

O Forno Solar na Escola Secundária

ANTÓNIO GAMA e ARTUR MARQUES DA COSTA

Colégio Militar, Largo da Luz, 1699 Lisboa Codex

A actividade aqui descrita, de projecto e construção de um forno solar com fins didácticos, foi desenvolvida por alunos do ensino secundário, da área vocacional de Mecanotecnica, integrada num projecto interdisciplinar. Faz parte dum trabalho mais vasto para despertar o interesse dos alunos pelas energias renováveis. Houve a preocupação de usar tecnologias acessíveis aos jovens alunos e de execução relativamente fácil em escolas com salas de aula minimamente preparadas para trabalhos oficinais ou outras disciplinas da área vocacional. O trabalho pode também, eventualmente, ser realizado por alunos que se organizem em actividades circum-escolares, como Clubes de Ciência, Associações de Estudantes, etc.

Forno solar

A construção dum forno solar, o primeiro trabalho realizado pelos nossos alunos, reveste-se de características muito motivadoras, já que os seus efeitos e aplicações se constatarem de imediato. É curioso ver o entusiasmo dos alunos, num dia soalheiro, a assarem as peças de fruta num forno construído por eles, numa forma tão económica.

O forno, bastante elementar, consta essencialmente dum espaço limitado por paredes de material isolante (com um revestimento interior negro baço) e por uma porta em vidro duplo que provoca o efeito «de estufa», no qual se baseia o funcionamento do forno.

Efectivamente, a superfície de vidro, orientada para o sol, é uma autêntica «ratoeira» da radiação solar [1]. Quando entramos dentro

de um carro, que esteve exposto ao sol durante algum tempo, o que sentimos? Estas duas situações são idênticas do ponto de vista físico e são a constatação do referido «efeito de estufa».

Como a área de vidro não é muito grande e queremos aumentar a «captação» de radiação, servimo-nos dum reflector plano colocado na parte superior do forno, com uma orientação regulável, que pode também funcionar (quando se desejar) como tampa do forno. Poderíamos ainda aumentar a área de captação (e portanto o efeito térmico) com superfícies reflectoras laterais ou outras, convenientemente orientadas.

No interior do forno, cuja temperatura é lida num termómetro, observam-se valores máximos muito vizinhos dos 80-90°C. A observação e registo da temperatura permite que os alunos realizem gráficos, por exemplo, do tipo temperatura-tempo (hora do dia) ou temperatura-tempo (até à obtenção da temperatura máxima). A partir da análise destes gráficos os alunos poderão fazer cálculos energéticos simples e familiarizar-se com noções básicas sobre a utilização da energia solar [2-4].

Construção de um forno solar

Apresentamos, na Fig. 1, detalhes esquemáticos do forno, com a indicação da natureza dos materiais utilizados na sua construção, e algumas dimensões. Evidentemente que não se pretende que em projectos futuros os alunos fiquem vinculados a estes dados. Podem e até devem alterar a forma e a natureza dos materiais, de modo a concretizar as suas ideias.

A Fig. 2 dá-nos os detalhes para a construção e funcionamento da tampa reflectora. As dobradiças da porta (caixilho), assim como as da tampa (reflector), estão aparafusadas a uma peça rígida de madeira (6, Fig. 1b).

A tampa do forno, feita de aparite e material isolante coberto por papel de alumínio (reflector), tem uma superfície capaz de orientar a radiação solar para o interior do forno.

