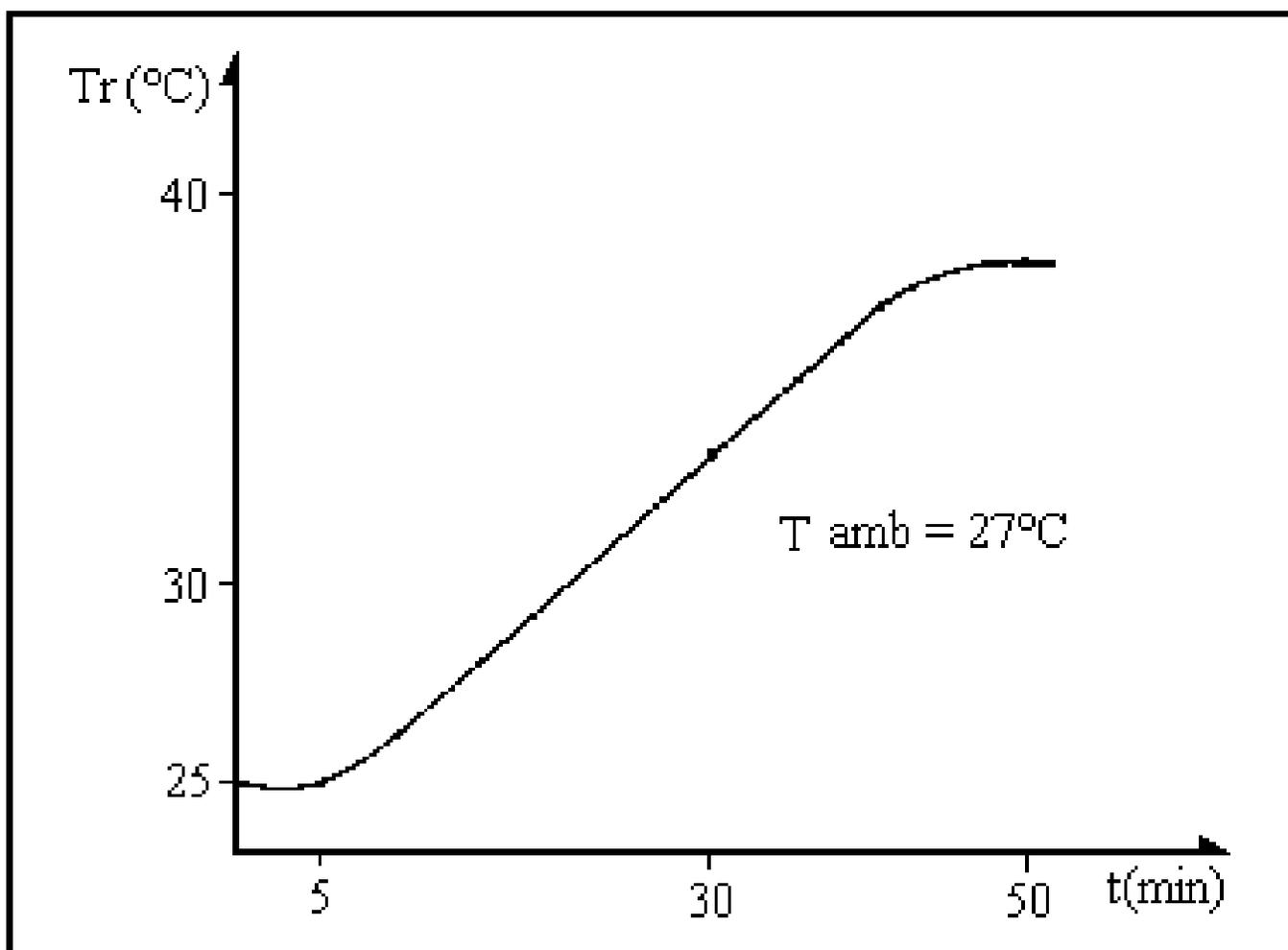
A resposta nessa situação foi mais lenta. A declividade da curva fornece uma variação de 0,36°C/min. A temperatura de estabilização situou-se em 38°C, atingida cerca de 50 minutos após o início das medidas.

A fotografia a seguir mostra o sistema que montamos no qual foram feitas as medidas.





*Fig. 4 – Fonte de radiação: Sol*



*Fig. 5 – Fonte de radiação: lâmpada de 200 W*