



PROJETO INTEGRADOR

US416

FSIAP

TEMA

Resistência e Energia – Térmica
Transferência de calor

Daniel Braga (1200801)

Pedro Alves (1201381)

Tiago Marques (1201276)

23/01/2022

Índice

Introdução.....	2
US 317 / US 318 - Escolha dos materiais a usar nas paredes dos contentores.....	2
Lista dos materiais avaliados.....	3
Materiais a usar num contentor para operar a 7°C.....	3
Materiais a usar num contentor para operar a -5°C.....	4
US 319 - Cálculo da resistência térmica.....	5
Resistência térmica de um contentor que opera a 7°C.....	5
Resistência térmica de um contentor que opera a -5°C.....	6
Análise dos dados obtidos.....	6
US412.....	7
Para 7 °C.....	7
Para -5 °C.....	8
US413.....	8
414 e 415.....	9
Conclusão.....	10
Referências.....	10

Introdução

Atualmente, o transporte de contentores quer por meio marítimo ou terrestre é uma atividade muito importante e que a maior parte dos mercados depende da mesma, pois é a principal forma de transferir mercadoria de grande porte de um local para outro.

Sendo assim, os contentores poderão levar vários tipos de mercadoria, todos com características diferentes. Uma característica a ter em conta será o meio de conservação, sendo que os contentores terão de garantir que a mercadoria chegue em bom estado ao destino.

Neste trabalho iremos abordar os tipos de materiais constituintes dos contentores, de forma a preservar dois diferentes tipos de mercadorias.



Figura 1 - Transporte marítimo de mercadorias

US 317 / US 318 - Escolha dos materiais a usar nas paredes dos contentores

Nesta secção, iremos indicar e explicar a nossa escolha quanto aos materiais a usar nas paredes dos contentores em dois casos distintos:

- O contentor manter temperaturas interiores máximas de 7°C;
- O contentor manter temperaturas interiores máximas de -5°C.

Para cada contentor, teremos que escolher 3 materiais a usar:

- No interior do contentor;
- Na camada intermediária;
- No exterior do contentor.

A avaliação dos materiais está intimamente associada à condutividade térmica dos mesmos, sendo que quanto menor for, menor será a capacidade de o material conduzir energia de forma rápida e eficiente, ou seja, o material será um bom isolador térmico.

Além disso, é preciso ter em conta que existe uma vastidão de materiais, e que cada um deles tem preço diferente, portanto é importante também levar em conta no momento da escolha dos materiais.

Lista dos materiais avaliados

Na tabela indicada nas referências está a lista utilizada para identificar materiais, juntamente com a condutividade térmica de cada um.

Materiais a usar num contentor para operar a 7°C

Os materiais escolhidos estão identificados na tabela seguinte, assim como a condutividade térmica de cada um:

	Nome do material	Condutividade térmica (W/mK)	Espessura (m)
Interior	Linóleo	0,17	0,050
Intermédio	Placa de fibra	0,10	0,140
Exterior	Aço inoxidável	15	0,041

Tabela 1 - Materiais a usar num contentor para operar a 7°C

Para o material no interior, foi escolhido linóleo, pois é indicado para revestimento de pisos e tem uma condutividade térmica relativamente baixa, ou seja, não é um bom condutor térmico.

Quanto ao material intermédio, achamos que a placa de fibra é um bom material pois, assim como o linóleo, apresenta uma baixa condutividade térmica. Quanto ao custo, achamos que é baixo e seria exequível aplicá-lo em contentores.

Por último, na nossa opinião, o aço inoxidável é o mais indicado para revestir exteriormente o contentor pois, apesar de não ter uma condutividade térmica baixa, tem um índice de dureza alto que contribui para a proteção da mercadoria presente no contentor.

Materiais a usar num contentor para operar a -5°C

Assim como o ponto anterior, os materiais escolhidos estão identificados na tabela seguinte, assim como a condutividade térmica de cada um:

	Nome do material	Condutividade térmica (W/mK)	Espessura (m)
Interior	Linóleo	0,17	0,050
Intermédio	Espuma de poliuretano (PUR)	0,03	0,150
Exterior	Aço inoxidável	15	0,041

Tabela 2 - Materiais a usar num contentor para operar a -5°C

Relativamente aos materiais usados no exterior e interior, achamos que não existe diferença para o caso anterior

Quanto ao material intermédio, achamos que a espuma de poliuretano, também conhecida por PUR, é um bom material pois apresenta uma baixa condutividade térmica (menor que a placa de fibra referida no ponto anterior). Em relação ao preço, é baixo e aplicável para esta situação.

