



Física Aplicada 2022/23

# RELATÓRIO – SPRINT 1

Luís Monteiro

1211250

Miguel Marques

1201078

Pedro Mesquita

1211171

Rúben Vilela

1211861

Grupo 64



# ÍNDICE

Introdução .....	2
US401: Apresentar o croqui de uma estrutura e as suas divisões internas.....	3
Modelos da estrutura .....	4
Elementos decididos pelo utilizador .....	4
US402: Materiais a utilizar nas paredes exteriores e do telhado .....	5
Materiais utilizados nas paredes exteriores.....	5
Condutividade térmica dos materiais utilizados nas paredes exteriores .....	5
Materiais utilizados no telhado .....	5
Condutividade térmica dos materiais utilizados no telhado.....	5
Materiais utilizados nas portas e janelas .....	6
Condutividade térmica dos materiais utilizados nas portas e janelas .....	6
US403: Materiais a utilizar nas paredes interiores .....	6
Materiais utilizados nas paredes interiores .....	6
Condutividade térmica dos materiais usados nas paredes interiores .....	6
US404: Resistência térmica das paredes internas, a diferentes temperaturas .....	7
Nomenclatura de todas as paredes da estrutura.....	7
Áreas de todas as paredes e zonas da estrutura.....	7
Parede P1 e P8.....	8
Parede P2.....	8
Parede P3, P6 e P7.....	8
Parede P4 e P5.....	9
Parede P9.....	9
Parede P10, P11 e P12.....	9
Parede P13.....	10
Parede P14 e P15.....	10
Telhado .....	10
Zona C .....	11
Zona D.....	11
Zona E .....	11
Conclusão.....	11

# INTRODUÇÃO

Neste projeto, foi-nos solicitado o desenvolvimento da pesquisa de um conjunto de materiais que possa constituir uma estrutura, capaz de armazenar produtos agrícolas. Uma zona com 10 metros de largura, 20 metros de comprimento e 5 metros de altura, por forma a poder suportar diferentes temperaturas.

O presente relatório apresenta todo o desenvolvimento do trabalho das US401, US402, US403 e US404, propostas no âmbito das cadeiras de Física Aplicada e Laboratório / Projeto III.

De modo a alcançar os objetivos propostos, foram aplicadas as noções teóricas sobre resistência térmica, fluxo de calor e energia.

Foi realizada uma investigação sobre diferentes tipos de materiais e, de acordo com o modelo previamente fornecido, foi construída uma estrutura que respeitasse esses atributos.

Após consulta de dados das características técnicas dos materiais, particularmente da sua condutividade térmica, calculou-se a resistência térmica de cada divisão, tal como portas, janelas e telhado.

O relatório está organizado por User Stories, tal como foi organizado o trabalho.

### **US401: Apresentar o croqui de uma estrutura e as suas divisões internas**

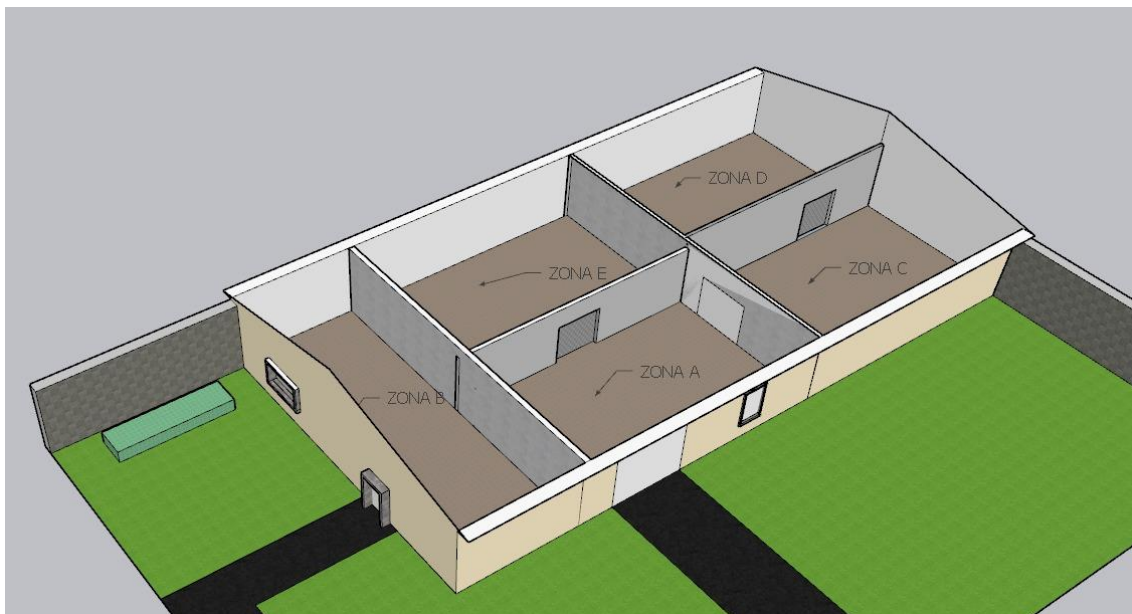
De acordo com o enunciado, a estrutura segue as seguintes instruções:

