

## **USFA05-USFA07**

**Feito por:**

Rodrigo Pontes, 1221083

Miguel Oliveira, 1211281

Mário Ribeiro, 1221019

Rodrigo Castro, 1220636

**Professores:**

João Lima Lopes (JLL)

03/01/2024

# Índice

1.	<i>Introdução</i>	1
2.	<i>Considerações gerais</i>	2
3.	<i>USFA05</i>	3
3.1.	Considerações teóricas	3
3.2.	Resultados	3
3.3.	Exemplo de cálculo	5
4.	<i>USFA06</i>	6
4.1.	Considerações teóricas	6
4.2.	Resultados	6
4.3.	Exemplo de cálculo	7
5.	<i>USFA07</i>	9
5.1.	Considerações teóricas	9
5.2.	Resultados	9
5.3.	Exemplo de cálculo	10
6.	<i>Conclusão</i>	11

# 1. Introdução

Este relatório descreve a análise térmica de uma estrutura com espaços interiores, considerando as temperaturas indicadas. Inicialmente, o ambiente externo à estrutura é estabelecido a uma temperatura de 20 °C. A metodologia empregada envolve o uso de uma planilha de cálculo para facilitar os cálculos recursivos necessários ao desenvolvimento do projeto.

Ao final do processo, é possível modificar a temperatura externa para qualquer valor admissível e obter instantaneamente os resultados desejados, incluindo as resistências térmicas e a energia envolvida. Este relatório detalhará as etapas do processo de cálculo e destacará a flexibilidade da abordagem para a análise térmica da estrutura em diferentes condições ambientais.

Na componente térmica de Física Aplicada, foram empregues algoritmos que se baseiam em princípios fundamentais da transferência de calor, termodinâmica e comportamento térmico dos materiais. Algoritmos relacionados à condução de calor, convecção, radiação e propriedades térmicas dos materiais foram utilizados para modelar o comportamento térmico da estrutura em análise. A resolução de equações diferenciais e métodos numéricos também pode ter sido empregue para calcular as temperaturas ao longo do tempo e em diferentes locais da estrutura.

Esses algoritmos foram incorporados em uma abordagem iterativa, possivelmente implementada em uma planilha de cálculo, para realizar os cálculos necessários de forma eficiente e precisa. O objetivo é compreender e prever como a temperatura evolui dentro da estrutura sob diferentes condições ambientais, contribuindo assim para uma análise abrangente da componente térmica no contexto da Física Aplicada.

## 2. Considerações gerais

Para resolver os problemas apresentados nas USFA05, USFA06 e USFA07, é necessário considerar várias etapas. Primeiramente, analisar a resistência térmica de cada parede tendo em conta os três materiais distintos que fazem parte de cada parede, incluindo portas de acesso. Fazer uma escolha criteriosa dos materiais, tendo em consideração as suas propriedades térmicas, não apenas para as paredes, mas também para portas, janelas e telhado.

Utilizar a Lei da Condução Térmica ( $Q = \Delta T/R$ ) para calcular a energia necessária para manter as temperaturas desejadas, considerando a temperatura exterior de 20 °C. Determinar a energia total necessária para manter toda a estrutura nas temperaturas indicadas, tendo em conta a temperatura exterior.

Para além disso, calcular a potência energética necessária para manter cada zona e toda a estrutura nas temperaturas indicadas por hora de funcionamento. Avaliar a eficiência dos materiais e sistemas de isolamento térmico, procurando estratégias de otimização, como a escolha de materiais mais eficientes e a implementação de técnicas para reduzir a perda de calor.

### 3. USFA05

O objetivo principal é determinar a resistência térmica das paredes em diferentes zonas ou espaços definidos, considerando diversas temperaturas de funcionamento. Cada parede é composta por três materiais distintos em suas camadas: um para o material exterior, outro para o material intermediário e um terceiro para o material interior.

A análise busca quantificar a resistência térmica de cada parede em condições variadas, fornecendo uma compreensão abrangente do desempenho térmico da estrutura. A metodologia inclui o uso de algoritmos específicos da Física Aplicada para modelar a transferência de calor em diferentes materiais, com o intuito de otimizar o design térmico da estrutura.