US 319 - Cálculo da resistência térmica

Prosseguindo, iremos calcular a resistência térmica para os dois tipos de contentores, que é dada pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{l}{k \cdot A}$$

Dado que a disposição dos materiais pode ser considerada em série, podemos afirmar que a resistência térmica do conjunto será:

$$R_{conjunto} = R_{interior} + R_{intermédio} + R_{exterior}$$

Para efeitos de cálculo e comparação de resultados, iremos considerar que a área é de $1m^2$.

Resistência térmica de um contentor que opera a 7°C

Segundo os materiais escolhidos, então temos as 3 condutividades térmicas:

$$k_{interior} = 0,17 \text{ W/(mK)}$$

$$k_{intermédio} = 0,10 \text{ W/(mK)}$$

$$k_{exterior} = 15 \text{ W/(mK)}$$

Com isto, podemos calcular a resistência térmica de cada material:

$$R_{interior} = \frac{0,05}{0,17 \cdot 1} \approx 0,29 \text{ W/(m.K)}$$

$$R_{intermediário} = \frac{0,14}{0,10 \cdot 1} = 1,40 \text{ W/(m.K)}$$

$$R_{exterior} = \frac{0,041}{15 \cdot 1} \approx 0,0027 \text{ W/(m.K)}$$

Sendo assim, a resistência térmica do conjunto é:

$$R_{conjunto} \approx 0,29 + 1,4 + 0,0027 \approx 1,6927 \text{ W/(m.K)}$$

Resistência térmica de um contentor que opera a -5°C

Segundo os materiais escolhidos, então temos as 3 condutividades térmicas:

$$k_{interior} = 0,17 \text{ W}/(m.K)$$

$$k_{intermediário} = 0,03 \text{ W}/(m.K)$$

$$k_{exterior} = 15 \text{ W}/(m.K)$$

Com isto, podemos calcular a resistência térmica de cada material:

$$R_{interior} = \frac{0,05}{0,17 \cdot 1} \approx 0,29 \text{ W}/(m.K)$$

$$R_{intermediário} = \frac{0,15}{0,03 \cdot 1} \approx 5,00 \text{ W}/(m.K)$$

$$R_{exterior} = \frac{0,041}{15 \cdot 1} \approx 0,0027 \text{ W}/(m.K)$$

Sendo assim, a resistência térmica do conjunto é:

$$R_{conjunto} \approx 0,59 + 5,00 + 0,0067 \approx 5,5967 \text{ W}/(m.K)$$

Análise dos dados obtidos

Como registamos nos pontos acima, o valor da resistência térmica dos contentores que suportam uma temperatura interna máxima de 7°C é menor do que o valor da resistência térmica dos que suportam uma temperatura interna máxima de -5°C.

Na nossa opinião, os valores estão de acordo com os esperados, pois, quanto maior a resistência térmica no contentor, maior será a capacidade de isolar termicamente a mercadoria. Sendo assim, os contentores que carregam mercadorias com temperaturas de conservação até -5°C isolarão melhor a temperatura interior que o outro tipo de contentores.

US412

Nesta US, pretendemos descobrir quanta energia temos de fornecer a cada contentor numa determinada viagem considerando uma temperatura exterior de 20 °C em 2h30 de viagem.

Para 7 °C

Num primeiro momento vamos calcular o fluxo de calor:

$$Q = K * A * \frac{(T_{exterior} - T_{interior})}{L} = A \frac{(T_{exterior} - T_{interior})}{\frac{L_{1,2,3}}{K_{1,2,3}}}$$

Consideramos as dimensões de um contentor as seguintes:

6x2.44x2.59 (comprimento x largura x altura)

A secção transversal de área (A) = 4 * Área lateral + 2 * Área frontal

$$A = 4 * 6 * 2.59 + 2 * 2.44 * 2.59 = 74.80 m^2$$

Substituindo-se os valores:

$$Q = 74.80 * \frac{(20-7)}{\left(\frac{0,29}{0,17} + \frac{1,40}{0,10} + \frac{0,0027}{15}\right)} = 74.80 * \frac{13}{15,71} = 61.90 \text{ W}$$

De seguida vamos calcular a Energia a fornecer. Usamos a seguinte fórmula:

$$E = Q * t$$

Substituindo os valores:

$$E = 61.90 * (2,5 * 3600) = 557071.93 \text{ J}$$

Para -5 °C

Substituindo-se os valores na fórmula de cálculo do fluxo de calor:

$$Q = 74.8 * \frac{(20+5)}{\left(\frac{0,29}{0,17} + \frac{1,40}{0,10} + \frac{0,0027}{15}\right)} = 78.8 \frac{25}{15,71} = 119.03 \text{ W}$$

Substituindo os valores na fórmula de cálculo da energia fornecida:

$$E = 119.03 * (2,5 * 3600) = 1071292.17 \text{ J}$$

US413

O objetivo desta US é saber o total de energia a ser fornecida a um conjunto de contentores de um certo Ship assumindo que os contentores têm as mesmas características.