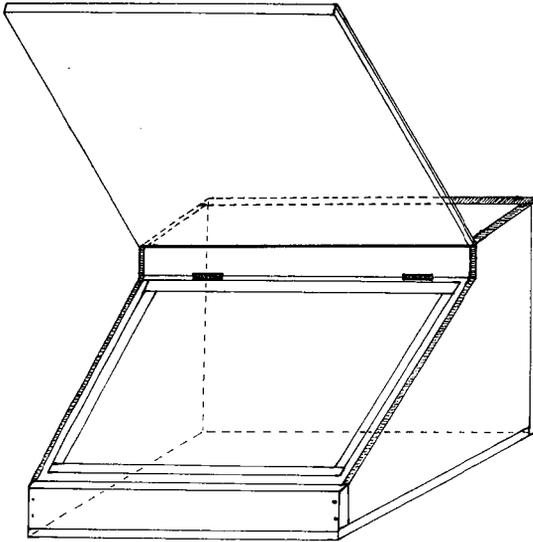


Fig. 1-a

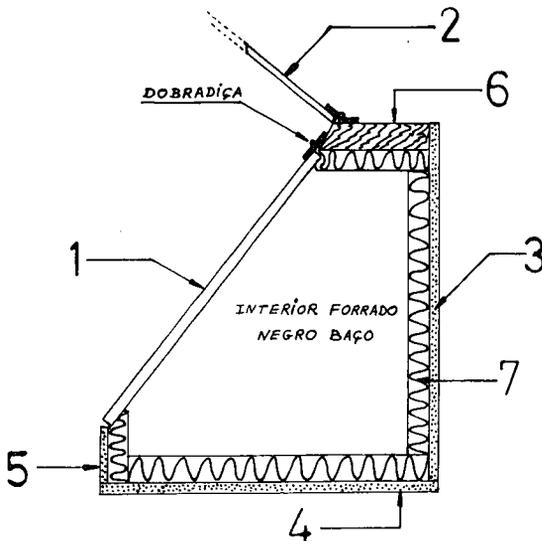


Fig. 1-b: 1—Caixilho de vidro duplo; 2—tampa com reflector (cf. fig. 2); 3, 4, 5—peças em aglomerado de madeira (aparite 10 mm); 6—peça em madeira de pinho; 7—isolamento em cortiça ou esferovite (espessura 40 mm).

A sua orientação (variação do ângulo) é feita por intermédio dum esticador, conforme se indica na Fig. 2. Esta tampa tem também a particularidade de poder manter o forno quente, desde que seja fechada correctamente.

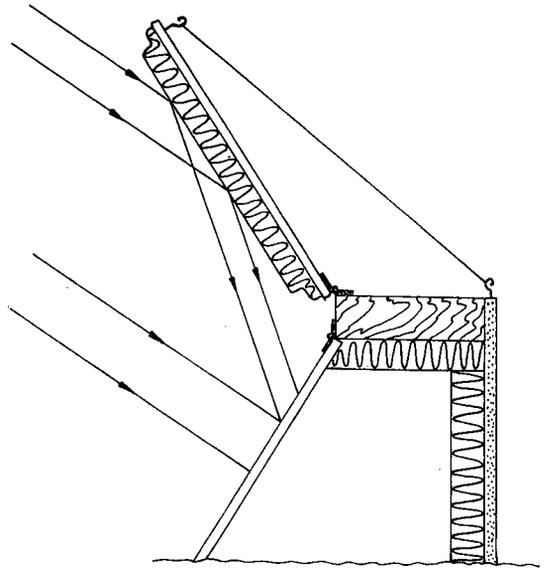


Fig. 2

Algumas questões para os alunos

1. Calcular o volume V do interior do forno construído, considerando a seguinte forma aproximada:

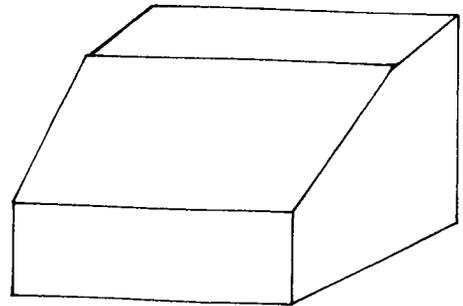


Fig. 3

2. Depois de ter exposto o forno ao sol, constatou-se que houve um aumento de temperatura ($\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$; θ_i , θ_f são as temperaturas inicial e final do forno, respectivamente).