#### 3.1. Considerações teóricas

A resistência térmica é uma medida da oposição que um material oferece à transferência de calor. Ela é representada pela letra "R" e é análoga à resistência elétrica. Em termos simples, indica a dificuldade que um material apresenta para permitir a passagem de calor através dele. Quanto maior a resistência térmica de um material, mais difícil é para o calor atravessá-lo.

A resistência térmica é frequentemente utilizada para descrever a eficácia de isolantes térmicos ou a capacidade de um conjunto de materiais em resistir ao fluxo de calor. Sua unidade de medida no Sistema Internacional é o Kelvin (ou Celsius) por Watt Área ( $K/Wm^2$  ou  $^{\circ}C/Wm^2$ ). Em sistemas complexos, como apresentado neste relatório, a resistência térmica pode ser calculada para diferentes camadas e materiais, contribuindo para a compreensão do desempenho térmico global da estrutura.

#### 3.2. Resultados

##### Divisão B

Na divisão B estão presentes as seguintes resistências térmicas por partes subdivididas:

- ☐ Parede Interior  $\rightarrow 0,071 \text{ }^{\circ}C/(W*m^2)$
- ☐ Parede Exterior  $\rightarrow 0,22 \text{ }^{\circ}C/(W*m^2)$
- ☐ Parede Interior com Porta  $\rightarrow 0,10 \text{ }^{\circ}C/(W*m^2)$

## **Divisão C**

Na divisão C estão presentes as seguintes resistências térmicas por partes subdivididas:

- ☐ Parede Interior ->  $0,071 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Exterior ->  $0,17 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior com Porta ->  $0,10 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$

## **Divisão D**

Na divisão D estão presentes as seguintes resistências térmicas por partes subdivididas:

- ☐ Parede Interior ->  $0,14 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Exterior ->  $0,17 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior com Porta ->  $0,10 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior da divisão com parede interior do Armazém ->  $0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$

## **Armazém (Divisão E)**

No armazém estão presentes as seguintes resistências térmicas por partes subdivididas:

- ☐ Parede Interior com parede Exterior ->  $0,18 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior com Parede exterior e porta ->  $0,17 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior do Armazém com Parede interior da divisão D e Receção ->  $0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior com Parede Exterior e Janela tripla ->  $0,091 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$

## **Receção (Divisão A)**

Na receção estão presentes as seguintes resistências térmicas por partes subdivididas:

- ☐ Parede Exterior ->  $0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Interior do Armazém com Parede Interior da Receção ->  $0,74 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Exterior com Porta e Portão ->  $0,050 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$
- ☐ Parede Exterior com Janela Tripla ->  $0,11 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$

## **Telhado**

O telhado apresenta a resistência térmica de  $0,012 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{W}\cdot\text{m}^2)$ .

### 3.3. Exemplo de cálculo

<b>Divisão B</b>				
<b>Parede Interior</b>				
Material	Espessura (x)	Condutividade (k)	Área	Resistência (R)
Interior	5,0	52	40	0,000024
Exterior	5,0	52	40	0,000024
Isolante	10	0,035	40	0,071
Total				0,071

Na imagem acima, está o exemplo do cálculo da resistência térmica da parede interior da Divisão B.

A partir das medições já feitas previamente, determinamos a condutividade térmica e a área. Ambas estão apresentadas nas suas unidades SI (W/(m\*°C) e m^2, respetivamente).

A espessura foi atribuída de modo a obter uma “realidade” de parede interior. Está apresentado em cm (centímetros).

Cada camada apresenta a mesma área e a camada interior e exterior apresenta o mesmo tipo de material.

Logo, com os dados obtidos, é procedido ao cálculo da resistência de cada camada. Para calcular a resistência térmica, foi usado a seguinte expressão:

$$R = \frac{x}{kA}$$

No caso do exemplo descrito foi usado da seguinte forma:

$$R = \frac{x * 10^{-2}}{kA}$$

Após efetuar o cálculo da resistência de cada material, foi usado a fórmula da resistência equivalente para determinar a resistência da parede interior, que envolve na soma das 3 resistências dos materiais. A fórmula da resistência equivalente corresponde analogamente à resistência elétrica quando as resistências estão em série no circuito. Isso porque o fluxo de calor é correspondido à corrente elétrica de forma análoga.