- Dimensões: 10 m x 20 m x 5 m
- A cobertura superior terá dupla inclinação mínima que cobre toda a estrutura, com o cume ao longo do comprimento
- Uma porta grande, que possa subir, de dimensões escolhidas por nós
- Uma porta de duas folhas, de dimensões escolhidas por nós
- Um mínimo de duas janelas, de dimensões escolhidas por nós
- O interior deve ser dividido em 5 espaços ou zonas, separados fisicamente por paredes e uma porta de acesso ao seu interior, com exceção à zona de armazenamento, que só terá acesso pelo exterior

De modo a cumprir estes requisitos, foi criado o seguinte modelo (vista exterior e interior, respetivamente):



Vista exterior



Vista interior

Os elementos em que as dimensões eram decididas pelo utilizador são os seguintes:

- Uma porta grande, da zona A para o exterior, de 4,4 x 3,8 m
- Uma porta de duas folhas de 2 x 1 m
- Duas janelas, de vidro duplo, ambas de 2 x 1 m
- Disposição como definida na imagem, com portas interiores de 3 x 2,5 m, telhado com altura de 1,2 m, zonas A, C, D e E de 8 x 5 m e a zona B de 4 x 10 m, todas com uma área de 40 m<sup>2</sup>.

## **US402: Materiais a utilizar nas paredes exteriores e do telhado**

Na constituição das paredes exteriores, optamos pelo uso de três materiais: um material exterior, tijolo, com 0,15 metros de espessura, um isolante térmico, espuma de poliuretano de 0,05 metros de espessura e um material interior, madeira de pinho, com 0,10 metros de espessura.

A condutividade térmica de cada um dos materiais é a seguinte:

$$\begin{aligned}K_{tijolo} &= 0,70 \text{ W} / (\text{K} * \text{m}) \\K_{espuma \text{ de poliuretano}} &= 0,020 \text{ W} / (\text{K} * \text{m}) \\K_{madeira (pinho)} &= 1 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})\end{aligned}$$

No telhado, decidimos usar de novo três materiais: telha PU, como material exterior, de 0,06 metros de espessura, lã de vidro como isolante térmico, de 0,02 metros de espessura e madeira, com 0,04 metros de espessura, como material exterior.

A condutividade térmica dos materiais utilizados no telhado é a seguinte:

$$\begin{aligned}K_{telha \text{ PU}} &= 0,016 \text{ W} / (\text{K} * \text{m}) \\K_{lã \text{ de vidro}} &= 0,04 \text{ W} / (\text{K} * \text{m}) \\K_{madeira} &= 14 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})\end{aligned}$$

Na constituição das portas e das janelas, foram usadas em ambos PVC, ambas com 0,03 metros.

A condutividade térmica dos materiais usados nas portas e janelas é a seguinte:

$$K_{PVC} = 0,12 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})$$

### **US403: Materiais a utilizar nas paredes interiores**

Após uma vasta pesquisa sobre materiais constituintes de paredes, portas e janelas, chegamos à conclusão que os seguintes seriam os mais adequados para conseguir um maior isolamento térmico, tal como uma boa resistência interior.

Nas paredes interiores, decidimos usar outra vez três materiais: pladur isopop m4,40, com uma espessura de 0,10 metros, ar como isolante, com uma espessura de 0,05 metros e madeira para o interior, com uma espessura de 0,05 metros.

