



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

cb3e.ufsc.br

**Cálculo da transmitância térmica de componentes
construtivos usuais segundo a NBR 15220-2:2022**

Florianópolis, outubro de 2022



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Civil
www.ecv.ufsc.br



Centro Brasileiro de Eficiência
Energética em Edificações
www.cb3e.ufsc.br
Fones: (48) 3721-5184 / 3721-5185



Universidade Federal de Santa Catarina

Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil
Campus Universitário – Trindade
Florianópolis – SC – CEP 88040-900
Caixa Postal 476

Implementação do novo método de avaliação da eficiência energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica



Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina

<http://www.feesc.org.br>



CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações

<http://www.cb3e.ufsc.br>



LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

<http://www.labeee.ufsc.br>



Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

<http://www.eletrobras.gov.br>



Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

<http://www.eletrobras.gov.br/procel>

Convênio ECV-PRFP 001/2019 Eletrobrás/UFSC

Cálculo da transmitância térmica de componentes construtivos usuais segundo a NBR 15220-2:2022

Coordenação do projeto: Prof. Roberto Lamberts, PhD

Subcoordenação do projeto: Prof. Ana Paula Melo, Dr.
Prof. Michele Fossati, Dr.

Autoria: Matheus Soares Geraldi, Dr.
João Longen
Victória Silveira Nunes

Florianópolis, 31 de outubro de 2022

Sumário

Sumário	3
Apresentação.....	4
1. Introdução	5
2. Componentes construtivos	5
3. Método de cálculo segundo a NBR 15220/2022	9
4. Transmitâncias térmicas	13
5. Comparação entre valores NBR 15220/2005 e NBR 15220/2022.....	15
6. Considerações finais	16
Referências	17

Apresentação

Este documento foi elaborado no âmbito do Convênio de Cooperação Técnico-Financeira ECV-PRFP 001/2019, celebrado entre a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o objetivo de apoiar tecnicamente a implementação do novo método de avaliação da eficiência energética do programa brasileiro de etiquetagem de edificações, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia (Procel).

O convênio possui as seguintes frentes de trabalho:

1. Manutenção e Respostas às dúvidas do Fórum do PBE Edifica;
2. Manutenção do Site PBE Edifica;
3. Acompanhamento e compilação das edificações que recebem etiqueta;
4. Formação de Multiplicadores e Atualização dos Manuais de aplicação das Instruções Normativas INMETRO e relacionados;
5. Melhorias das interfaces das Redes Neurais;
6. Aperfeiçoamento e simplificação das Redes Neurais;
7. Apoio à normalização de Eficiência Energética em Edificações;
8. Apoio ao núcleo de Medições;
9. Apoio técnico para o desenvolvimento de certificação de pessoas.

Este relatório integra a frente de trabalho 8 (Apoio ao núcleo de medições). Dessa forma, apresenta-se neste relatório a atualização do cálculo das propriedades térmicas, em especial a transmitância térmica, dos componentes construtivos típicos no mercado da construção civil brasileiro.

1. Introdução

A transmitância térmica uma propriedade inerente ao componente construtivo. É expresso pelo inverso da resistência térmica, em W/m^2K .

A norma NBR 15220/2005 trouxe um método de cálculo para resistência e transmitância térmicas para componentes construtivos de edificações. Porém, em 2022 a norma NBR 15220 foi atualizada de forma a alinhar o método de cálculo da transmitância térmica com a norma internacional ISO 6946/2017 Parte 2. Isso motivou o recálculo dos valores típicos de transmitância térmica dos componentes mais comuns no mercado da construção civil no Brasil. Outro fator que motivou esta atualização foi a publicação da norma NBR 10456/2022, que trouxe valores típicos de propriedades higrotérmicas para produtos da construção. Nessa norma, alguns valores de materiais muito utilizados foram atualizados e refinados – a exemplo do concreto, que antes, quando especificado na NBR 15220/2005, era representado por um valor único de condutividade térmica, e agora, possui 3 valores a depender da taxa de armadura do concreto. Dessa forma, acredita-se que há mais precisão nos valores atualizados da NBR 10456/2022 em representar a diversidade de materiais na construção civil.

Dessa forma, este relatório apresenta: um resumo do método de cálculo; os componentes construtivos recalculados; e uma breve comparação entre os valores de transmitância anteriores (NBR 15220/2005) e recalculados (NBR 15220/2022).

