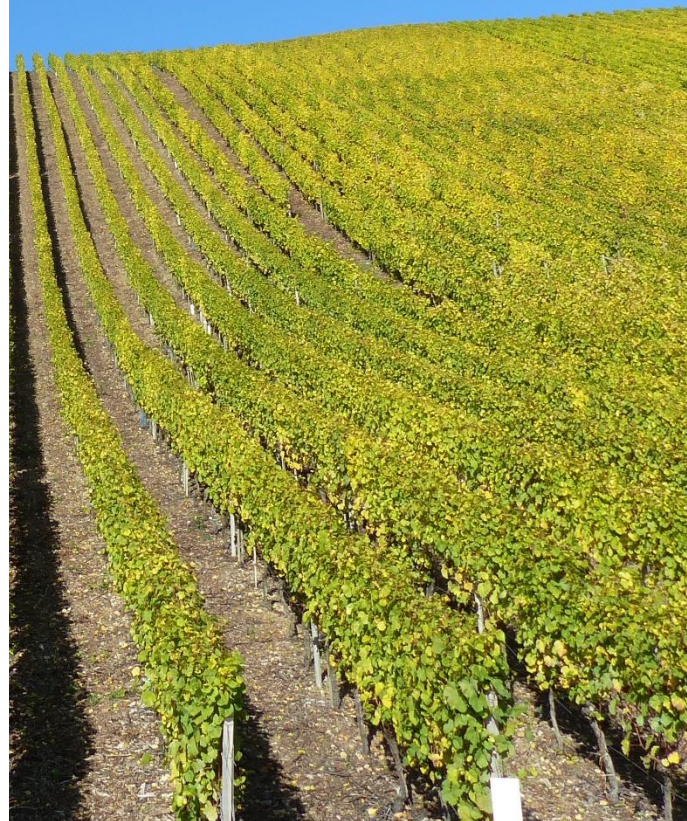


Sprint 1 - FSIAP

Lic. Eng. Informática - Física Aplicada
Turma 2DJ
Grupo 93

3 dezembro

12111131 - Pedro Pereira
12111151 – Alexandre Geração
12111128 – Tiago Oliveira
1211089 – José Gouveia



Índice

Conteúdo

Índice.....	2
Índice de ilustrações	4
US401-Apresente um croqui de uma estrutura, e suas divisões internas.....	5
Planta do Armazém	6
Vista Exterior do Armazém pela Zona A	6
Vista Exterior do Armazém pela Zona B	7
US402-Pretende-se saber qual o conjunto de materiais a usar nas paredes da estrutura grande e envolvente das restantes, assim como do respetivo telhado.....	8
Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das paredes exteriores.....	8
Material Exterior	8
Material Intermédio	8
Material Interior	8
Quais os materiais e suas características térmicas, a usar no telhado.	9
Material Exterior	9
Material Intermédio	9
Material Interior	9
Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das portas e janelas.	10
Material Janela	10
Material Porta	10
US403-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. A disposição dos espaços fica ao critério dos usuários	11
Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das paredes interiores. ..	11
Material Exterior	11
Material Interior	11
Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das portas de acesso.	12
US404-Pretende-se saber qual a resistência térmica das paredes, para cada temperatura de funcionamento, de cada espaço ou zona que deve conter pelo menos três materiais diferentes nas suas paredes. Um para o material exterior, outro para o material intermédio e outro para o material interior.....	13
Para a divisão ou zona C, a funcionar à temperatura de -10 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão.	13
Resistência paredes exteriores	13
Resistência paredes interiores	14
Resistência Final.....	16

Para a divisão ou zona D, a funcionar à temperatura de 0 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão.	17
Resistência paredes exteriores	17
Resistência paredes interiores	18
Resistência Final.....	20
Para a divisão ou zona E, a funcionar à temperatura de 10 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão	21
Resistência paredes exteriores	21
Resistência paredes interiores	22
Resistência Final.....	24
Para a estrutura grande, que envolve as restantes divisões, determinar a resistência térmica, de cada parede e telhado, com a inclusão das portas de acesso à receção e de armazenamento e janelas consideradas, de acordo com a escolha dos materiais realizada.....	25
Paredes Exteriores – Zona A.....	25
Paredes Interiores – Zona A.....	28
Resistência Final – Zona A.....	31
Paredes Exteriores – Zona B.....	32
Paredes Interiores – Zona B.....	35
Resistência Final – Zona B.....	36
Resistência Telhado - Introdução.....	37
Resistência Telhado - Zona Retangular	37
Resistência Telhado – Zona Triangular	38
Resistência Telhado - Final	38
Referencias	39

Índice de ilustrações

Figura 1-Vista Exterior Armazém.....	5
Figura 2-Planta do Armazém.....	6
Figura 3-Vista Exterior pela Zona A	6
Figura 4-Vista Exterior do Armazém pela Zona B	7
Figura 5 - Esquema Parede Exterior Zona A	25
Figura 6 - Esquema Parede Exterior Zona B.....	32
Tabela 1 - Escolha dos materiais exteriores.....	8
Tabela 2 - Escolha dos materiais intermédios.....	8
Tabela 3 - Escolha dos materiais internos.....	8
Tabela 4 - Escolha dos materiais externos telhado	9
Tabela 5 - Escolha dos materiais intermédios telhado.....	9
Tabela 6 - Escolha dos materiais internos telhado.....	9
Tabela 7 - Escolha dos materiais janela	10
Tabela 8 - Escolha dos materiais porta.....	10
Tabela 9 -Escolha dos materiais externos parede interior	11
Tabela 10 - Escolha dos materiais internos parede interior.....	11
Tabela 11 - Escolha dos materiais porta de acesso	12
Tabela 12 - materiais externos zona c	13
Tabela 13 - materiais internos zona c I.....	14
Tabela 14 - materiais internos zona c II.....	14
Tabela 15 - materiais externos zona d.....	17
Tabela 16 - materiais internos zona d I	18
Tabela 17 - materiais internos zona d II	18
Tabela 18 -materiais externos zona e.....	21
Tabela 19 - materiais internos zona e I	22
Tabela 20 - materiais internos zona e II	22
Tabela 21 - materiais externos zona A.....	25
Tabela 22 - materiais internos zona A I	28
Tabela 23 - materiais internos zona A II	28
Tabela 24 -materiais externos zona B	32
Tabela 25 - materiais internos zona B	35
Tabela 26- Materiais Telhado	37
Tabela 27 - Esquema Telhado	37
Tabela 28 - Esquema Medidas Telhado	37

US4o1-Apresente um croqui de uma estrutura, e suas divisões internas

1. A estrutura deve ter as seguintes dimensões: 10 metros de largura, 20 metros de comprimento e 5 metros de altura.
2. A cobertura superior terá dupla inclinação mínima e que cobrirá toda a estrutura, com o cume ao longo de todo o comprimento.
3. Esta estrutura terá uma porta grande, que possa subir, de dimensões a definir pelo usuário, mas que permita o acesso a um veículo de transporte de mercadorias tipo furgão de grandes dimensões, e que dará acesso à zona de recepção, zona A.
4. A estrutura deve ter ainda uma outra porta de duas folhas, com dimensões a definir pelo usuário, que servirá exclusivamente para acesso à zona de armazenamento de produtos e/ou excedentes, zona B.
5. A estrutura deve ter um mínimo de duas janelas, ambas com dimensões a definir pelo usuário. Uma posicionada na zona de recepção, zona A, e a outra na zona de armazenamento, zona B.
6. 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.
7. A sua disposição, dimensões individuais e portas de acesso são definidas pelo usuário.



