

22-01-2022

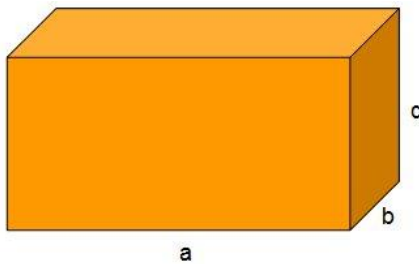
# US416

Grupo 45  
Bruno Ribeiro nº1201000  
Carlos Rodrigues nº1201001  
José Pessoa nº1201007  
Rita Lello nº1201240

## Determinação da energia necessária para manter um gradiente de temperatura, num espaço fechado:

**2.1.** Assim, e a título de exemplo, pretende-se saber qual a energia a fornecer, a cada contentor, numa determinada viagem, com uma temperatura exterior de 20°C, e um tempo de viagem de 2h30. Ou seja, para os valores dados:

- Determinar a energia total a fornecer, a um contentor com temperatura de funcionamento de 7 °C.
- Determinar a energia total a fornecer, a um contentor com temperatura de funcionamento de - 5 °C.



Sendo  $a = 6\text{m}$   $b = 2,438\text{m}$   $c = 2,436\text{m}$

Como a largura (b) e a altura (c) são muito idênticas então  $c = b$ , logo:

$$A_{Total} = 4 \times a \times b + 2 \times b^2$$

$$A_{Total} = 4 \times A_{lateral} + 2 \times A_{frontal}$$

$$A_{Total} = 4 \times 6 \times 2,438 + 2 \times 2,438^2 = 70,392\text{m}^2$$

a) No procedimento anterior calculamos a resistência do contentor de 7°C:

$R = 4,59 \text{ K/W}$  por metro quadrado

$$q = \frac{\Delta T}{R_{Total}} = \frac{(20-7)}{4,59} = 2,83 \text{ W por metro quadrado}$$

$$q_{Total} = q_{\text{por m}^2} \times A_{Total} = 2,83 \times 70,392 = 199,21 \text{ W}$$

Numa viagem de 2h30min temos que:

$$2\text{h}30\text{m} = 9000 \text{ s}$$

Portanto a energia necessária para manter o contentor com a mesma temperatura será:

$$E = 9000 \times 199,21 \cong 1,80 \times 10^6 \text{ J}$$

b) No procedimento anterior calculamos a resistência do contentor de -5°C:

$R = 7,00 \text{ K/W}$  por metro quadrado

$$q = \frac{\Delta T}{R_{Total}} = \frac{(20-(-5))}{7,00} = 3,57 \text{ W por metro quadrado}$$

$$q_{Total} = q_{\text{por m}^2} \times A_{Total} = 3,57 \times 70,392 = 251,30 \text{ W}$$

Numa viagem de 2h30min temos que:

$$2\text{h}30\text{m} = 9000 \text{ s}$$

Portanto a energia necessária para manter o contentor com a mesma temperatura será:

$$E = 9000 \times 251,30 \cong 2,26 \times 10^6 \text{ J}$$

**2.2.** Considerando agora, uma embarcação (porta-contentores), pretende-se saber qual a energia total a fornecer, ao conjunto de contentores, numa determinada viagem estabelecida, admitindo que todos os contentores têm o mesmo comportamento.

- a) Saber o tempo de viagem.
- b) Saber a temperatura da viagem, ou de secções da viagem.
- c) Determinar a energia total a fornecer, ao conjunto de contentores com temperatura de funcionamento de 7 °C.
- d) Determinar a energia total a fornecer, ao conjunto de contentores com temperatura de funcionamento de - 5 °C.

c) Numa viagem de 1h temos que:

$$1h = 3600s$$

Portanto a energia necessária para manter a temperatura em cada contentor será:

$q_{Total} = 199,21 \text{ W}$  vindo da alínea anterior

$$E = 3600 \times 199,21 \cong 7,17 \times 10^5 J$$

Neste navio há 3 contentores, logo a energia necessária para manter a temperatura dos 3 contentores é:

$$E_{Total} = 7,17 \times 10^5 \times 3 \cong 2,15 \times 10^6 J$$

d) Numa viagem de 1h temos que:

$$1h = 3600s$$

Portanto a energia necessária para manter a temperatura em cada contentor será:

$q_{Total} = 251,30 \text{ W}$  vindo da alínea anterior

$$E = 3600 \times 251,30 \cong 9,05 \times 10^5 J$$

Neste navio há 3 contentores, logo a energia necessária para manter a temperatura dos 3 contentores é:

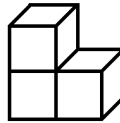
$$E_{Total} = 9,05 \times 10^5 \times 3 \cong 2,72 \times 10^6 J$$

**2.3.** Nesta situação, pretende-se saber qual a energia a fornecer à carga de contentores, numa viagem (ou rota), em função da posição dos contentores no navio. Admitindo que os contentores interiores, ou os lados não expostos diretamente ao “sol” (ou se quiserem à vista), mantêm a temperatura inicial, ou de partida. Mas, as faces expostas, podem apresentar variações de temperatura ao longo da viagem.