2. Componentes construtivos

A Tabela 1 apresenta a lista de componentes construtivos incluídos no recálculo de transmitância. Cada componente é descrito pelas suas camadas, especificando-se os materiais a compõem, e, para cada material, especifica-se a densidade e a condutividade térmica adotados no cálculo de transmitância. Reforça-se que esses valores de condutividade térmica foram obtidos junto à NBR 10456/2022. Os componentes escolhidos são aqueles que compõem o Anexo V do RAC (Requisitos para Avaliação da Conformidade) da INI.

Tabela 1 – Propriedades dos Componentes construtivos de **Paredes**.

#	Camada	Densidade [kg/m ³]	Condutividade térmica [W/(m.K)]
1	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco de concreto (9.0 x 19.0 x 39.0 cm)	1800	1.15
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
3	Gesso interno (0.2 cm)	600	0.18
	Bloco de concreto (9.0 x 19.0 x 39.0 cm)	1800	1.15
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
5	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco de concreto (14.0 x 19.0 x 39.0 cm)	1800	1.15
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
7	Gesso interno (0.2 cm)	600	0.18
	Bloco de concreto (14.0 x 19.0 x 39.0 cm)	1800	1.15
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
9	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco cerâmico (9.0 x 14.0 x 24.0 cm)	1000 - 1300	0.70

#	Camada	Densidade [kg/m³]	Condutividade térmica [W/(m.K)]
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
11	Gesso interno (0.2 cm)	600	0.18
	Bloco cerâmico (9.0 x 14.0 x 24.0 cm)	1000 - 1300	0.70
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
13	Bloco cerâmico (9.0 x 9.0 x 24.0 cm)	1000 - 1300	0.70
14	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco cerâmico (14.0 x 19.0 x 29.0 cm)	1300 - 1600	0.90
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
16	Gesso interno (0.2 cm)	600.00	0.18
	Bloco cerâmico (14.0 x 19.0 x 29.0 cm)	1300 - 1600	0.90
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
19	Tijolo maciço (10.0 x 6.0 x 22.0 cm)	1800 - 2000	1.05
20	Concreto maciço 10 cm	2300	2.30
33.1	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Câmara de ar (> 2 cm)	-	-
	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
33.2	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Lã de vidro 10 cm	20	0.041
	Placa de gesso (1.25 cm)	1520	0.25
33.3	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Lã de vidro 7.5 cm	20	0.041
	Placa de gesso (1.25 cm)	1520	0.25
34	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Lã de rocha (9 cm)	32	0.042
	Placa cimentícia (1 cm)	1520	0.95
34.4	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Câmara de ar (> 2 cm)	-	-
	Placa cimentícia (1 cm)	1520	0.95
34.5	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Lã de vidro 10 cm	20	0.041
	Placa cimentícia (1 cm)	1520	0.95
34.6	Placa de gesso (1.25 cm)	700	0.25
	Lã de vidro 7.5 cm	20	0.041
	Placa cimentícia (1 cm)	1520	0.95
37	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco cerâmico (9.0 x 14.0 x 24.0 cm)	1000 - 1300	0.70
	Lã de rocha (4 cm)	32	0.042
	Bloco cerâmico (9.0 x 14.0 x 24.0 cm)	1000 - 1300	0.70
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
41	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco cerâmico (9.0 x 19.0 x 19.0 cm)	1000 - 1300	0.70
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00
42	Argamassa interna (2.5 cm)	1800	1.00
	Bloco cerâmico (12.0 x 19.0 x 19.0 cm)	1000 - 1300	0.70
	Argamassa externa (2.5 cm)	1800	1.00

Tabela 2 – Propriedades dos componentes construtivos de Coberturas.

Modelo	Camada		Densidade [kg/m³]	Condutividade térmica [W/(m.K)]
1	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
2	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		Lajota cerâmica 7 cm	1 000 – 1 300	0,70
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
4	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha cerâmica		2300	1.30
5	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		Lajota cerâmica 7 cm	1 000 – 1 300	0,70
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha cerâmica		2300	1.30
8	Forro gesso (3 cm)		700.00	0.21
	Câmara de ar (> 5cm)		-	-
	Telha cerâmica (1 cm)		2300	1.30
9	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha fibrocimento		1400 - 1800	0.65
10	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		Lajota cerâmica 7 cm	1 000 – 1 300	0,70
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha fibrocimento (0.8 cm)		1 400 - 1 800	0.65
13	Forro gesso (3 cm)		700	0.21
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha fibrocimento		1400 - 1800	0.65
18 A	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
		Poliuretano 4 cm	1200	0.03
		Alumínio	2800	160.00
18 B	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
		Poliuretano 4 cm	1200	0.03
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
18 C	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
		Poliuretano 4 cm	1200	0.03
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
18 D	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
		Poliuretano 4 cm	1200	0.03
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
19 A	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00