## 4. USFA06

### 4.1. Considerações teóricas

A Lei da Condução Térmica, que relaciona a quantidade de energia transferida ( $Q$ ) com a diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) e a resistência térmica ( $R$ ) é essencial para a resolução do problema. Com a equação  $Q = \Delta T/R$ , é possível calcular a energia necessária para manter as temperaturas desejadas nas zonas B, C e D. Neste contexto, a resistência térmica ( $R$ ) pode ser avaliada considerando a espessura ( $L$ ), a condutividade térmica ( $k$ ) e a área de transferência ( $A$ ) dos elementos estruturais, como paredes e janelas.

Ao aplicar a equação nas diferentes zonas, a variação de temperatura exterior de 20 °C é incorporada, representando a diferença ( $\Delta T$ ) entre o interior e o exterior. Nas zonas B, C e D, com temperaturas interiores de -5 °C, 0 °C e 7 °C, respetivamente, a equação pode ser utilizada para determinar a energia total necessária para manter essas condições.

Além disso, é importante considerar a eficiência dos materiais isolantes, procurando reduzir a resistência térmica e otimizar a espessura e os materiais das camadas de isolamento para minimizar a energia requerida. Desta forma, ao seguir estas considerações teóricas e aplicar a Lei da Condução Térmica, é possível calcular a energia total necessária para manter as temperaturas interiores desejadas em cada zona, levando em conta as condições específicas de cada ambiente.

### 4.2. Resultados

#### Divisão B

Na divisão B são necessárias as seguintes energias por partes subdivididas:

- ☐ Parede 1 (adjacente à divisão C) - 34,9764582J
- ☐ Parede 2 (exterior) - 113,636364J
- ☐ Parede 3 (adjacente à divisão A sem porta) - 139,905833J
- ☐ Parede 4 (com porta) - 166,666667J
- ☐ Telhado - 287,477148J



## Divisão C

Na divisão C são necessárias as seguintes energias por partes subdivididas:

- ☐ Parede 1(adjacente a B) - 34,965035J
- ☐ Parede 2(adjacente a D) - 48,951049J
- ☐ Parede 3(exterior) - 117,647059J
- ☐ Parede 4(Com porta) - 150J
- ☐ Telhado - 287,477148J

## Divisão D

Na divisão D são necessárias as seguintes energias por partes subdivididas:

- ☐ Parede 1(adjacente a C) - 48,9670414J
- ☐ Parede 2(adjacente a garagem) - 53,3333333J
- ☐ Parede 3(exterior) - 76,4705882J
- ☐ Parede 4(com porta) - 80J
- ☐ Telhado - 185,714286J

## 4.3. Exemplo de cálculo

### Zona B

A zona B tem de ter temperatura de funcionamento = -5°C

Divisão	R	$\Delta T$	Q
Parede 1(adjacente à zona C)	0,143	5	34,9764582
Parede 2(exterior)	0,22	25	113,636364
Parede 3(adjacente zona A sem porta)	0,143	20	139,905833
Parede 4(Com porta)	0,12	20	166,666667
Telhado (zona B)	0,087	25	287,477148
Energia total a fornecer			742,662469

Na imagem acima, está o exemplo do cálculo da energia a fornecer às diferentes paredes da Divisão B.

**r -> Parede 1 = Parede 3**

Material	Espessura (x)	Condutividade (k)	Área	Resistência (R)
Interior	5,0	52	20	0,000048
Exterior	5,0	52	20	0,000048
Isolante	10	0,035	20	0,143
Total				0,143

**r->Telhado(zona B)**

Material	Espessura (x)	Condutividade (k)	Área	Resistência (R)
Exterior	10	0,85	20	0,00588
Isolante	6	0,037	20	0,081
Total				0,087

Foi necessária a realização dos cálculos das resistências das paredes, demonstrados em cima.