Figura 1-Vista Exterior Armazém

Planta do Armazém

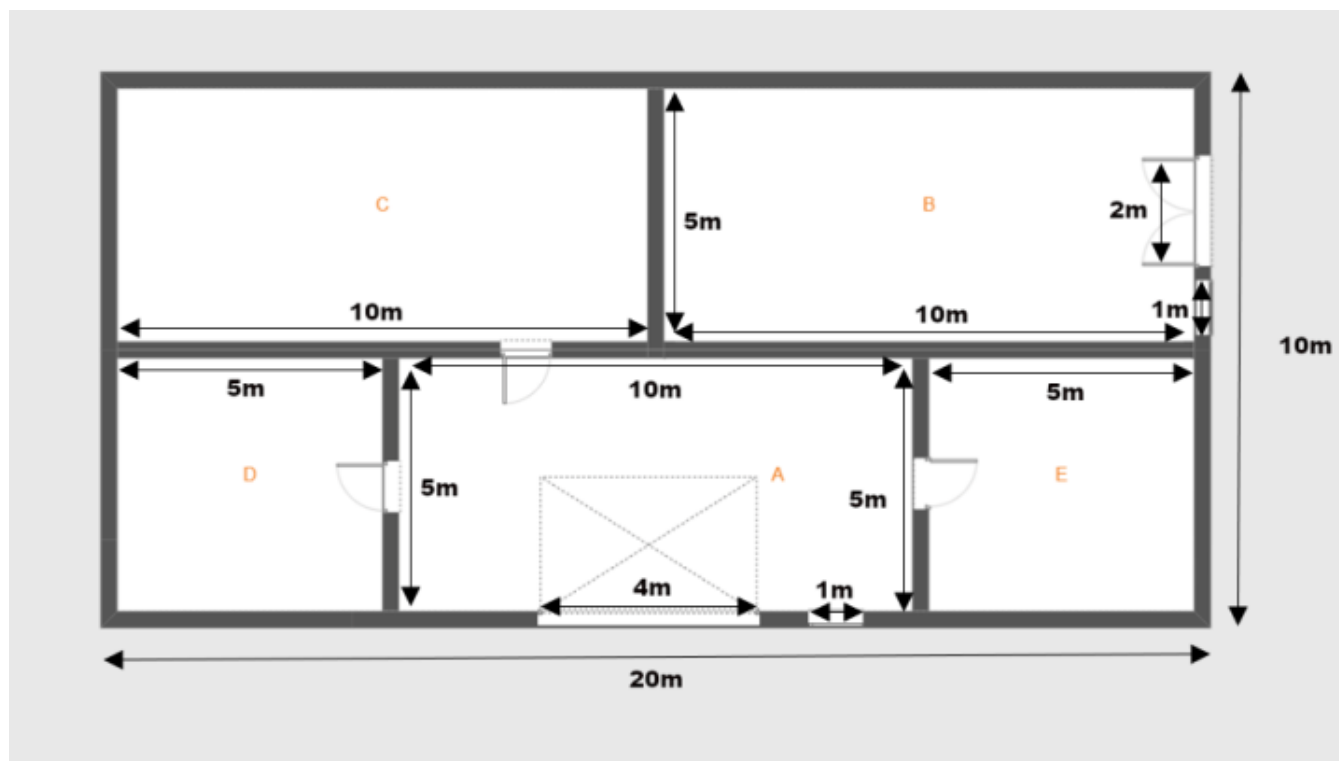


Figura 2-Planta do Armazém

Vista Exterior do Armazém pela Zona A

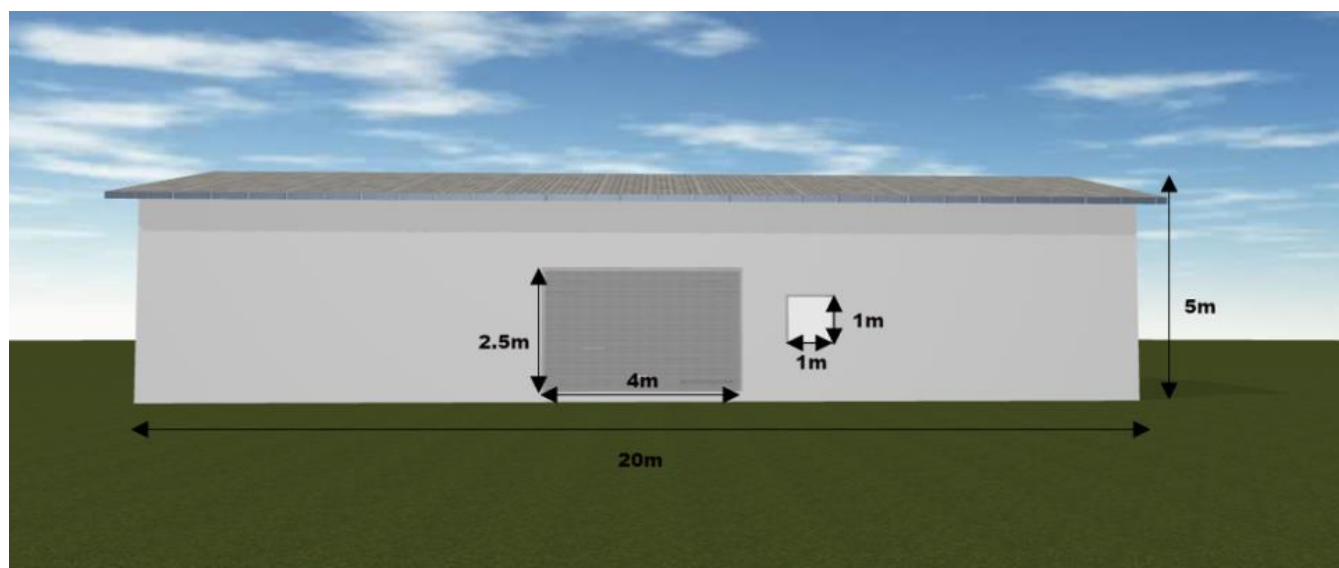


Figura 3-Vista Exterior pela Zona A

Vista Exterior do Armazém pela Zona B

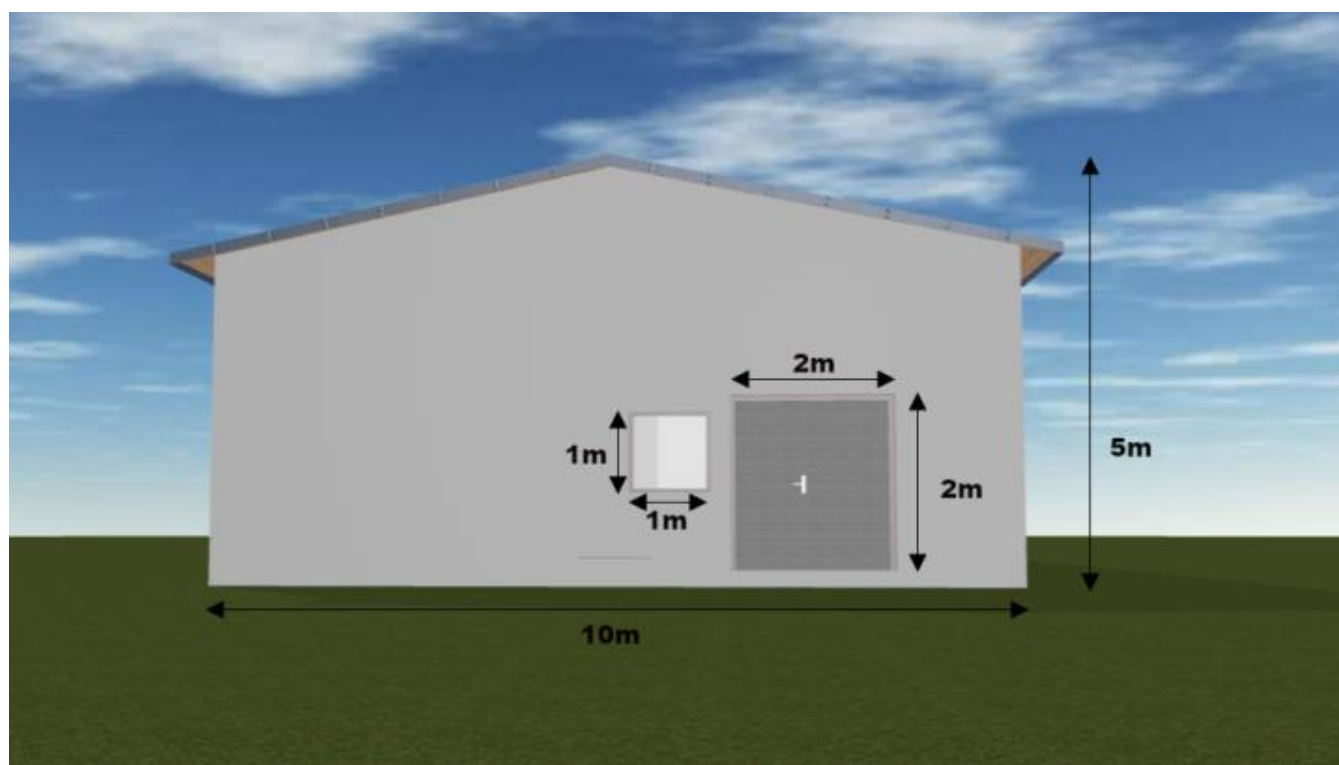


Figura 4-Vista Exterior do Armazém pela Zona B

US402-Pretende-se saber qual o conjunto de materiais a usar nas paredes da estrutura grande e envolvente das restantes, assim como do respetivo telhado.

Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das paredes exteriores.

Material Exterior

Material Exterior	Condutividade Térmica (W/mK)
Cimento	1.76
Microcimento	0,33
Granito	3.50

Tabela 1 - Escolha dos materiais exteriores

Para o exterior do armazém decidimos escolher o Microcimento devido á sua baixa condutividade térmica e às suas características de resistência e impermeabilidade uma vez que o revestimento criado por este material está isento de poros e fissuras o que também o torna excelente no combate contra fungos e algas impossibilitando estes de se desenvolver nele o que é importante não só por questões estéticas, mas também por razões de saúde.

Material Intermédio

Material Intermédio	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo isolante	0.14
Aglomerado de cortiça expandido	0,04
Lã de vidro	0,03

Tabela 2 - Escolha dos materiais intermédios

Para a zona intermédia das paredes escolhemos o aglomerado de cortiça expandido devido a sua baixa condutividade térmica, e o seu elevado desempenho no isolamento acústico e antivibrático. O aglomerado de cortiça é um material sustentável para a construção, feito com processos 100% naturais no qual se utiliza a cortiça apenas como matéria prima.

Material Interior

Material Interior	Condutividade Térmica (W/mK)
Gesso	0.43
Tijolo isolante	0.14
Tijolos de clínquer	0.8

Tabela 3 - Escolha dos materiais internos

