

**Questão 13**

Recentemente, os arqueólogos do Reino Unido apresentaram novas evidências sobre a origem do círculo de pedras de Stonehenge, na Grã-Bretanha. Testes geoquímicos indicam que a maioria dos monumentos megalíticos compartilham uma origem comum a cerca de vinte e cinco quilômetros de distância, enquanto as pedras azuis menores podem ter sido trazidas de outro monumento que foi desmontado e movido duzentos e oitenta quilômetros.



- a) Observe o conjunto de pedras mostrado na figura A, e considere que a pedra na horizontal está em equilíbrio estático, sustentada pelas duas pedras verticais de mesma altura. A pedra horizontal é homogênea, estando a sua massa uniformemente distribuída ao longo do seu comprimento  $L = 4,0 \text{ m}$ . A força vertical  $\vec{F}_1$  indicada na figura A tem módulo igual a  $F_1 = 9,0 \times 10^4 \text{ N}$ . Suponha que uma das pedras verticais se rompa, gerando, imediatamente após a ruptura, o diagrama de forças mostrado na figura B. Na situação da figura A, a força peso – que age no centro de massa da pedra horizontal – produz um torque com módulo  $\tau_p$  em relação ao ponto O. O módulo do torque  $\tau_p$  é dado pelo produto do módulo da força peso  $P$  vezes a distância  $d$  do centro de massa ao ponto O. Calcule o módulo do torque resultante  $\tau_p$  na situação da figura B.
- b) Um mistério que permanece sobre o monumento de Stonehenge diz respeito ao modo como pedras tão pesadas teriam sido deslocadas, percorrendo grandes distâncias. Para ilustrar tal desafio, calcule o trabalho que deve ser realizado por uma força horizontal aplicada a uma pedra de massa  $M = 1,8 \times 10^4 \text{ kg}$  para arrastá-la, com velocidade constante, por uma distância  $d = 20 \text{ km}$  em contato com uma superfície horizontal de coeficiente de atrito cinético igual a  $\mu_c = 0,6$ . Sabendo que  $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$ , expresse sua resposta em kWh.

**RESPOSTA**

A) Para o equilíbrio inicial:

$$F_1 = F_2 \quad e \quad 2 \cdot F_1 = P$$

$$P = 18 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Para o caso da ruptura, temos:

$$\tau_p = P \cdot d = P \cdot \frac{L}{2} = 18 \cdot 10^4 \cdot 2 = 3,6 \cdot 10^5 \text{ N.m}$$

B) Para a velocidade ser constante, temos:

$$|W_F| = |W_{F_{at}}| = F_{at} \cdot d = \mu \cdot N \cdot d = 0,6 \cdot 1,8 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10^3 = 2,16 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Sabendo que  $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ .

$$\text{Logo o } |W_F| = \frac{2,16 \cdot 10^9}{3,6 \cdot 10^3} = 600 \text{ kWh}$$