A condutividade térmica dos materiais usados nas paredes internas são:

$$K_{\text{pladuro isopop m4,40}} = 0,12 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})$$

$$K_{\text{ar}} = 0,03 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})$$

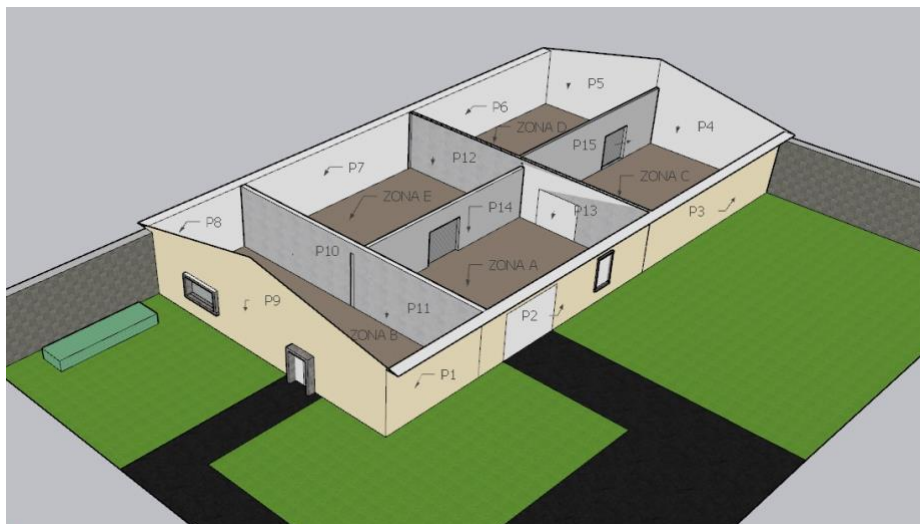
$$K_{\text{madeira}} = 0,14 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})$$

O único material que decidimos usar nas portas de acesso foi PVC, com uma resistência térmica de  $0,12 \text{ W} / (\text{K} * \text{m})$  e uma espessura de 0,03 metros.

### **US404: Resistência térmica das paredes internas, a diferentes temperaturas**

Para este User Story, é pretendido saber a resistência térmica das paredes, para cada temperatura de funcionamento, de cada espaço ou zona, querendo saber a resistência de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso às divisões das zonas C, D, E e da estrutura total, envolvendo as restantes divisões, incluindo também o telhado.

Para tal, começamos primeiro por dar um nome às paredes, para serem mais facilmente identificadas, e conseguimos este layout:



Após identificar todas as paredes, calculamos as áreas de todas as zonas, de modo a serem usadas nos cálculos:

$$\begin{aligned}
 A_{P1} &= A_{P8} = 4 \times 3,8 = 15,2 \text{ m}^2 \\
 A_{P2} &= 8 \times 3,8 = 15,2 \text{ m}^2 - A_{\text{porta A}} - A_{\text{janela}} = 30,4 - 16,72 - 2 = 11,68 \text{ m}^2 \\
 A_{P3} &= A_{P6} = A_{P7} = 30,4 \text{ m}^2 \\
 A_{P4} &= A_{P5} = 5 \times 3,8 + 3 = 22 \text{ m}^2 \\
 A_{P9} &= 10 \times 3,8 - A_{\text{porta B}} - A_{\text{janela}} + A_{\text{telhado lateral}} = 35,7 \text{ m}^2 \\
 A_{P10} &= A_{P11} = A_{P12} = 19 \text{ m}^2 \\
 A_{P13} &= 19 - A_{\text{porta interna}} = 19 - 7,5 = 11,5 \text{ m}^2 \\
 A_{P14} &= A_{P15} = 30,4 - A_{\text{porta interna}} = 30,4 - 17,5 = 12,9 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{telhado}} &= 20 \times 5,14 \times 2 = 205,6 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{telhado lateral}} &= \frac{5 \times 1,2}{2} = 3 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{janela}} &= 2 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{vidro duplo}} &= 1,8 \times 8 = 1,44 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{PVC}} &= 2 - 1,44 = 0,56 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{telhado zona A}} &= 8 \times 5,14 = 41,12 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Como pedido, depois realizamos o cálculo das resistências de cada porta, janela e parede, assim como de todas as zonas e do total:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{porta A}} &= \frac{0,03}{0,12 \times 16,72} \approx 0,01495 \text{ K/W} \\
 R_{\text{porta B}} &= \frac{0,03}{0,12 \times 3,3} \approx 0,7576 \text{ K/W} \\
 R_{\text{porta interna}} &= \frac{0,03}{0,12 \times 7,5} \approx 0,3333 \text{ K/W} \\
 R_{\text{vidro duplo}} &= \frac{L_{\text{vidro}}}{K_{\text{vidro}} \times A} + \frac{L_{\text{ar}}}{K_{\text{ar}} \times A} = \frac{0,02}{0,8 \times 1,44} + \frac{0,01}{0,03 \times 1,44} \approx 0,2488 \text{ K/W} \\
 R_{\text{PVC}} &= \frac{0,03}{0,12 \times 0,56} = 0,4464 \text{ K/W}
 \end{aligned}$$