Para a zona interior decidimos escolher o tijolo de clínquer um material bastante comum nas construções de grandes edifícios, optamos por este material pois apesar de apresentar uma maior condutividade térmica em relação a outros é o que melhor apresenta características de resistência e durabilidade um fator importante para um armazém.

Quais os materiais e suas características térmicas, a usar no telhado.

Material Exterior

Material Exterior	Condutividade Térmica (W/mK)
Telha de barro	1.2
Telha de isolamento térmico PMTB-2	0.04
Placas de aço	52

Tabela 4 - Escolha dos materiais externos telhado

Para a zona exterior do telhado decidimos escolher a Telha de isolamento térmico PMTB-2 uma vez que é um material bastante comum nas construções atuais e para além disso dos materiais selecionados é o que apresenta a condutividade térmica mais interessante.

Material Intermédio

Material Intermédio	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira	0.12
Poliestireno expandido (EPS)	0.038
Poliestireno extrudido (XPS)	0.034

Tabela 5 - Escolha dos materiais intermédios telhado

Para a zona intermedia decidimos optar pelo Poliestireno extrudido (XPS), devido a suas características ideais para o isolamento térmico, tanto para o frio como o calor. Este material apresenta uma redução da emissão de poluentes atmosféricos, uma alta resistência à compressão e arrepio e é resistente a água.

Material Interior

Material Interior	Condutividade Térmica (W/mK)
Placas de aço	52
Madeira	0.12
Lã de vidro	0.023

Tabela 6 - Escolha dos materiais internos telhado

Para a zona interior decidimos optar pela Madeira pois é um material bastante acessível e que se bem tratado consegue obter uma excelente durabilidade, para além disso apresenta uma resistência térmica interessante e que contribui para uma construção ambientalmente sustentável.

Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das portas e janelas.