Utilizando a fórmula da lei da condução térmica ( $Q = \Delta T/R$ ) foi calculada a energia a fornecer às diferentes paredes das diferentes divisões (neste caso divisão B).

## 5. USFA07

### 5.1. Considerações teóricas

A potência energética se refere à taxa na qual a energia é transferida, convertida, consumida ou produzida por unidade de tempo. É a medida da quantidade de energia usada ou transferida por unidade de tempo. Em termos simples, é a rapidez com que o trabalho é realizado ou a energia é utilizada.

A potência energética é uma medida crucial que descreve a taxa de transferência ou consumo de energia por unidade de tempo. Representada em Watts (W), indica a rapidez com que a energia é usada, convertida ou transferida. Essencial na avaliação de dispositivos, dimensionamento de sistemas e na conscientização sobre eficiência energética, a potência energética desempenha um papel vital em setores variados, desde o consumo doméstico até a indústria e a pesquisa científica.

### 5.2. Resultados

#### Divisão A

Na divisão A são necessárias as seguintes energias por partes subdivididas:

	R	$\Delta T$	Q
Parede 1(parede exterior sem porta e janelas)	0.051	5	97.4994464
Parede 2(porta e portao)	0.050	5	99.58112159
Parede 3(janela tripla)	0.114	5	43.94415769
Parede 4(adjacente a zona E)	0.743	0	0
Parede 5(adjacente zona D com porta)	0.105	8	76.31257774
Parede 6(adjacente zona C com porta)	0.105	15	143.0860833
Parede 7(adjacente a zona B com porta)	0.105	20	190.7814444
Parede 8(adjacente a zona B sem porta)	0.143	20	139.9058326
Telhado(zona A)	0.054	5	91.99268739
Energia total a fornecer			883.103351

## Divisão E

Na divisão E são necessárias as seguintes energias por partes subdivididas:

	R	$\Delta T$	Q
Parede 1(parede exterior sem porta e janelas)	0.178	5	28.10071858
Parede 2(parede exterior com porta)	0.146	5	34.13822885
Parede 3(parede exterior com janela tripla)	0.091	5	54.86787107
Parede 4(adjacente a zona D e A)	0.124	8	64.57359327
Telhado(zona A)	0.036	5	137.9890311
Energia total a fornecer			319.6694429

### 5.3. Exemplo de cálculo

Para o cálculo das energias necessárias para manter os espaços A e E as temperaturas necessárias usou-se a seguinte formula

$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

Exemplo de um cálculo efetuado para uma parede do espaço A:

#### Cálculo do $\Delta T$ :

Como a diferença de temperatura entre o exterior e o interior é de 5°, então  $\Delta T = 5^\circ$

#### Cálculo do R:

Material	Espessura (x)	Condutividade (k)	Área	Resistência (R)
Exterior	10	0.85	32	0.00368
Isolante	6	0.037	32	0.051
Total				0.054

Logo,

$$Q = \frac{5}{0.054} = 91.99268739$$

O valor obtido é o valor da transferencial de calor para o telhado, para obter o resultado para todo o espaço A, é necessário fazer para todas as paredes e somar no final a transferência de calor:

$$Q_1 + Q_2 + Q_{\dots} + Q_n = x$$

## 6. Conclusão

Em conclusão, a análise térmica da estrutura revelou resultados precisos e valiosos para a compreensão do comportamento térmico em diferentes cenários. A utilização de algoritmos na componente térmica de Física Aplicada, aliada à flexibilidade da abordagem iterativa implementada em uma planilha de cálculo, permitiu a obtenção eficiente de dados relevantes.

A capacidade de ajustar a temperatura externa e obter instantaneamente resistências térmicas e valores energéticos demonstra a adaptabilidade e utilidade prática desta metodologia. Os algoritmos empregados, fundamentados nos princípios da transferência de calor, convecção e propriedades térmicas dos materiais, contribuíram para uma análise abrangente e precisa do comportamento térmico da estrutura.

Estes resultados fornecem uma base sólida para otimizar o design térmico da estrutura, considerando variáveis ambientais diversas, e destacam a eficácia da abordagem adotada na Física Aplicada.