### **Paredes P1 e P8**

$$\begin{aligned}
 R_{\text{tijolo}} &= \frac{0,15}{0,70 \times 15,2} \approx 0,01410 \text{ K/W} \\
 R_{\text{PUR}} &= \frac{0,05}{0,020 \times 15,2} \approx 0,1645 \text{ K/W} \\
 R_{\text{madeira}} &= \frac{0,10}{0,14 \times 15,2} \approx 0,04649 \text{ K/W}
 \end{aligned}$$

$$R_{P1} = R_{P8} = 0,01410 \times 0,04644 + 0,1645 \approx 0,2256 \text{ K/W}$$



### **Parede P2**

$$R_{tijolo} = \frac{0,15}{0,70 \times 11,68} \approx 0,01835 \text{ K/W}$$

$$R_{PUR} = \frac{0,05}{0,020 \times 11,68} \approx 0,2140 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,10}{0,14 \times 11,68} \approx 0,06115 \text{ K/W}$$

$$R_{parede\ base} = 0,01835 + 0,2140 + 0,06115 = 0,2935 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{P2}} &= \frac{1}{R_{vidro\ duplo}} + \frac{1}{R_{PVC}} + \frac{1}{R_{porta\ A}} + \frac{1}{R_{parede\ base}} \\ &= \frac{1}{0,2486} + \frac{1}{0,4464} + \frac{1}{0,1495} + \frac{1}{0,2935} \approx 16,355 \end{aligned}$$

$$R_{P2} \approx 0,0611 \text{ K/W}$$

### **Paredes P3, P6 e P7**

$$R_{tijolo} = \frac{0,15}{0,70 \times 30,4} \approx 0,007049 \text{ K/W}$$

$$R_{PUR} = \frac{0,05}{0,02 \times 30,4} \approx 0,08224 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,10}{0,14 \times 30,4} \approx 0,02390 \text{ K/W}$$

$$R_{P3} = R_{P6} = R_{P7} \approx 0,1128 \text{ K/W}$$

### **Paredes P4 e P5**

$$R_{tijolo} = \frac{0,15}{0,70 \times 22} \approx 0,009740 \text{ K/W}$$

$$R_{PUR} = \frac{0,05}{0,02 \times 22} \approx 0,1136 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,10}{0,14 \times 22} \approx 0,03246 \text{ K/W}$$

$$R_{P4} = R_{P5} \approx 0,1558 \text{ K/W}$$

### **Parede P9**

$$R_{tijolo} = \frac{0,15}{0,70 \times 35,7} \approx 0,06002 \text{ K/W}$$

$$R_{PUR} = \frac{0,05}{0,02 \times 35,7} \approx 0,07003 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,10}{0,14 \times 35,7} \approx 0,02001 \text{ K/W}$$

$$R_{parede base} \approx 0,1501 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{P9}} &= \frac{1}{R_{vidro duplo}} + \frac{1}{R_{PVC}} + \frac{1}{R_{porta B}} + \frac{1}{R_{parede base}} \\ &= \frac{1}{0,2488} + \frac{1}{0,4464} + \frac{1}{0,7576} + \frac{1}{0,1501} \approx 14,2416 \end{aligned}$$

$$R_{P9} \approx 0,7022 \text{ K/W}$$

### **Paredes P10, P11 e P12**

$$R_{R4,40} = \frac{0,10}{0,227 \times 19} \approx 0,02318 \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{0,05}{0,03 \times 19} \approx 0,08772 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,05}{0,14 \times 19} \approx 0,01880 \text{ K/W}$$

$$R_{P10} = R_{P11} = R_{P12} \approx 0,1297 \text{ K/W}$$

### **Parede P13**

$$R_{R4,40} = \frac{0,10}{0,227 \times 11,4} \approx 0,03864 \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{0,05}{0,03 \times 11,4} \approx 0,1462 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,05}{0,14 \times 11,4} \approx 0,03113 \text{ K/W}$$