Material Janela

Material Porta	Condutividade Térmica (W/mK)
Alumínio	221
Barra de aço de reforço (GOST 10884-81)	58
Madeira	0,12
Vidro	0.76

Tabela 7 - Escolha dos materiais janela

Para a constituição da janela decidimos utilizar Barra de aço de reforço (GOST 10884-81) e Vidro, vidro uma vez que é o material mais comum utilizado nas janelas e as barras de aço pois apresentam uma resistência térmica minimamente interessante e uma boa resistência e durabilidade em contacto com o exterior ao contrário por exemplo da madeira que apesar de apresentar uma melhor condutividade térmica iria degradar-se mais rápido em contacto com o exterior.

Material Porta

Material Janela	Condutividade Térmica (W/mK)
Alumínio	221
PVC	1.80
Ferro	80.3

Tabela 8 - Escolha dos materiais porta

Para a construção da porta escolhemos utilizar uma porta de Ferro devido a sua elevada resistência e à baixa necessidade de manutenção para que ofereça uma boa longevidade. Para além apresenta uma condutividade térmica baixa em relação ao alumínio outro material bastante comum na construção de portas exteriores.

US403-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. A disposição dos espaços fica ao critério dos usuários

Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das paredes interiores.

Material Exterior

Material Exterior	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.4
Cimento	1.76
Microcimento	0,33
Granito	3.50

Tabela 9 - Escolha dos materiais externos parede interior

Na parte externa das paredes interiores optamos por utilizar Tijolo comum, uma vez que é o material mais comum utilizado na construção de edifícios e para além disso apresenta uma boa condutividade térmica, ou seja, um bom isolamento térmico para além de boa durabilidade e bom isolamento acústico.

Material Interior

Material Interior	Condutividade Térmica (W/mK)
Lã de rocha	0.034
Lã de vidro	0.023
Poliestireno expandido (EPS)	0.038
Poliestireno extrudido (XPS)	0.034
Aglomerado de cortiça expandido	0,04

Tabela 10 - Escolha dos materiais internos parede interior

Na parte interior decidimos utilizar Lã de vidro pois apresenta uma boa durabilidade e isolamento acústico e acústico, para além disso é um dos materiais isolantes, mas utilizados por ser fácil de manusear e por sustentável.

Quais os materiais e suas características térmicas, a usar na constituição das portas de acesso.

Material	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira Pinheiro	0.121
Alumínio	221
Ferro	80.3

Tabela 11 - Escolha dos materiais porta de acesso

Para as portas interiores decidimos usar Madeira de Pinheiro uma vez que dentro das opções escolhidas é a que apresenta uma condutividade térmica mais interessante, o facto de não ser necessário uma resistência tão elevada devido ao baixo contacto com o exterior e o seu alto valor estético são outros valores extras que fazem dela a opção mais interessante.

US404-Pretende-se saber qual a resistência térmica das paredes, para cada temperatura de funcionamento, de cada espaço ou zona que deve conter pelo menos três materiais diferentes nas suas paredes. Um para o material exterior, outro para o material intermédio e outro para o material interior

Para a divisão ou zona C, a funcionar à temperatura de -10 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão.

Resistência paredes exteriores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Microcimento	0.03	0.33
Aglomerado de cortiça expandido	0.05	0.04
Tijolos de clínquer	0.10	0.8

Tabela 12 - materiais externos zona c

A Zona C contém duas paredes exteriores uma de 10m x 5m e outra de 5m x 5m.

$$R_{\text{parede5x10}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{aglomerado}} + R_{\text{tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (5 * 10)} = 1.818 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (5 * 10)} = 2.5 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (5 * 10)} = 2.5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede5x10}} = 2.93 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede5x5} = R_{microcimento} + R_{Agglomerado} + R_{Tijolo}$$

$$R_{microcimento} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (5 * 5)} = 3.636 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{Agglomerado} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{parede5x10} = 5.86 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{paredesExteriores} = R_{parede5x5} + R_{parede10x5}$$

$$R_{paredesExteriores} = 5.86 * 10^{-2} + 2.93 * 10^{-2} = 8.79 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

Resistência paredes interiores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.07	0.4
Lã de vidro	0.07	0.023
Tijolo	0.07	0.4

Tabela 13 - materiais internos zona c I

Porta	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira Pinheiro	0.07	0.121

Tabela 14 - materiais internos zona c II

A Zona C contém duas paredes interiores uma de 10m x 5m com porta de 1m x 2m e outra de 5m x 5m.

$$R_{paredesInteriores} = R_{paredeComPorta} + R_{paredeSemPorta}$$

$$R_{paredeSemPorta} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (5 * 5)} = 7 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (5 * 5)} = 1.22 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{paredeSemPorta} = 7 * 10^{-3} * 2 + 1.22 * 10^{-1} = 1.36 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = (R_{\text{zonaPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeEsqPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeDirPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeTopPorta}})^{-1})^{-1}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = R_{\text{Porta}} + R_{\text{Ar}}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaPorta}}$$

$$R_{\text{Ar}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.14}{0.03 * (1 * 2)} = 2.33 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Porta}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.121 * (1 * 2)} = 2.89 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = 2.33 + 2.89 * 10^{-1} = 2.62 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (7 * 5)} = 5.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (7 * 5)} = 8.70 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (7 * 5)} = 5.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = 5.00 * 10^{-3} + 8.70 * 10^{-2} + 5.00 * 10^{-3} = 9.70 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} =$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} =$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (1 * 3)} = 1.01 \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = 5.83 * 10^{-2} + 1.01 + 5.83 * 10^{-2} = 1.13 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = (2.62)^{-1} + (9.70 * 10^{-2})^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (1.13)^{-1})^{-1} \\ = 6.88 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = 6.88 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = 1.36 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 6.88 * 10^{-2} + 1.36 * 10^{-1} = 2.05 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência Final

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 5.86 * 10^{-2} + 2.93 * 10^{-2} = 8.79 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 6.88 * 10^{-2} + 1.36 * 10^{-1} = 2.05 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{ZonaC}} = R_{\text{paredesExteriores}} + R_{\text{paredesInteriores}} = 8.79 * 10^{-2} + 2.05 * 10^{-1} = 2.92 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Para a divisão ou zona D, a funcionar à temperatura de 0 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão.

