



FSIAP SPRINT 2

2023-2024

1220604 Rodrigo Correia
1220623 Carolina Sá
1220784 David Sousa
1221124 Tiago Carvalho

ÍNDICE

Introdução	2
Descrição	3
Noções Teórica.....	4
Condutividade Térmica	4
Resistência Térmica	5
USFA01	6
Estrutura	6
USFA02.....	10
Descrição	10
Paredes Exteriores	10
Telhado.....	11
Portas e Janelas	12
USFA03.....	13
Descrição	13
Paredes interiores	13
Portas de acesso	14

INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta todo o desenvolvimento do SPRINT 2 do Projeto Integrador, no terceiro semestre da Licenciatura em Engenharia Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto, no âmbito da disciplina Física Aplicada (FSIAP).

O projeto realizado consiste na pesquisa de um conjunto de materiais de uma estrutura idealizada e, também, o cálculo das resistências térmicas tendo em conta uma temperatura de funcionamento. Com vista à consecução dos objetivos delineados, recorreu-se às bases teóricas relativas à resistência térmica e ao fluxo de calor, feitas ao longo da unidade curricular e aplicadas no anterior trabalho intitulado "Resistência e Energia – Térmica". Efetuou-se uma investigação acerca de distintos tipos de materiais, a partir de um modelo fornecido previamente, concebendo-se uma estrutura que respeitasse os referidos atributos. Subsequentemente, procedeu-se à compilação de dados relativos às características técnicas dos materiais, focando nas temperaturas previamente estabelecidas, nomeadamente a sua condutividade térmica, permitindo calcular a resistência térmica da estrutura previamente selecionada.

No desfecho, foram elaboradas as conclusões do estudo empreendido, acompanhadas por propostas de melhorias suscetíveis de otimizar o trabalho e retificar os dados obtidos.

DESCRIÇÃO

No enunciado do Projeto Integrador, no âmbito da disciplina de Física Aplicada (FSIAP), partimos de uma estrutura já existente, composta por paredes de granito e um telhado de duas águas em telha de barro vermelho. O objetivo foi expandir este espaço, utilizando diferentes materiais, e alcançar uma estrutura final com dimensões de 150m² e telhado de inclinação dupla, mantendo a altura mínima de 4 metros na zona mais baixa da parede. O espaço interior, compreendendo as duas estruturas, foi dividido em cinco zonas, cada uma capaz de suportar diferentes temperaturas.

As características e áreas mínimas para cada zona são as seguintes:

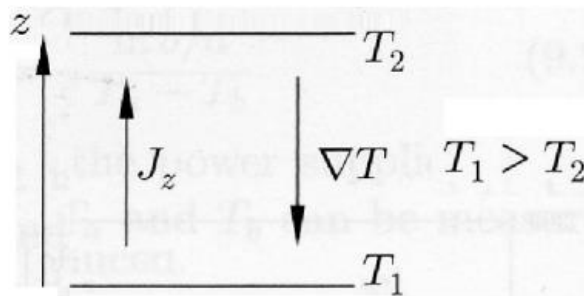
- **Zona A:** Porta de acesso e receção, com um contato direto com o exterior e uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura ambiente considerada, dado que é a zona preferencial de receção e distribuição para os restantes espaços.
- **Zona B:** Armazenamento, mantendo uma temperatura interior de -5 °C.
- **Zona C:** Temperatura interior de 0 °C.
- **Zona D:** Temperatura interior de 7 °C.
- **Zona E:** Não tem ligação interior às restantes, tendo apenas ligação direta ao exterior, mantendo uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura exterior que for considerada. Esta zona será associada ao armazenamento de produtos e/ou de excedentes de produção.

NOÇÕES TEÓRICA

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica é uma propriedade típica de um material, que corresponde à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma determinada espessura e área por unidade de diferença de temperatura. Assim, a condutividade térmica caracteriza a maior ou menor facilidade de transferência de calor. A capacidade de isolamento térmico é expressa pelo coeficiente de condutividade térmica (CCT). Um coeficiente menor denota uma capacidade de isolamento térmico superior.

