A thick dark grey vertical bar is on the left. A red arrow points right from it, containing the date. Below the arrow, several thin, curved lines in black and grey sweep upwards from the bottom left.

03-01-2022

Projeto Integrador

US 320

FSIAP – Física Aplicada

2DJ – Grupo 96:

- ✓ Tiago Ferreira (1200601)
- ✓ Mariana Lages (1200902)
- ✓ Eduardo Sousa (1200920)
- ✓ Miguel Jordão (1201487)

Índice

1.1	Conjunto de materiais usar em um contentor para operar a temperaturas de 7° C	2
1.2	Conjunto de materiais usar em um contentor para operar a temperaturas de -5° C	4
1.3	Resistência térmica para cada temperatura de funcionamento	5
	Bibliografia	7

1.1 Conjunto de materiais usar em um contentor para operar a temperaturas de 7° C

➤ Paredes exteriores: Aço inox

O aço inoxidável ou inox é uma liga de ferro e cromo, podendo conter também níquel, molibdênio e outros elementos, que apresenta propriedades físico-químicas superiores aos aços comuns, sendo a alta resistência à oxidação atmosférica a sua principal característica.

O mesmo, apresenta vários aspetos essenciais para satisfazer as necessidades solicitadas, entre as quais: resistência a temperaturas criogênicas (abaixo de 0 °C), resistência às variações bruscas de temperatura, relação custo/benefício favorável, baixo custo de manutenção, material reciclável, entre outras.

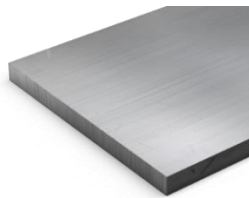


Figura 1 - Aço inox

- Condutividade térmica: 15 W/mK
- Espessura: 0,95 mm
- Preço: entre 1150€ e 1230€ por tonelada

➤ Camadas intermédias: Espuma de poliuretano

Poliuretano (sigla PU) é um polímero que compreende uma cadeia de unidades orgânicas unidas por ligações uretânicas. É amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastômeros duráveis e em adesivos de alto desempenho, em selantes, em fibras, vedações, gaxetas, preservativos, carpetes, peças de plástico rígido e tintas.

A espuma de poliuretano é conhecida por ser um material isolante de muito bom rendimento.



Figura 2 – Poliuretano

- Condutividade térmica: entre 0,022 e 0,035 W/mK
- Espessura: 30 mm
- Preço: aproximadamente 837€ por tonelada

➤ Paredes interiores: Contraplacado marítimo

O contraplacado é um painel constituído por finas folhas de madeira coladas e cruzadas perpendicularmente entre si sob ação de pressão a alta temperatura.

É um produto particularmente homogêneo, com excelentes características físicas e mecânicas, o que o torna muito estável, com pouca probabilidade de empeno e com uma excelente resistência em relação ao seu peso.



Figura 3 - Contraplacado marítimo

- **Condutividade térmica:** 0,13 W/mK
- **Espessura:** pode variar entre 4,5 mm e 19 mm
- **Preço:** entre 10€ e 25€ por metro cúbico

1.2 Conjunto de materiais usar em um contentor para operar a temperaturas de -5°C

➤ Paredes exteriores: Aço corten

É um tipo de aço cuja composição contém certos elementos (como o cobre, o crómio, o níquel, o fósforo, entre outros) que lhe melhoram as propriedades anticorrosivas e, por conseguinte, o tornam mais resistente à corrosão atmosférica. Trata-se de um subtipo do aço patinável.

Uma das suas principais características é a camada de óxido de cor avermelhada que se forma quando ocorre a exposição do aço aos agentes corrosivos do ambiente.



Figura 4 - Aço corten

- Condutividade térmica: 25 W/mK
- Espessura: entre 1,5 e 3 mm
- Preço: aproximadamente 215€ por tonelada

➤ Camadas intermédias: Poliestireno extrudido

O poliestireno extrudido é uma espuma rígida de poliestireno semelhante ao poliestireno expandido, mas obtida por um processo de extrusão em contínuo, muito leve e usada principalmente como isolante térmico, pela sua baixa densidade, devido à capacidade de conter as partículas dos gases expansores na sua estrutura de formação.

É um isolante com um excelente rendimento em baixa e média temperatura com fácil instalação, reduzindo ao máximo os custos de mão de obra. Possui na sua estrutura, uma barreira de vapor e um comportamento totalmente ignífugo.



Figura 5 - Poliestireno extrudido

- Condutividade térmica: 0,033 W/mK
- Espessura: entre 0,053 e 0,069 m
- Preço: aproximadamente 880€ por tonelada métrica

Para além do material anteriormente mencionado, existem outras opções que conseguiriam igualar a condutividade térmica do mesmo, como, por exemplo, lã de rocha. Mas, devido ao seu preço, optamos pelo poliestireno extrudido.

➤ Paredes interiores: Contraplacado marítimo

As razões pelas quais este material foi escolhido foram já mencionadas anteriormente.



Figura 6 - Contraplacado marítimo

- Condutividade térmica: 0,13 W/mK
- Espessura: pode variar entre 4,5 mm e 19 mm
- Preço: entre 10€ e 25€ por metro cúbico

1.3 Resistência térmica para cada temperatura de funcionamento

Utilizando a expressão:

$$R_t = \frac{L}{kA}$$

Onde:

- L – espessura do material (em metros)
- k – condutividade do material (em $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)
- A – área do material (em m^2)

Para contentores a 7° C:

$R_1 \rightarrow$ Aço inox

$$R_{t_1} = \frac{0,95 \times 10^{-3}}{15 \times 1} = \mathbf{6,33 \times 10^{-5} K/W}$$

$R_2 \rightarrow$ Poliuretano

$$R_{t_2} = \frac{30 \times 10^{-3}}{0,029 \times 1} = \mathbf{1,03 K/W}$$

NOTA: Para o valor de $k_{poliuretano}$, foi considerada uma média entre os valores mencionados nas características do material.