Resistência paredes exteriores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Microcimento	0.03	0.33
Aglomerado de cortiça expandido	0.05	0.04
Tijolos de clínquer	0.10	0.8

Tabela 15 - materiais externos zona d

A Zona D contém duas paredes exteriores de 5m x 5m.

$$R_{\text{parede5x5}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{Aglomerado}} + R_{\text{Tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (5 * 5)} = 3.636 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede5x10}} = 5.86 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesExteriores}} = R_{\text{parede5x5}} * 2$$

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 5.86 * 10^{-2} * 2 = 1.17 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência paredes interiores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.07	0.4
Lã de vidro	0.07	0.023
Tijolo	0.07	0.4

Tabela 16 - materiais internos zona d I

Porta	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira Pinheiro	0.07	0.121

Tabela 17 - materiais internos zona d II

A Zona C contém duas paredes interiores uma de 5m x 5m com porta de 1m x 2m e outra de 5m x 5m.

$$R_{\text{paredesInteriores}} = R_{\text{paredeComPorta}} + R_{\text{paredeSemPorta}}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = R_{\text{LaDeVidro}} + R_{\text{Tijolo}} * 2$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (5 * 5)} = 7.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (5 * 5)} = 1.22 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = 7.00 * 10^{-3} * 2 + 1.22 * 10^{-1} = 1,29 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = ((R_{\text{zonaPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeEsqPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeDirPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeTopPorta}})^{-1})^{-1}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = R_{\text{Porta}} + R_{\text{Ar}}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaPorta}}$$

$$R_{\text{Ar}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.14}{0.03 * (1 * 2)} = 2.33 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Porta}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.121 * (1 * 2)} = 2.89 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = 2.33 + 2.89 * 10^{-1} = 2.62 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} =$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (1 * 3)} = 1.01 \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = 5.83 * 10^{-2} + 1.01 + 5.83 * 10^{-2} = 1.13 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{paredeComPorta}} &= ((2.62)^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (1.13)^{-1})^{-1} \\ &= 1.40 * 10^{-1} \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = 1.40 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = 1,29 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 1.40 * 10^{-1} + 1,29 * 10^{-1} = 2.69 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência Final

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 5.86 * 10^{-2} * 2 = 1.17 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 2.69 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{ZonaD}} = R_{\text{paredesExteriores}} + R_{\text{paredesInteriores}} = 1.17 * 10^{-1} + 2.69 * 10^{-1} = 3.86 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Para a divisão ou zona E, a funcionar à temperatura de 10 °C, determinar a resistência térmica, de cada parede e total, com a inclusão da porta de acesso à divisão

Resistência paredes exteriores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Microcimento	0.03	0.33
Aglomerado de cortiça expandido	0.05	0.04
Tijolos de clínquer	0.10	0.8

Tabela 18 -materiais externos zona e

A Zona E contém duas paredes exteriores de 5m x 5m.

$$R_{\text{parede5x5}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{Aglomerado}} + R_{\text{Tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (5 * 5)} = 3.636 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (5 * 5)} = 5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede5x10}} = 5.86 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesExteriores}} = R_{\text{parede5x5}} * 2$$

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 5.86 * 10^{-2} * 2 = 1.17 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência paredes interiores

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.07	0.4
Lã de vidro	0.07	0.023
Tijolo	0.07	0.4

Tabela 19 - materiais internos zona e I

Porta	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira Pinheiro	0.07	0.121

Tabela 20 - materiais internos zona e II

A Zona E contém duas paredes interiores uma de 5m x 5m com porta de 1m x 2m e outra de 5m x 5m.

$$R_{\text{paredesInteriores}} = R_{\text{paredeComPorta}} + R_{\text{paredeSemPorta}}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = R_{\text{LaDeVidro}} + R_{\text{Tijolo}} * 2$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (5 * 5)} = 7.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (5 * 5)} = 1.22 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = 7.00 * 10^{-3} * 2 + 1.22 * 10^{-1} = 1,29 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = ((R_{\text{zonaPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeEsqPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeDirPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeTopPorta}})^{-1})^{-1}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = R_{\text{Porta}} + R_{\text{Ar}}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaPorta}}$$

$$R_{\text{Ar}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.14}{0.03 * (1 * 2)} = 2.33 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Porta}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.121 * (1 * 2)} = 2.89 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = 2.33 + 2.89 * 10^{-1} = 2.62 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} =$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (1 * 3)} = 1.01 \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = 5.83 * 10^{-2} + 1.01 + 5.83 * 10^{-2} = 1.13 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{paredeComPorta}} &= ((2.62)^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (1.13)^{-1})^{-1} \\ &= 1.40 * 10^{-1} \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$R_{\text{paredeComPorta}} = 1.40 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeSemPorta}} = 1,29 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 1.40 * 10^{-1} + 1,29 * 10^{-1} = 2.69 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência Final

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 5.86 * 10^{-2} * 2 = 1.17 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 2.69 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{ZonaE}} = R_{\text{paredesExteriores}} + R_{\text{paredesInteriores}} = 1.17 * 10^{-1} + 2.69 * 10^{-1} = 3.86 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Para a estrutura grande, que envolve as restantes divisões, determinar a resistência térmica, de cada parede e telhado, com a inclusão das portas de acesso à receção e de armazenamento e janelas consideradas, de acordo com a escolha dos materiais realizada.

Paredes Exteriores – Zona A

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Microcimento	0.03	0.33
Aglomerado de cortiça expandido	0.05	0.04
Tijolos de clínquer	0.10	0.8
Ferro	0.05	80.3
Barra de aço de reforço (GOST 10884-81)	0.05	58
Vidro	0.05	0.76

Tabela 21 - materiais externos zona A

A Zona A contém uma parede externa de 10m x 5m com uma porta de 4m x 2.5m e uma janela de 1m x 1m.

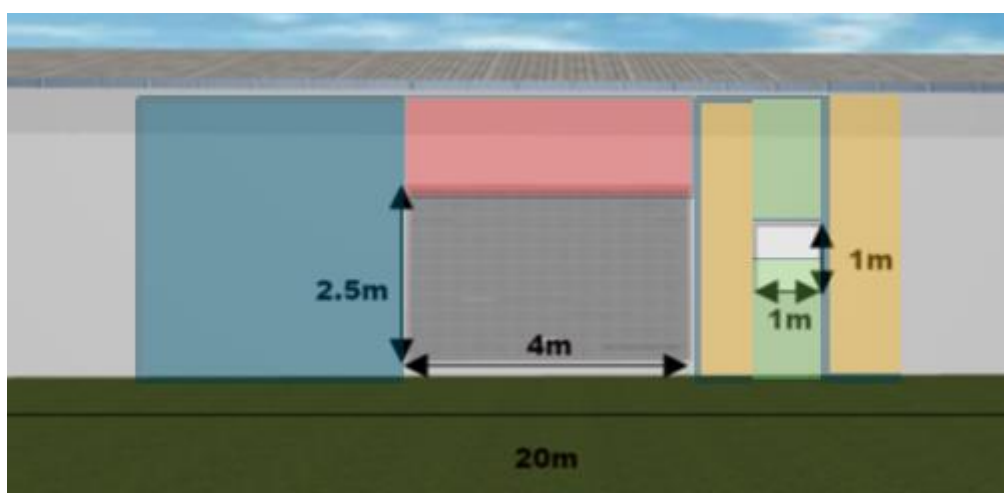


Figura 5 - Esquema Parede Exterior Zona A

Legenda: Azul: parede3x5; Vermelho: parede4x2.5; Cinzento: garagem; Amarelo: parede1x5; Verde: parede1x2