Modelo	Camada		Densidade [kg/m³]	Condutividade térmica [W/(m.K)]
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
		EPS 7 cm	38	0.03
		Alumínio	2800	160.00
19 B	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
	Poliuretano 4 cm		1200	0.03
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
19 C	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
	Poliuretano 4 cm		1200	110.00
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
19 D	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
	Poliuretano 4 cm		1200	0.03
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
20 A	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
		EPS 7 cm	38	0.03
		Alumínio	2800	160.00
20 B	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
	Poliestireno (isopor) 4.0 cm		1050	0.16
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
20 C	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
	Poliestireno (isopor) 4.0 cm		1050	0.16
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	2800	160.00
20 D	Laje maciça (10 cm)		2400	2.50
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
	Poliestireno (isopor) 4.0 cm		1050	0.16
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
21 A	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00

Modelo	Camada		Densidade [kg/m³]	Condutividade térmica [W/(m.K)]
21 B	Laje pré-moldada 12 cm	EPS 7 cm	38	0.03
		Alumínio	2800	160.00
		Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00
	Poliestireno 4.0 cm		1050	0.16
Telha metálica 0.1 cm	Aço	7800	50.00	
21 C	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	1800	160.00
	Poliestireno 4.0 cm		1050	0.16
	Telha metálica 0.1 cm	Alumínio	1800	160.00
21 D	Laje pré-moldada 12 cm	Concreto 4 cm	1800	1.15
		EPS 7 cm	38	0.03
		Argamassa 1 cm	1800	1.00
	Câmara de ar (> 5 cm)		-	-
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00
	Poliestireno 4.0 cm		1050	0.16
	Telha metálica 0.1 cm	Zinco	7200	110.00

O Apêndice I traz as imagens gráficas, de forma a proporcionar uma noção visual dos componentes, bem como a memória de cálculo de todos os componentes.

3. Método de cálculo segundo a NBR 15220/2022

O método de cálculo da norma NBR 15220/2022 é descrito analiticamente na referida norma. Traz-se aqui, um resumo do método e um exemplo específico. A transmitância térmica é definida pelo inverso da resistência térmica, portanto:

$$U = \frac{1}{R}$$

Em que:

U é a transmitância térmica (W/m²K);

R é a resistência térmica (m²K/W).

Já a resistência térmica é calculada pela razão entre a espessura do material e sua condutividade térmica, ou seja:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Em que:

R é a resistência térmica ($\text{m}^2\text{K/W}$);
 E é a espessura do material (m);
 λ é a condutividade térmica do material (W/mK).

No entanto, é comum que componentes da construção civil sejam compostos por composições de materiais. Dessa forma, a norma orienta o cálculo da resistência equivalente a ser feito de duas formas, calculando o R_{upper} e o R_{lower} . O R_{upper} é descrito como a resistência equivalente das seções (em série em relação ao fluxo de calor) e o R_{lower} é descrito como a resistência equivalente das camadas (paralelo ao fluxo de calor).

Nesta seção será apresentado um exemplo para uma parede de tijolo cerâmico de $9 \times 9 \times 24 \text{ cm}$, sem reboco, e com argamassa de assentamento de $1,5 \text{ cm}$ para melhor demonstrar o método de cálculo. Inicialmente, define-se a unidade funcional do componente avaliado, conforme exemplificada na Figura 1.