Podemos definir calor como “energia térmica em trânsito”. O calor quantifica a transferência de energia térmica em resposta a um gradiente de temperatura, sendo que esta depende da condutividade térmica do material que, a uma dimensão, podemos ilustrar recorrendo à seguinte imagem:



O calor flui de zonas a maior temperatura para zonas a menor temperatura, em sentido oposto ao gradiente de temperatura. O fluxo de calor pode descrever-se pelo vetor densidade de corrente térmica \vec{J} , energia térmica que flui por unidade de tempo e de área. Assim, vemos que a componente em z de \vec{J} é

$$J_z = -k\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)$$

onde k é a chamada **condutividade térmica** do material. Em geral, a 3 dimensões \vec{J} relaciona-se com a temperatura como

$$\vec{J} = -k\nabla T$$

Esta não é uma lei universal, mas para a maioria dos metais e substâncias ‘boas condutoras de calor’ é bastante exata.

RESISTÊNCIA TÉRMICA

A resistência térmica, denotada por R , é definida como $\frac{\Delta x}{k \cdot A}$, onde Δx , k e A representam a espessura, a condutividade e a área do material, respectivamente, para uma diferença de temperatura, ΔT , na direção da corrente térmica.

Para calcular a resistência térmica, é possível utilizar uma analogia elétrica, dependendo da disposição dos materiais. Se o conjunto de materiais estiver disposto em série, a resistência térmica total (R_k) será a soma das resistências individuais ($R_a + R_b + \dots + R_x$), onde $R_a = \frac{L_a}{k_a \cdot A}$ e assim sucessivamente.

Caso o conjunto esteja disposto em paralelo, o cálculo da resistência térmica total passará a ser dado por $\frac{1}{R_k} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \dots + \frac{1}{R_x}$, onde o cálculo individual das resistências será o mesmo do apresentado previamente.

Deste modo, conclui-se que a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de temperatura e inversamente proporcional à resistência térmica, através da expressão $q = \left(\frac{Q}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta T}{R_t}$.

USFA01

Apresente um croqui de uma estrutura, que considere a estrutura inicial e a sua expansão, e as divisões internas:

- Esta estrutura terá uma porta grande, que possa subir, de dimensões a definir, mas que permita o acesso a um veículo de transporte de mercadorias, tipo furgão de grandes dimensões, e que dará acesso à zona de receção, zona A.
- A estrutura deve ter ainda uma outra porta de duas folhas, com dimensões a definir, que servirá exclusivamente para acesso à zona de armazenamento de produtos e/ou excedentes, zona E.
- A estrutura deve ter um mínimo de duas janelas, ambas com dimensões a definir. Uma posicionada na zona de receção, zona A, e a outra na zona de armazenamento, zona E.
- O interior será dividido em cinco espaços ou zonas, separados fisicamente por paredes e uma porta de acesso ao seu interior. Com exceção da zona de armazenamento, que só terá acesso pelo exterior.
- A sua disposição, dimensões individuais e portas de acesso são definidas pelos grupos.