$$R_{\text{parede3x5}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{aglomerado}} + R_{\text{tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (3 * 5)} = 6.06 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (3 * 5)} = 8.33 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (3 * 5)} = 8.33 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede3x10}} = 9.77 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede4x2.5} = R_{microcimento} + R_{Aglomerado} + R_{Tijolo}$$

$$R_{microcimento} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (4 * 2.5)} = 9.09 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{Aglomerado} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (4 * 2.5)} = 1.25 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (4 * 2.5)} = 1.25 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$\mathbf{R_{parede4x2.5} = 1.47 * 10^{-1} \text{ K/W}}$$

$$R_{garagem} = R_{ar} + R_{ferro}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (4 * 2.5)} = 4.33 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{ferro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{80.3 * (4 * 2.5)} = 6.23 * 10^{-5} \text{ K/W}$$

$$\mathbf{R_{garagem} = 4.33 * 10^{-1} \text{ K/W}}$$

$$R_{parede1x5} = (R_{microcimento} + R_{Aglomerado} + R_{Tijolo}) * 2$$

$$R_{microcimento} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (1 * 5)} = 1.81 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{Aglomerado} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (1 * 5)} = 2.50 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (1 * 5)} = 2.50 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$\mathbf{R_{parede1x5} = 2.93 * 10^{-1} * 2 = 5.86 * 10^{-1} \text{ K/W}}$$

$$R_{parede1x2} = (R_{microcimento} + R_{Aglomerado} + R_{Tijolo}) * 2$$

$$R_{microcimento} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (1 * 2)} = 4.55 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{Aglomerado} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (1 * 2)} = 6.25 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (1 * 2)} = 6.25 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1x2} = 7.33 * 10^{-1} * 2 = 1.47 \text{ K/W}$$

$$R_{janela} = R_{estrutura1} * 2 + R_{estrutura2} * 2 + R_{vidro}$$

$$R_{estrutura1} = R_{metal} + R_{ar}$$

$$R_{metal} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{58 * (1 * 0.05)} = 1.72 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (1 * 0.05)} = 86.67 \text{ K/W}$$

$$R_{estrutura1} = 86.68 \text{ K/W}$$

$$R_{estrutura2} = R_{metal} + R_{ar}$$

$$R_{metal} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{58 * (0.05 * 0.9)} = 1.92 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (0.05 * 0.9)} = 96.30 \text{ K/W}$$

$$R_{estrutura2} = 96.30 + 1.92 * 10^{-2} = 96.32 \text{ K/W}$$

$$R_{vidro} = R_{vidro} + R_{ar}$$

$$R_{vidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.76 * (0.9 * 0.9)} = 8.12 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (0.9 * 0.9)} = 5.35 \text{ K/W}$$

$$R_{vidro} = 5.35 + 8.12 * 10^{-2} = 5.43 \text{ K/W}$$

$$R_{janela} = ((86.68 * 2)^{-1} + (96.32 * 2)^{-1} + (5.43)^{-1})^{-1} = 5.13 \text{ K/W}$$

$$R_{parede3x10} = 9.77 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede4x2.5} = 1.47 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{garagem} = 4.33 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1x5} = 2.93 * 10^{-1} * 2 = 5.86 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1x2} = 7.33 * 10^{-1} * 2 = 1.47 \text{ K/W}$$

$$R_{janela} = ((86.68 * 2)^{-1} + (96.32 * 2)^{-1} + (5.43)^{-1})^{-1} = 5.13 \text{ K/W}$$

$$R_{paredesExteriores} = ((9.77 * 10^{-2})^{-1} + (1.47 * 10^{-1})^{-1} + (4.33 * 10^{-1})^{-1} + (5.86 * 10^{-1})^{-1} + (1.47)^{-1} + (5.13)^{-1})^{-1} = 4.56 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

Paredes Interiores – Zona A

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.07	0.4
Lã de vidro	0.07	0.023
Tijolo	0.07	0.4

Tabela 22 - materiais internos zona A I

Porta	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Madeira Pinheiro	0.07	0.121

Tabela 23 - materiais internos zona A II

A Zona A contém três paredes interna duas de 5m x 5m com uma porta de 1m x 2m e outra parede de 10m x 5m com uma porta de 1m x 2m

$$R_{paredeComPorta} = (R_{zonaPorta})^{-1} + (R_{zonaParedeEsqPorta})^{-1} + (R_{zonaParedeDirPorta})^{-1} + (R_{zonaParedeTopPorta})^{-1})^{-1}$$

$$R_{zonaPorta} = R_{Porta} + R_{Ar}$$

$$R_{zonaParedeEsqPorta} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{zonaParedeDirPorta} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{zonaParedeTopPorta} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{zonaPorta}$$

$$R_{Ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.14}{0.03 * (1 * 2)} = 2.33 \text{ K/W}$$

$$R_{Porta} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.121 * (1 * 2)} = 2.89 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{zonaPorta} = 2.33 + 2.89 * 10^{-1} = 2.62 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} =$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (1 * 3)} = 1.01 \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = 5.83 * 10^{-2} + 1.01 + 5.83 * 10^{-2} = 1.13 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{paredeComPorta}} &= (2.62)^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (1.13)^{-1})^{-1} \\ &= 1.40 * 10^{-1} \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$R_{\text{paredeComPorta10x}} = (R_{\text{zonaPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeEsqPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeDirPorta}})^{-1} + (R_{\text{zonaParedeTopPorta}})^{-1})^{-1}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = R_{\text{Porta}} + R_{\text{Ar}}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = R_{\text{Tijolo}} * 2 + R_{\text{LaDeVidro}}$$

$$R_{\text{zonaPorta}}$$

$$R_{\text{Ar}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.14}{0.03 * (1 * 2)} = 2.33 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Porta}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.121 * (1 * 2)} = 2.89 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaPorta}} = 2.33 + 2.89 * 10^{-1} = 2.62 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (2 * 5)} = 3.04 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (2 * 5)} = 1.75 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeEsqPorta}} = 1.75 * 10^{-2} + 3.04 * 10^{-1} + 1.75 * 10^{-2} = 3.39 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} =$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (7 * 5)} = 5.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{LaDeVidro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (7 * 5)} = 8.70 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (7 * 5)} = 5.00 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeDirPorta}} = 5.00 * 10^{-3} + 8.70 * 10^{-2} + 5.00 * 10^{-3} = 9.70 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (1 * 3)} = 1.01 \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (1 * 3)} = 5.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaParedeTopPorta}} = 5.83 * 10^{-2} + 1.01 + 5.83 * 10^{-2} = 1.13 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta10x}} = ((2.62)^{-1} + (3.39 * 10^{-1})^{-1} + (9.70 * 10^{-2})^{-1} + (1.13)^{-1})^{-1} \\ = 6.88 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredeComPorta5x}} = 1.33 * 10^{-1} * 2 = 2.66 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede10xComPorta}} = 6.88 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 2.66 * 10^{-1} + 6.88 * 10^{-2} = 3.35 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência Final – Zona A

$$R_{\text{paredesExteriores}} = 4.56 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{paredesInteriores}} = 3.35 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaA}} = 3.35 * 10^{-1} + 4.56 * 10^{-2} = 3.81 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Paredes Exteriores – Zona B