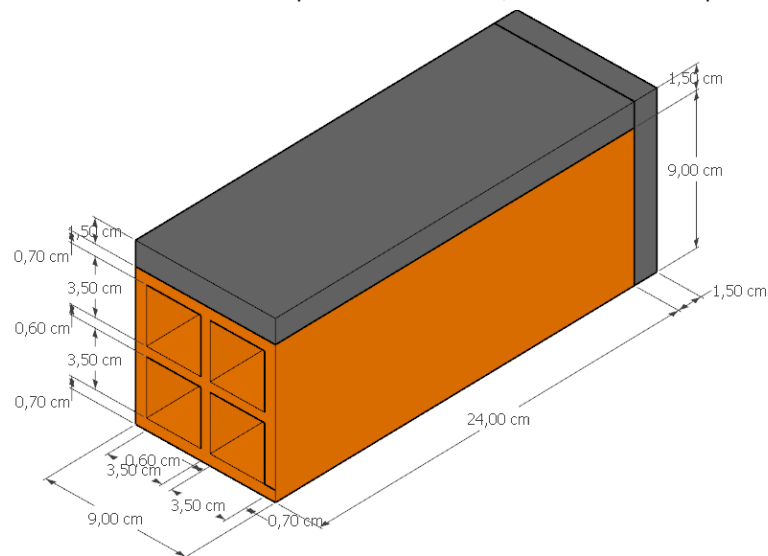


Figura 1 – Unidade funcional de uma parede de bloco cerâmico exemplo.

Na sequência, identifica-se as seções pela qual o fluxo de calor é transmitido em série, conforme demonstrado na Figura 2.

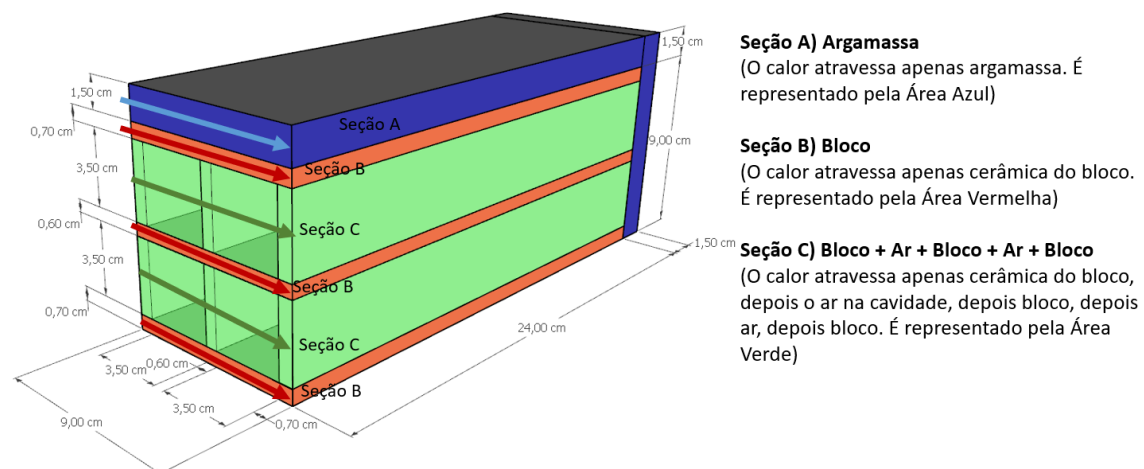


Figura 2 – Identificação das seções.

Com as seções identificadas, calcula-se os fatores de área de cada seção. Considera-se a área perpendicular ao fluxo de calor. A Figura 3 apresenta os fatores de área e os seus cálculos.