- a) Calcule a energia ΔE (em calorias) correspondente ao aquecimento do ar contido no forno:

$$\Delta E = mc \Delta \theta, \quad m = V\rho_i,$$

em que ρ_i é a massa volúmica do ar à temperatura θ_i e à pressão normal (consultar o gráfico da Fig. 4) ⁽¹⁾ e c é o valor médio (no intervalo θ_i a θ_f) do calor específico mássico (ou capacidade calorífica específica do ar); este valor é, com suficiente exactidão, $c = 0,17 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ⁽²⁾.

- b) Expressar o resultado calculado em a), em Joule, unidade de energia do SI (1 cal = 4,18 J).

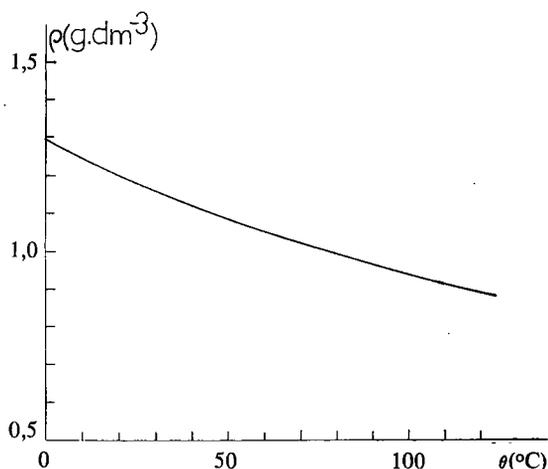


Fig. 4

3. Verificar que o resultado do problema anterior, $V\rho c \Delta\theta$, se exprime efectivamente numa unidade de energia.
4. a) Expor o forno ao sol, e de 5 em 5 min. ler e registar as temperaturas, durante uma hora. Construir, a partir destes valores, um gráfico temperatura-tempo.
- b) Calcular a potência média (expressa em Watt) recebida pelo ar do forno no intervalo de tempo considerado ($P = \Delta E/\Delta t$).
5. Suponhamos que a Escola dispõe de 2 fornos semelhantes.
- a) Construir um gráfico que mostre como varia a temperatura de um dos fornos,

no intervalo de tempo das 9h às 18h, mantendo-o *fixo*, por exemplo orientado para sul.

- b) Simultaneamente, proceder de modo análogo e construir outro gráfico para o segundo forno, tendo contudo o cuidado de o orientar de hora a hora, para que os raios solares tenham, para este segundo forno, uma incidência tão próxima quanto possível da incidência ortogonal ao seu vidro ⁽³⁾.
- c) Comparar e analisar os resultados obtidos nos dois gráficos.
6. Supondo que um consumidor paga por kWh 7\$00, calcular o que poupa quando utiliza o forno durante 3 horas. Utilizar o valor da potência média calculada em 4b).
7. A energia calculada em 2 pode levar uma dada massa de água da temperatura de 20°C até à temperatura de ebulição (100°C), à pressão normal. Qual é o valor dessa massa? (a capacidade calorífica específica c da água é $1,0 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).
8. Estando a energia radiante do Sol a atravessar continuamente o caixilho de vidro duplo, por que razão não aumenta indefinidamente a temperatura no interior do forno?

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. MALDONADO, *Gaz. Fis.*, **8**, 99 (Julho 1985).
- [2] J. BARLING, *Solar Fun Book*, Coles Pub. Co. Ltd., Toronto (1979).
- [3] B. LAZARDEUR, *A Face Oculta do Sol*, Via Editora, Lisboa (s/d).
- [4] *Energie Solaire Pratique*, no. hors-serie de Le Pont, Editions de la Lanterne, Lue (Novembro 1977).

⁽¹⁾ Admite-se que a pressão exterior (igual à pressão *inicial* no interior do forno, suposto estanque) é a pressão normal; a correcção necessária quando a pressão não for a normal é, em geral, insignificante.

⁽²⁾ Trata-se do calor específico a volume constante.

⁽³⁾ A incidência ortogonal só poderá ser conseguida se, para além da orientação azimutal, for possível rodar o forno em torno de um eixo horizontal.