ESTRUTURA

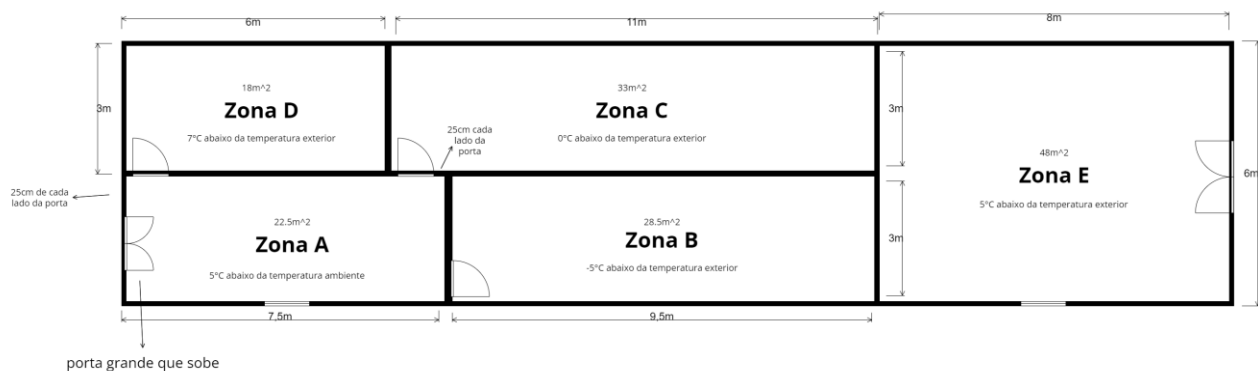


Figura 1 – Armazém: Planta

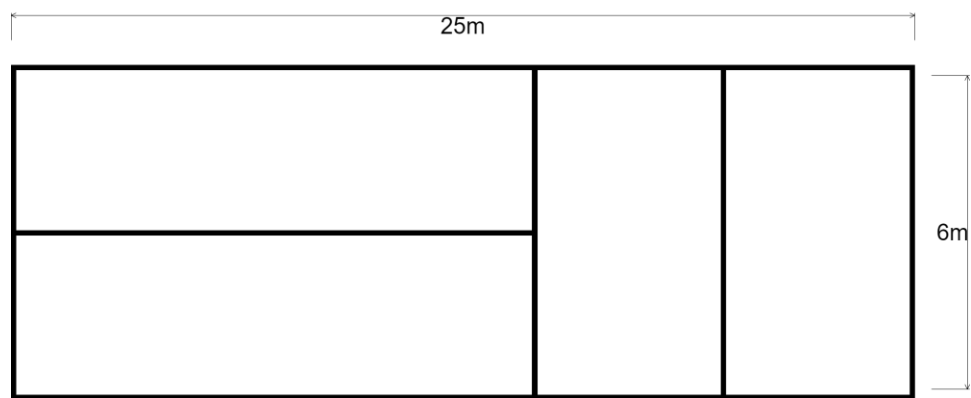


Figura 2 – Armazém: Vista Aérea

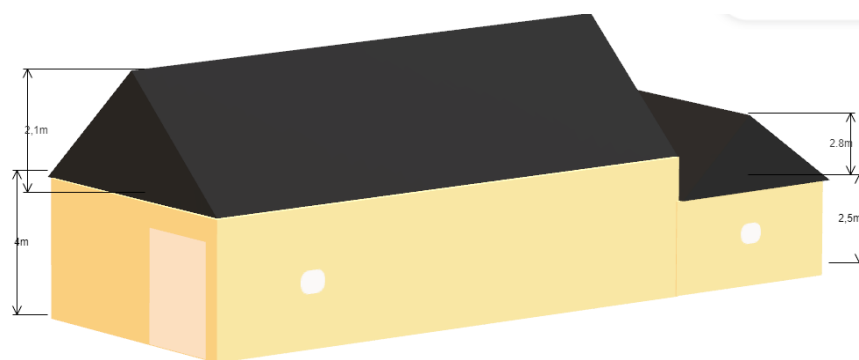


Figura 3 – Armazém: Vista Lateral Esquerda

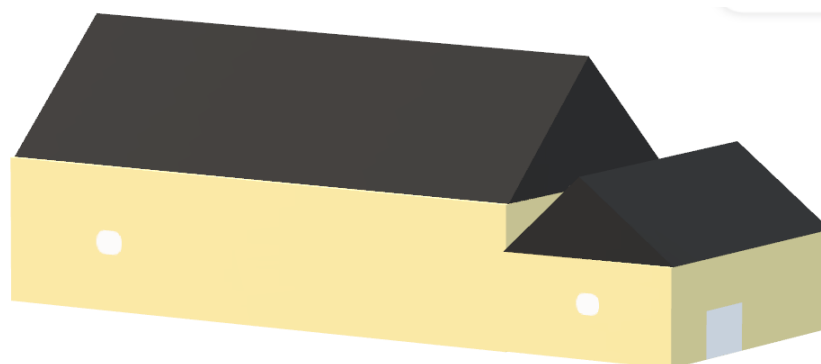


Figura 4 – Armazém: Vista Lateral Direita

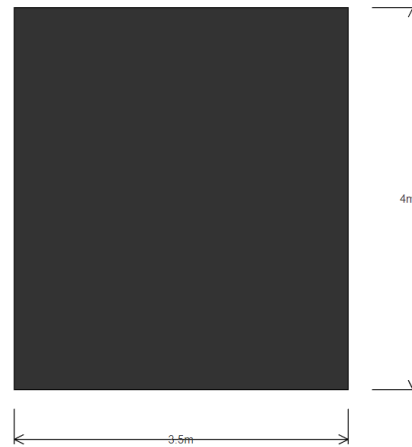


Figura 6 – Porta: Veículo de transporte de mercadorias

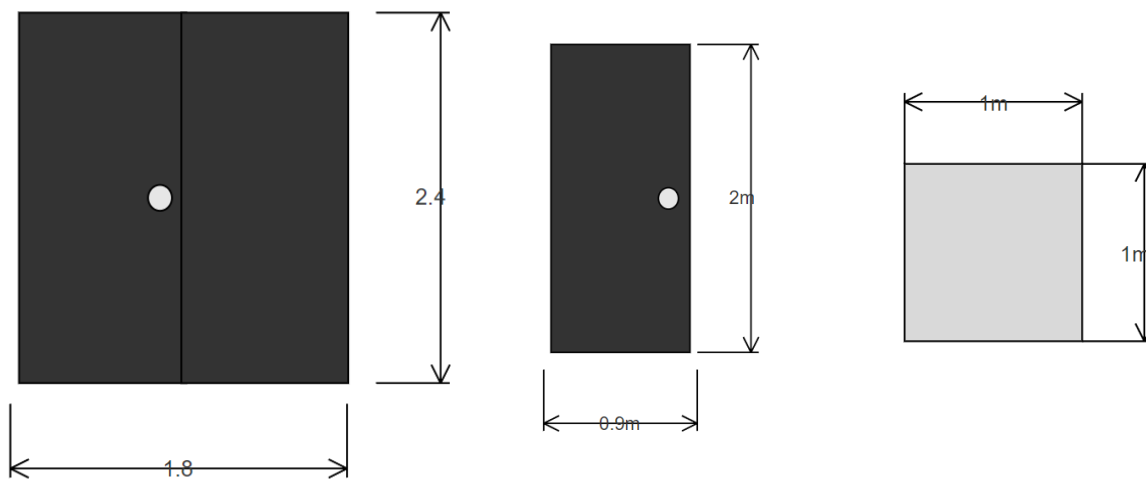


Figura 7 – Porta de Duas Folhas, Porta Interior e Janela

O armazém, de 25 metros de comprimento e 6 metros de largura, é constituído por cinco zonas principais.

A primeira zona permite o acesso, através de uma porta de garagem de 3,5 metros por 4 metros, a um veículo de transporte de mercadorias de grandes dimensões e serve também como uma área de receção, tendo, na sua totalidade uma área de 7 metros de largura e 4 metros de comprimento. Além disto, esta zona possui uma janela e três portas interiores de acesso às zonas B, C e D.

A zona E, com 8 metros de comprimento e 6 metros de largura, contem a porta de duas folhas, responsável pelo acesso exterior de toda a sua estrutura e uma janela.

A zona B tem 3 metros de comprimento e 10 de largura, a zona C tem 11 metros de comprimento e 3 de largura, e, a zona D tem 6 metros de comprimento e 3 de largura. Todas estas zonas têm uma porta de acesso à zona A, como referido anteriormente.

DESCRIÇÃO

Pretende-se saber qual o conjunto de potenciais materiais a usar nas paredes da estrutura de expansão e paredes interiores, assim como do respetivo telhado.

1. Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das paredes exteriores.
2. Quais as características térmicas e materiais, a usar no telhado.
3. Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das portas e janelas.

PAREDES EXTERIORES

As paredes exteriores, uma estrutura de três camadas, serão feitas com a técnica de alvenaria estrutural. Os materiais escolhidos foram tijolo cerâmico, sendo o revestimento exterior e interior e poliestireno expandido, como camada de divisão entre os tijolos.

Poliestireno expandido, também conhecido como EPS, é um material leve e isolante, normalmente utilizado como isolamento térmico dado à capacidade de reduzir transferência de calor.

$$K_{EPS} = 0.040 K \cdot W^{-1} \cdot m^{-1}$$

O tijolo cerâmico é um material usado como suporte de isolamento térmico em paredes construídas com a técnica de alvenaria estrutural. Além disso, é importante destacar o facto de ser um material economicamente vantajoso, permitindo a incorporação de um isolante térmico e acústico na camada central, como EPS.

$$K_{tijolo\ cerâmico} = 0.280 K \cdot W^{-1} \cdot m^{-1}$$

TELHADO

Para o telhado, selecionamos dois tipos de telhado.

Para o telhado da zona nova (A, B, C e D) utilizamos telha sanduíche com poliuretano para o revestimento do telhado, madeira laminada colada e cortiça para a estrutura.

O painel sanduíche com poliuretano (PU) oferece um isolamento eficiente devido à baixa condutividade térmica do agente espumante. Com a sua estrutura de célula fechada, resistência à corrosão e durabilidade de longo prazo (20 a 50 anos), proporcionam um excelente desempenho isolante. Além disso, a leveza, largura e finura dos painéis PU, combinadas com a sua resistência às intempéries, facilitam a instalação. A eficiência de produção e a estabilidade da qualidade tornam estes painéis uma escolha competitiva para construção e isolamento térmico.

$$K_{PU} = 0.023 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

A madeira laminada colada é um material reconhecido como um mau condutor térmico de modo a permitir uma manutenção de temperatura, impedindo que a estrutura não aqueça e/ou arrefeça tão facilmente. A sua composição laminar e resistência a substâncias químicas garantem desempenho superior contra humidade, evitando empenamento e torção.

$$K_{MLC} = 0.030 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

A cortiça é um excelente isolante térmico e é bastante leve, por isso providencia um bom ambiente para o local. Este material é resistente à água, fungos e insetos, aumentam a durabilidade da estrutura; também é um material sustentável dado que é natural, renovável e leve.

$$K_{cortiça} = 0.030 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Para o telhado da zona antiga (zona E), consideramos implementar telhas metálicas, aço galvanizado, com isolamento embutido como revestimento e, a madeira leve e cortiça, para a estrutura.

Telhas metálicas, aço galvanizado, com isolamento térmico: O aço galvanizado é aço revestido de zinco, tornando-o mais resistente e não corrosivo. A condutividade térmica destes materiais é alta, então foi adicionado um isolamento térmico, uma barreira eficaz contra as variações de temperatura.

$$K_{aço} = 52.0 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

$$K_{zinco} = 116 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

A madeira leve é reconhecida como um mau condutor térmico de modo a permitir uma manutenção de temperatura, impedindo que a estrutura não aqueça e/ou arrefeça tão facilmente.

$$K_{madeira\ leve} = 0.120 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

PORTAS E JANELAS

As janelas serão ambas definidas como janelas de vidro duplo. As janelas com vidro duplo incorporam dois vidros separados entre si por uma câmara de ar, proporcionando um maior isolamento térmico.

$$K_{ar} = 0.025 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

$$K_{vidro} = 1.00 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

$$K_{vidro\ duplo} = 2.70 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$$

A porta de acesso às zonas B, C e D, pela zona A, serão do tipo portas de PVC (cloreto de polivinil) de uma folha. Este material ajuda a porta a ser resistente à abrasão, baixa densidade, durabilidade, resistência a impactos, ao fogo e a baixa propensão à autocombustão devido aos átomos de cloro. Estes tipos de portas são economicamente acessíveis e 100% recicláveis. Uma das vantagens do material é que ele oferece isolamento térmico para os ambientes.