Consideramos a temperatura média externa 17 °C considerando um período de 5h(t=18000s).

$$Q_{7^{\circ}\text{C}} = A \frac{(T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}})}{\frac{L_{1,2,3}}{K_{1,2,3}}} = 74.8 * \frac{(17 - 7)}{\frac{0.041}{15} + \frac{0.15}{0.03} + \frac{0.05}{0.17}} = 141.22 \text{ W}$$

$$Q_{-5^{\circ}\text{C}} = A \frac{(T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}})}{\frac{L_{1,2,3}}{K_{1,2,3}}} = 74.8 \frac{(17 + 5)}{\frac{0.041}{15} + \frac{0.15}{0.03} + \frac{0.05}{0.17}} = 310.68 \text{ W}$$

Consideremos 100 contentores, sendo que metade deles têm uma temperatura interior de 7 °C e os restantes -5°C.

$$Q_{50,7^{\circ}\text{C}} = 50 * 141.22 = 7061 \text{ W}$$

$$Q_{50,-5^{\circ}\text{C}} = 50 * 310.68 = 15534 \text{ W}$$

Calculou-se de seguida a energia total a fornecer:

$$E_{50,7^{\circ}\text{C}} = Q_{50,7^{\circ}\text{C}} * t = 7061 * 18000 = 127098000 \text{ J}$$

$$E_{50,-5^{\circ}\text{C}} = Q_{50,-5^{\circ}\text{C}} * t = 15534 * 18000 = 279612000 \text{ J}$$

414 e 415

O objetivo da US414 é saber a quantidade de energia necessária a fornecer aos contentores durante uma viagem.

Consideramos 100 contentores à temperatura média externa 17 °C considerando um período de 5h($t=18000s$). Relativamente à temperatura interna de cada contentor, metade encontram-se a 7 °C, os restantes a -5°C.

Neste caso, consideramos que os contentores que têm temperatura interior de -5 °C, têm um lado exposto ao sol enquanto os restantes têm 2 lados expostos diretamente ao sol na viagem.

X: número de lados expostos

$$Q = x * A * \frac{(T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}})}{\frac{L_{1,2,3}}{K_{1,2,3}}}$$

$$Q_{50,7^{\circ}\text{C}} = 50 * 2 * 6 * 2.59 * \frac{(17 - 7)}{\frac{0.041}{15} + \frac{0.15}{0.03} + \frac{0.05}{0.17}} = 989.18W$$

$$Q_{50,-5^{\circ}\text{C}} = 50 * 1 * 6 * 2.59 * \frac{(17 + 5)}{\frac{0.041}{15} + \frac{0.15}{0.03} + \frac{0.05}{0.17}} = 1088.10W$$

Calculou-se de seguida a energia total a fornecer:

$$E_{50,7^{\circ}\text{C}} = Q_{50,7^{\circ}\text{C}} * t = 989.18 * 18000 = 17805219.61J$$

$$E_{50,-5^{\circ}\text{C}} = Q_{50,-5^{\circ}\text{C}} * t = 1088.10 * 18000 = 19585741.57J$$

$$E_t = E_{50,7^{\circ}\text{C}} + E_{50,-5^{\circ}\text{C}} = 37390961.18J$$

De seguida, para a US415 descobriremos a quantidade de equipamentos auxiliares de energia são necessários para a viagem, sabendo que cada um produz 75KW.

$$E_{\text{equipamento}} = 75 * 10^3 * 18000 = 1350000000J$$

$$\text{Numero de equipamentos} = \frac{E_t}{E_{\text{equipamento}}} = \frac{37390961.18}{1350000000} = 0.028$$

Em suma, é apenas necessário 1 equipamento gerador de energia.

Conclusão

Desde já, este relatório permitiu-nos solidificar conhecimentos quanto ao tema abordado (resistência e condutividade térmica).

Desses conhecimentos adquiridos, salientamos que para uma maior eficiência térmica, ou seja, para que haja menos influência da temperatura exterior no interior do contentor, é necessário que a condutividade térmica dos materiais que constituem as paredes do contentor seja baixa.

Além disso, concluímos também que quanto maior a resistência térmica, maior é o isolamento térmico.

Referências

Condutividade térmica – Wikipédia, a enciclopédia livre. (n.d.). Retrieved December 22, 2021, from https://pt.wikipedia.org/wiki/Condutividade_térmica

Protolab - Tabela de Condutividade Térmica de Materiais de Construção. (n.d.). Retrieved December 22, 2021, from <http://www.protolab.com.br/Tabela-Condutividade-Material-Construcao.htm>