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Microcimento	0.03	0.33
Aglomerado de cortiça expandido	0.05	0.04
Tijolos de clínquer	0.10	0.8
Ferro	0.05	80.3
Barra de aço de reforço (GOST 10884-81)	0.05	58
Vidro	0.05	0.76

Tabela 24 -materiais externos zona B

A Zona B contém duas paredes externas de 5m x 5m com uma porta de 2m x 2m e uma janela de 1m x 1m e uma parede simples de 10m por 5m.

$$R_{\text{parede5x10}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{aglomerado}} + R_{\text{tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (5 * 10)} = 1.818 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (5 * 10)} = 2.5 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (5 * 10)} = 2.5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede5x10}} = 2.93 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede5x5}}$$

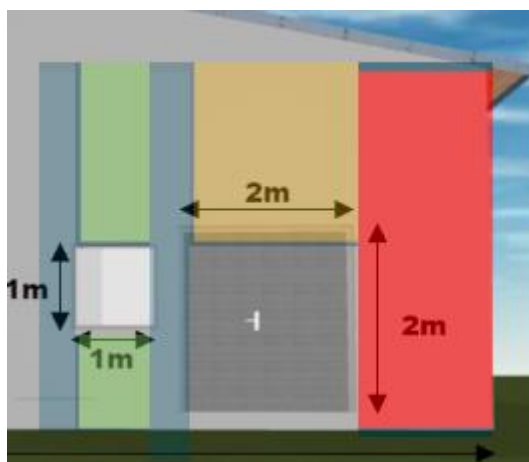


Figura 6 - Esquema Parede Exterior Zona B

Legenda: Azul: parede 0.25x5; Vermelho: parede 1.5x5; Cinzento: porta; Amarelo: parede 2x3; Verde: parede 1x2

$$R_{\text{parede0.25x5}} = (R_{\text{microcimento}} + R_{\text{Aglomerado}} + R_{\text{Tijolo}}) * 2$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (0.25 * 5)} = 7.27 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (0.25 * 5)} = 1 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (0.25 * 5)} = 1.00 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede0.25x5}} = (7.27 * 10^{-2} + 1 + 0.1) * 2 = 1.17 * 2 = 2.34 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede2x3}} = R_{\text{microcimento}} + R_{\text{Aglomerado}} + R_{\text{Tijolo}}$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (2 * 3)} = 1.52 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (2 * 3)} = 2.83 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (2 * 3)} = 2.83 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede2x3}} = 1.52 * 10^{-2} + 2.83 * 10^{-1} + 2.83 * 10^{-2} = 3.27 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{porta}} = R_{\text{ar}} + R_{\text{ferro}}$$

$$R_{\text{ar}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (2 * 2)} = 1.08 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{ferro}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{80.3 * (2 * 2)} = 1.50 * 10^{-4} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{porta}} = 1.08 + 1.50 * 10^{-4} = 1.8 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{parede1x5}} = (R_{\text{microcimento}} + R_{\text{Aglomerado}} + R_{\text{Tijolo}}) * 2$$

$$R_{\text{microcimento}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (1 * 5)} = 1.81 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Aglomerado}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (1 * 5)} = 2.50 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Tijolo}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (1 * 5)} = 2.50 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1x5} = 2.93 * 10^{-1} * 2 = 5.86 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1.5x5} = R_{microcimento} + R_{Aglomerado} + R_{Tijolo}$$

$$R_{microcimento} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.03}{0.33 * (1.5 * 5)} = 1.21 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{Aglomerado} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (1.5 * 5)} = 1.66 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.8 * (1.5 * 5)} = 1.66 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede1.5x5} = 1.21 * 10^{-2} + 1.66 * 10^{-1} + 1.66 * 10^{-2} = 1.95 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{janela} = R_{restrutura1} * 2 + R_{restrutura2} * 2 + R_{vidro}$$

$$R_{restrutura1} = R_{metal} + R_{ar}$$

$$R_{metal} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{58 * (1 * 0.05)} = 1.72 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (1 * 0.05)} = 86.67 \text{ K/W}$$

$$R_{restrutura1} = 86.68 \text{ K/W}$$

$$R_{restrutura2} = R_{metal} + R_{ar}$$

$$R_{metal} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{58 * (0.05 * 0.9)} = 1.92 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (0.05 * 0.9)} = 96.30 \text{ K/W}$$

$$R_{restrutura2} = 96.30 + 1.92 * 10^{-2} = 96.32 \text{ K/W}$$

$$R_{vidro} = R_{vidro} + R_{ar}$$

$$R_{vidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.76 * (0.9 * 0.9)} = 8.12 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{ar} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.13}{0.03 * (0.9 * 0.9)} = 5.35 \text{ K/W}$$

$$R_{vidro} = 5.35 + 8.12 * 10^{-2} = 5.43 \text{ K/W}$$

$$R_{janela} = ((86.68 * 2)^{-1} + (96.32 * 2)^{-1} + (5.43)^{-1})^{-1} = 5.13 \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned}
R_{parede0.25x5} &= R_{parede0.25x5} = (7.27 * 10^{-2} + 1 + 0.1) * 2 = 1.17 * 2 = 2.34 \text{ K/W} \\
R_{parede2x3} &= 1.52 * 10^{-2} + 2.83 * 10^{-1} + 2.83 * 10^{-2} = 3.27 * 10^{-1} \text{ K/W} \\
R_{porta} &= 1.08 + 1.50 * 10^{-4} = 1.8 \text{ K/W} \\
R_{parede1x5} &= 2.93 * 10^{-1} * 2 = 5.86 * 10^{-1} \text{ K/W} \\
R_{parede1.5x5} &= 1.21 * 10^{-2} + 1.66 * 10^{-1} + 1.66 * 10^{-2} = 1.95 * 10^{-1} \text{ K/W} \\
R_{janela} &= ((86.68 * 2)^{-1} + (96.32 * 2)^{-1} + (5.43)^{-1})^{-1} = 5.13 \text{ K/W} \\
R_{parede5x5} &= ((2.34)^{-1} + (3.27 * 10^{-1})^{-1} + (1.8)^{-1} + (5.86 * 10^{-1})^{-1} + (1.95 * 10^{-1})^{-1} + (5.13)^{-1})^{-1} = 9.03 * 10^{-2} \text{ K/W} \\
R_{parede5x10} &= 2.93 * 10^{-2} \text{ K/W} \\
R_{paredesExteriores} &= 9.03 * 10^{-2} + 2.93 * 10^{-2} = 1.20 * 10^{-1} \text{ K/W}
\end{aligned}$$