$R_3 \rightarrow$ Contraplacado marítimo

$$R_{t_3} = \frac{11,75 \times 10^{-3}}{0,13 \times 1} = \mathbf{9,04 \times 10^{-2} K/W}$$

NOTA: Para o valor de $L_{contraplacado}$, foi considerada uma média entre os valores mencionados nas características do material.

Assim:

$$R_{total} = R_{t_1} + R_{t_2} + R_{t_3} = 6,33 \times 10^{-5} + 1,03 + 9,04 \times 10^{-2} = \mathbf{1,12 K/W}$$

Para contentores a -5° C:

$R_4 \rightarrow$ Aço corten

$$R_{t_4} = \frac{2,00 \times 10^{-3}}{25 \times 1} = \mathbf{8,00 \times 10^{-5} K/W}$$

$R_5 \rightarrow$ Poliestireno extrudido

$$R_{t_5} = \frac{6,10 \times 10^{-2}}{3,30 \times 10^{-2} \times 1} = \mathbf{1,85 K/W}$$

NOTA: Para o material das paredes interiores, a resistência será igual ao valor de R_3 , visto que é o mesmo material, ou seja, com as mesmas características.

Assim:

$$R_{total} = R_4 + R_5 + R_3 = 8,00 \times 10^{-5} + 1,85 + 9,04 \times 10^{-2} = \mathbf{1,94 K/W}$$

Bibliografia

Aço inoxidável. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Wikipédia:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Aço_inoxidável

CAPÍTULO III – CONSTITUIÇÃO DE UM CONTENTOR. (22 de dezembro de 2021). Obtido de

<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3578/5/5-CAP3.pdf>

CONTRAPLACADO. (22 de dezembro de 2021). Obtido de AMARTINS: <https://www.a-martins.pt/paineis-contraplacado>

CORTEN STEEL – THE FACTS AND THE UNIQUE BENEFITS. (22 de dezembro de 2021). Obtido de IOTA:

<https://www.iotagarden.com/specifiers-area/corten-steel-the-facts-and-the-unique-benefits/>

Current Scrap Metal Prices. (22 de dezembro de 2021). Obtido de iScrap App:

<https://iscrapapp.com/prices/>

Determination of Optimum Insulation Thickness of Exterior Wall with Moisture Transfer in Hot Summer and Cold Winter Zone of China. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Science Direct:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815029008>

Frozen COOL CARGO. (22 de dezembro de 2021). Obtido de MakMax:

<http://www.taiyokogyo.com/fct/coolcargofz.html>

ISOLAMENTO TÉRMICO SOPRA XPS. (22 de dezembro de 2021). Obtido de SOPREMA GROUP:

<https://www.soprema.pt/pt/isolamento-termico-xps>

Isolamentos. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Corrige:

<https://www.corrige.pt/blogue/2018/3/7/isolamentos>

Marine plywood sizes. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Alibaba.com:

https://portuguese.alibaba.com/Popular/CN_marine-plywood-sizes-Trade.html

O que é o valor R – Fator de isolamento térmico – Definição. (22 de dezembro de 2021). Obtido de

Thermal Engineering: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-o-valor-r-fator-de-isolamento-termico-definicao/>

Optimization and microstructure analysis of Corten steel joint in mag welding by post heat treatment.

(22 de dezembro de 2021). Obtido de ScienceDirect:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319322163>

Optimum thickness of polyurethane according to insulation requirements. (22 de dezembro de 2021).

Obtido de Synthesia Technology: <https://blog.synthesia.com/en/the-optimum-thickness-of-the-polyurethane-according-to-insulation-requirements>

Plyco's Marine Plywood Dimensions. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Plyco:

<https://blog.plyco.com.au/marine-plywood-dimensions>

Poliuretano. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Poliuretano>

Polystyrene. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene>

Price of polystyrene (PS) worldwide from 2017 to 2020 with estimated figures for 2021 to 2022. (22 de dezembro de 2021). Obtido de statista: <https://www.statista.com/statistics/1171105/price-polystyrene-forecast-globally/>

Products & Services. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Protocase: <https://www.protocase.com/products/materials-components-finishes/materials/stainless-steel.php>

Solids, Liquids and Gases - Thermal Conductivities. (22 de dezembro de 2021). Obtido de The Engineering ToolBox: https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html

The Best Types of Shipping Container Insulation. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Discover Containers: <https://www.discovercontainers.com/5-methods-to-insulate-your-shipping-container-home/>

Thermal Conductivity of Polyurethane Foam. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Nuclear Power: <https://www.nuclear-power.com/nuclear-engineering/heat-transfer/heat-losses/insulation-materials/thermal-conductivity-of-polyurethane-foam/>

Thermal Conductivity Of Steel. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Thermtest Instruments: <https://thermtest.com/thermal-conductivity-of-steel>

US stainless steel scrap prices continue to slip. (22 de dezembro de 2021). Obtido de Fastmarkets: <https://www.metalbulletin.com/Article/3752808/US-stainless-steel-scrap-prices-continue-to-slip.html>

What Are The Components Of A High Quality Refrigerated Container? (22 de dezembro de 2021). Obtido de TRI-TAINER SERVICES: <http://tritainerservices.com.au/what-are-the-components-of-a-high-quality-refrigerated-container.html>