- a) Saber o tempo de viagem.
- b) Saber as temperaturas das secções de viagem.

- c) Saber quantos lados de cada contentor estão sujeitos a variação de temperatura.
- d) Determinar a energia necessária para uma viagem dos contentores a temperatura de 7 °C, em função da sua posição na carga.
- e) Determinar a energia necessária para uma viagem dos contentores a temperatura de -5 °C, em função da sua posição na carga.

Tanto para os contentores de 7°C como para os de -5°C iremos usar uma viagem de 1h com uma temperatura exterior de 20°C, com 3 contentores em que um tem 5 faces expostas (3 laterais e 2 frontais), um com 4 faces expostas (2 laterais e 2 frontais) e um com 3 faces expostas (1 lateral e 2 frontais), como representado no seguinte esquema.



$$A_{Total\ exposta} = (3 + 2 + 1) \times A_{lateral} + (2 + 2 + 2) \times A_{frontal}$$

$$A_{lateral} = 6 \times 2,438 = 14,628m^2$$

$$A_{frontal} = 2,438 \times 2,438 = 5,94m^2$$

$$A_{Total\ exposta} = 6 \times 14,628 + 6 \times 5,94 = 123,41m^2$$

Para 7°C:

$$R = 4,59\ K/W\ \text{por metro quadrado}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R_{Total}} = \frac{(20 - 7)}{4,59} = 2,83\ W$$

$$q_{Total} = 2,83 \times 123,41 = 349,25\ W$$

Numa viagem de 1h temos 3600s, portanto a energia necessária para manter a temperatura dos contentores é:

$$E = 349,25 \times 3600 \cong 1,26 \times 10^6\ J$$

Para -5°C:

$$R = 7,00\ K/W\ \text{por metro quadrado}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R_{Total}} = \frac{(20 - (-5))}{7,00} = 3,57\ W$$

$$q_{Total} = 3,57 \times 123,41 = 440,57\ W$$

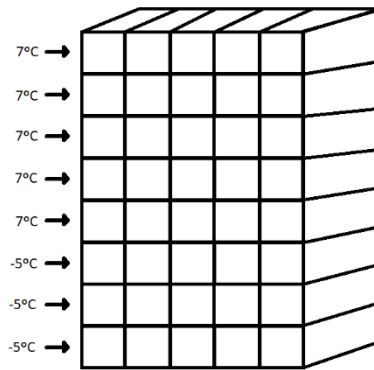
Numa viagem de 1h temos 3600s, portanto a energia necessária para manter a temperatura dos contentores é:

$$E = 440,57 \times 3600 \cong 1,59 \times 10^6\ J$$

**2.4.** Neste ponto, podemos admitir que a embarcação leva 25 contentores, em que a temperatura interior é de 7 °C, e 15 contentores com uma temperatura interior de -5 °C. E precisamos de saber quantos equipamentos auxiliares de energia são necessários para a viagem – podem considerar a viagem referida no ponto 2.3. Sabendo que cada equipamento auxiliar de energia fornece o máximo de 75 KW, cada. Assim:

- Saber o valor de energia necessário por tipo de contentor para uma viagem.
- Determinar a energia total necessária para a carga de contentores, numa dada viagem (ou rota), em função da sua posição na carga.
- Determinar quantos geradores, com a potência referida, são necessários, para a viagem.

Iremos usar uma viagem de 1h com temperatura exterior de 20°C, em que temos 25 contentores de 7°C e outros 15 de -5°C. Quanto aos contentores de 7°C temos 12 com 2 faces expostas (2 frontais), 11 com 3 faces expostas (1 lateral e 2 frontais) e 2 com 4 faces expostas (2 laterais e 2 frontais). Já os contentores de -5°C, temos 9 com 2 faces expostas (2 frontais) e 6 com 3 faces expostas (1 lateral e 2 frontais), como representado no seguinte esquema.



Para os de 7°C:

$$A_{Total} = 15 \times A_{lateral} + (25 \times 2) \times A_{frontal} = 15 \times 14,628 + 50 \times 5,94 = 516,42m^2$$

$$q_{Total} = q_{por\ m^2} \times A_{Total} = 2,83 \times 516,42 = 1461,47\ W$$

Para os de -5°C:

$$A_{Total} = 6 \times A_{lateral} + (15 \times 2) \times A_{frontal} = 6 \times 14,628 + 30 \times 5,94 = 265,97m^2$$

$$q_{Total} = q_{por\ m^2} \times A_{Total} = 3,57 \times 265,97 = 949,51\ W$$

$$q_{Total\ contentores} = 1461,47 + 949,51 = 2410,98\ W$$

$$\frac{2410,98}{75 \times 10^3} \cong 0.032$$

Logo será necessário apenas 1 gerador para fornecer energia para os contentores.