Paredes Interiores – Zona B

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo	0.07	0.4
Lã de vidro	0.07	0.023
Tijolo	0.07	0.4

Tabela 25 - materiais internos zona B

A Zona B contém duas paredes internas uma de 10m x 5m e outra de 5m x 5m.

$$R_{parede5x5} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (5 * 5)} = 7 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (5 * 5)} = 1.22 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede5x5} = 7 * 10^{-3} * 2 + 1.22 * 10^{-1} = 1.36 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede10x5} = R_{Tijolo*2} + R_{LaDeVidro}$$

$$R_{Tijolo} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.4 * (10 * 5)} = 3.5 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{LaDeVidro} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.07}{0.023 * (10 * 5)} = 6.01 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{parede10x5} = 3.5 * 10^{-3} * 2 + 6.01 * 10^{-2} = 6.71 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

=====

$$R_{parede5x5} = 7 * 10^{-3} * 2 + 1.22 * 10^{-1} = 1.36 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{parede10x5} = 3.5 * 10^{-3} * 2 + 6.01 * 10^{-2} = 6.71 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{paredesInteriores} = 1.36 * 10^{-1} + 6.71 * 10^{-2} = 2.03 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

=====

Resistência Final – Zona B

$$R_{paredesExteriores} = 9.03 * 10^{-2} + 2.93 * 10^{-2} = 1.20 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{paredesInteriores} = 1.36 * 10^{-1} + 6.71 * 10^{-2} = 2.03 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{zonaB} = 1.20 * 10^{-1} + 2.03 * 10^{-1} = 3.23 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

Resistência Telhado - Introdução

Materiais	Espessura(m)	Condutividade Térmica (W/mK)
Telha de isolamento térmico PMTB-2	0.05	0.04
Poliestireno extrudido (XPS)	0.1	0.034
Madeira	0.05	0.12

Tabela 26- Materiais Telhado

O telhado pode ser dividido em duas zonas, a zona triangular e a zona retangular.

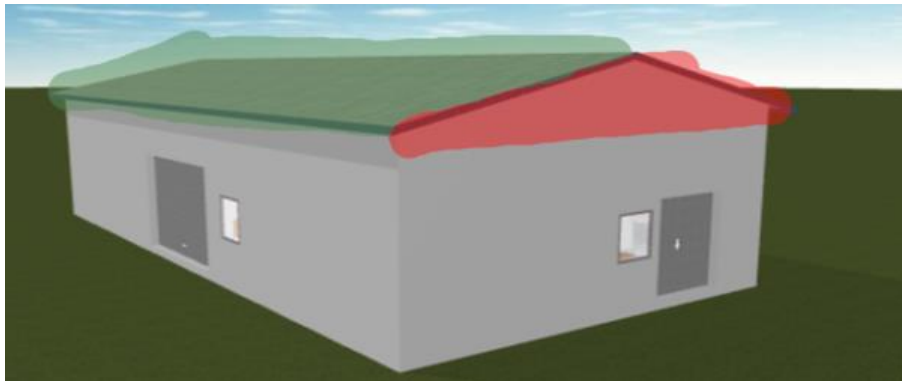


Tabela 27 - Esquema Telhado

Legenda: Vermelho -zona triangular; Verde – zona retangular

Resistência Telhado - Zona Retangular

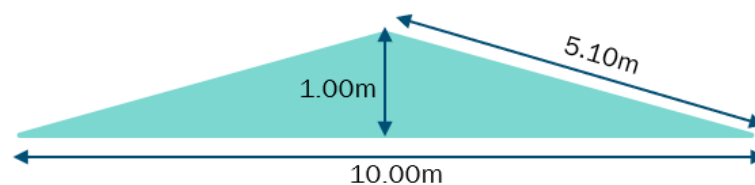


Tabela 28 - Esquema Medidas Telhado

$$R_{\text{zonaRetangular}} = (R_{\text{telha}} + R_{\text{xps}} + R_{\text{madeira}}) * 2$$

$$R_{\text{telha}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * (20 * 5.10)} = 1.23 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{xps}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.034 * (20 * 5.10)} = 2.88 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{madeira}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.12 * (20 * 5.10)} = 4.08 * 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{zonaRetangular}} &= (1.23 * 10^{-2} + 2.88 * 10^{-2} + 4.08 * 10^{-3}) * 2 = 4.52 * 10^{-2} * 2 \\ &= 9.04 * 10^{-2} \text{ K/W} \end{aligned}$$

Resistência Telhado – Zona Triangular

$$R_{\text{zonaTriangular}} = (R_{\text{telha}} + R_{\text{xps}} + R_{\text{madeira}}) * 2$$

$$R_{\text{telha}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.04 * \left(\frac{10 * 1}{2}\right)} = 2.50 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{xps}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.1}{0.034 * \left(\frac{10 * 1}{2}\right)} = 5.88 * 10^{-1} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{madeira}} = \frac{L}{K * A} = \frac{0.05}{0.12 * \left(\frac{10 * 1}{2}\right)} = 8.33 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaTriangular}} = (2.50 * 10^{-1} + 5.88 * 10^{-1} + 8.33 * 10^{-2}) * 2 = 9.21 * 10^{-1} * 2 \\ = 1.84 \text{ K/W}$$

Resistência Telhado - Final

$$R_{\text{zonaRetangular}} = (1.23 * 10^{-2} + 2.88 * 10^{-2} + 4.08 * 10^{-3}) * 2 = 4.52 * 10^{-2} * 2 \\ = 9.04 * 10^{-2} \text{ K/W}$$

$$R_{\text{zonaTriangular}} = (2.50 * 10^{-1} + 5.88 * 10^{-1} + 8.33 * 10^{-2}) * 2 = 9.21 * 10^{-1} * 2 \\ = 1.84 \text{ K/W}$$

$$R_{\text{Telhado}} = 9.04 * 10^{-2} + 1.84 = 1.93 \text{ K/W}$$

Referencias

<https://isocor.pt/produto/aglomerado-cortica-expandida/>

<https://buildex.techinfus.com/pt/uteplenie/teploprovodnost-uteplitelej.html>

<https://www.microcrete.com.pt/blog/materiais-construcao-exterior-microcimento/>

https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5734/1/DM_FabioMoreira_2014_MEC.pdf

<https://deformac.com/pt-pt/produto/poliestireno-expandido/>