$$R_{parede base} \approx 0,2162 \text{ K/W}$$

$$\frac{1}{R_{P13}} = \frac{1}{R_{porta interna}} + \frac{1}{R_{parede base}} = \frac{1}{0,3333} + \frac{1}{0,2162}$$

$$R_{P13} \approx 0,1312 \text{ K/W}$$

### **Paredes P14 e P15**

$$R_{R4,40} = \frac{0,10}{0,227 \times 12,9} \approx 0,03415 \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{0,05}{0,03 \times 12,9} \approx 0,1292 \text{ K/W}$$

$$R_{madeira} = \frac{0,05}{0,14 \times 12,9} \approx 0,02768 \text{ K/W}$$

$$R_{parede\ base} \approx 0,1903\ K/W$$

$$\frac{1}{R_{P14}} = \frac{1}{R_{P15}} = \frac{1}{R_{porta\ interna}} + \frac{1}{R_{parede\ base}} = \frac{1}{0,3333} + \frac{1}{0,1903}$$

$$R_{P14} = R_{P15} \approx 0,1211\ K/W$$

### **Telhado**

$$R_{PU} = \frac{0,06}{0,016 \times 205,6} \approx 0,01824\ K/W$$

$$R_{l\tilde{a}\ de\ vidro} = \frac{0,02}{0,04 \times 205,6} \approx 0,002432\ K/W$$

$$R_{madeira} = \frac{0,04}{0,14 \times 205,6} \approx 0,001390\ K/W$$

$$R_{telhado\ total} \approx 0,02206\ K/W$$

$$R_{PU} = \frac{0,06}{0,016 \times 41,12} \approx 0,09120\ K/W$$

$$R_{l\tilde{a}\ de\ vidro} = \frac{0,02}{0,04 \times 41,12} \approx 0,01216\ K/W$$

$$R_{madeira} = \frac{0,04}{0,14 \times 41,12} \approx 0,006948\ K/W$$

$$R_{telhado\ zona\ A} = R_{telhado\ zona\ C} = R_{telhado\ zona\ D} = R_{telhado\ zona\ E} \approx 0,1103\ K/W$$

### **Zona C**

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{zona\ C}} &= \frac{1}{R_{telhado\ zona\ C}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{P4}} + \frac{1}{R_{P13}} + \frac{1}{R_{P15}} \\ &= \frac{1}{0,1103} + \frac{1}{0,1128} + \frac{1}{0,1558} + \frac{1}{0,1312} + \frac{1}{0,1211} \approx 40,229 \end{aligned}$$

$$R_{zona\ C} \approx 0,02486$$

### **Zona D**

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{zona\ D}} &= \frac{1}{R_{telhado\ zona\ D}} + \frac{1}{R_{P5}} + \frac{1}{R_{P6}} + \frac{1}{R_{P12}} + \frac{1}{R_{P15}} \\ &= \frac{1}{0,1103} + \frac{1}{0,1558} + \frac{1}{0,1128} + \frac{1}{0,1297} + \frac{1}{0,1211} \approx 40,318 \end{aligned}$$

$$R_{zona\ D} \approx 0,02480$$

### Zona E

$$\frac{1}{R_{zona\ E}} = \frac{1}{R_{telhado\ zona\ E}} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_{P10}} + \frac{1}{R_{P12}} + \frac{1}{R_{P14}}$$
$$= \frac{1}{0,1103} + \frac{1}{0,1128} + \frac{1}{0,1297} + \frac{1}{0,1297} + \frac{1}{0,1211} \approx 41,609$$

$$R_{zona\ E} \approx 0,02403$$

## CONCLUSÃO

Em âmbito da unidade curricular de Física Aplicada, damos como concluído o relatório do Sprint 1, e todas as User Stories em si englobadas.

Como foi citado na introdução, foram utilizadas noções sobre resistência térmica aprendidas ao longo do semestre nas aulas teóricas e teórico-práticas.

Através de uma longa pesquisa, foi criado um modelo para a estrutura, foram atribuídos materiais para a tal, tanto para o interior, exterior, telhado, janelas e portas e depois calculado a sua resistência térmica, tanto parcial como global.

Podemos concluir que os valores fornecidos são o esperado e o que se quer normalmente para uma estrutura, no ponto de vista térmico.