$$K_{PVC} = 0.200 \, W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$$

A porta de acesso à zona E pelo exterior é de tipo porta de aço isolado de folha dupla. A porta terá um revestimento interior

e exterior de aço, tendo uma caixa de ar a separar duas camadas de aço.

$$K_{aço} = 52.0 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$K_{ar} = 0.025 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

A porta de acesso à zona A, descrita como “porta grande que sobe” será uma do tipo porta rápida industrial feita de PVC (cloreto de polivinil). Garantem a passagem rápida de pessoas e equipamentos, com segurança, protegendo contra variações de temperatura e de contaminações, além de ser uma solução simples, econômica e de baixa manutenção. Será do tipo PVC dado que o material é um mau condutor, mantendo assim temperatura adequada na zona A.

$$K_{PVC} = 0.200 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

USFA03

DESCRIÇÃO

Pretende-se saber quais os materiais a usar nas paredes divisórias (interiores) por forma a definir os espaços indicados e para funcionarem às temperaturas indicadas.

- Quais as características térmicas materiais, a usar na constituição das paredes interiores.
- Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das portas de acesso.

PAREDES INTERIORES

As paredes interiores terão uma estrutura de quatro camadas. Os materiais escolhidos foram tijolo cerâmico, gesso cartonado (drywall) e lã de rocha.

A Lã de Rocha é um isolante térmico e acústico popular, amplamente utilizado na construção devido às suas propriedades vantajosas tais como uma boa capacidade de isolamento térmico, ajudando a manter a temperatura interna estável e o facto de ser fabricada a partir de materiais reciclados, tornando-a uma opção sustentável.

$$K_{lã \text{ de rocha}} = 0.040 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

O Tijolo Cerâmico é um material usado como suporte de isolamento térmico em paredes construídas com a técnica de alvenaria estrutural. Além disso, é importante destacar o facto de ser um material economicamente vantajoso, permitindo a incorporação de um isolante térmico e acústico na camada central, tal como a lã de rocha.

$$K_{\text{tijolo cerâmico}} = 0.280 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

O Gesso Cartonado é geralmente utilizado para fins de revestimento interno, divisórias e acabamentos em construções, geralmente é uma opção económica em comparação com métodos construtivos mais tradicionais.

$$K_{\text{gesso cartonado}} = 0.250 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Camada Interior (Lado Interno):

Revestimento Interno: Placa de Gesso Cartonado (Drywall) para acabamento.

Material Isolante: Lã de Rocha.

Estrutura Principal:

Tijolo Cerâmico: Suporte estrutural para a parede.

Espaçadores (opcional): Pode ser necessário para garantir a ventilação entre o isolamento e a camada de revestimento.

Camada Exterior (Lado Oposto):

Revestimento Externo : Placa de Gesso Cartonado (Drywall) para uma superfície adicional.

PORTAS DE ACESSO

Os materiais que construirão as portas de acesso das zonas B, C e D serão madeira maciça semi-densa e espuma de poliestireno expandido (EPS).

A madeira maciça é um material natural e versátil amplamente utilizado na construção e em uma variedade de aplicações de design de interiores e mobiliário, é um bom isolante térmico e acústico natural, proporcionando conforto em termos de temperatura e redução de ruídos.

$$K_{\text{madeira maciça semi-densa}} = 0.180 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

A espuma de poliestireno expandido (EPS) é um material leve e isolante amplamente utilizado em construção, embalagens e em várias outras aplicações. Uma das principais características do EPS é seu excelente desempenho como isolante térmico, tem baixa condutividade térmica, ajudando a reduzir a transferência de calor.

$$K_{EPS} = 0.040 K \cdot W^{-1} \cdot m^{-1}$$

A madeira reveste internamente e externamente a porta, sendo as duas camadas divididas pela camada de espuma.