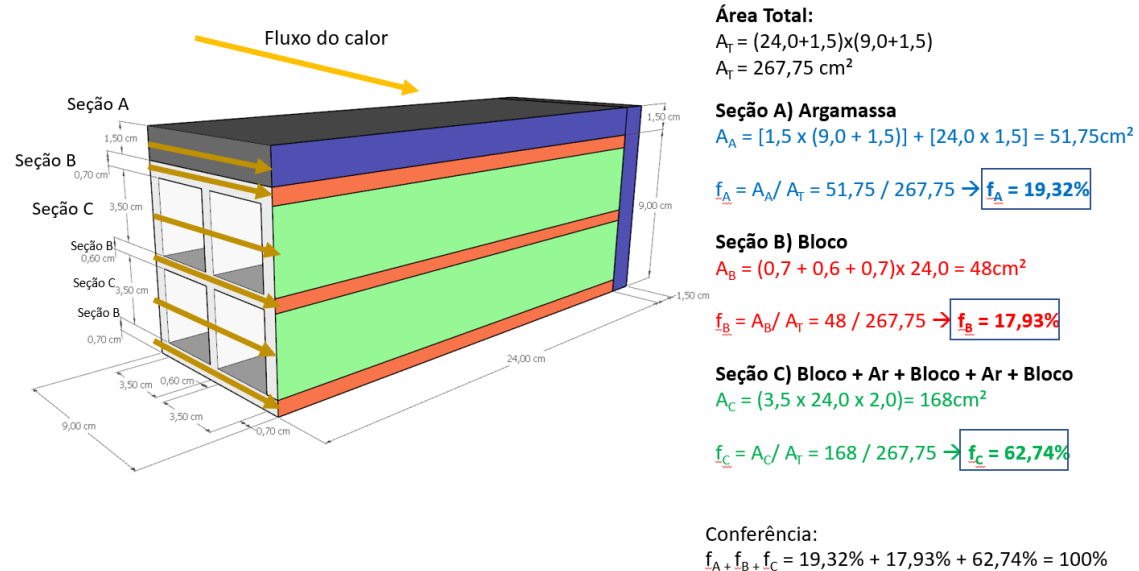


Figura 3 – Cálculo dos fatores de área para cada seção.

Na sequência, calcula-se o R_{upper} , que utiliza as espessuras das camadas e soma as resistências em série (Figura 4).

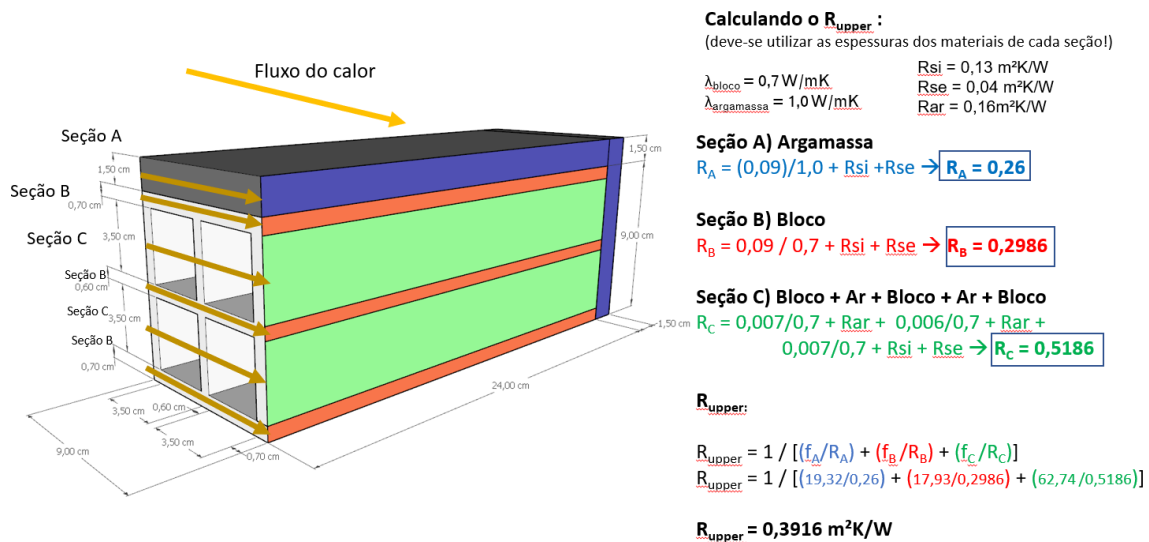


Figura 4 – Cálculo do R_{upper} .

Então, o próximo passo é o cálculo do R_{lower} , que considera cada fatia (camada), e se determina a resistência em paralelo. A Figura 5 demonstra esses cálculos para o componente exemplo.

Calculando o R_{lower}

(deve-se olhar as "fatias" (camadas) que compõem o componente!)

$\lambda_{bloco} = 0,7 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{argamassa} = 1,0 \text{ W/mK}$
 $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $R_{ar} = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$

Camada 1)

$$R_1 = 1 / [R_{1,1} + R_{1,2}]$$

$$R_1 = 1 / [(f_A / (e_1 / \lambda_{argamassa})) + (1 - f_A) / (e_1 / \lambda_{bloco})]$$

$$R_1 = 1 / [19,32 / (0,007 / 1,0) + (17,93 + 62,74) / (0,007 / 0,7)]$$

$$R_1 = 0,0092 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Camada 2)

$$R_2 = 1 / [R_{2,1} + R_{2,2} + R_{2,3}]$$

$$R_2 = 1 / [(f_A / (e_2 / \lambda_{argamassa})) + (f_B / (e_2 / \lambda_{bloco})) + f_C / R_{ar}]$$

$$R_2 = 1 / [19,32 / (3,5 / 0,7) + 17,93 / (3,5 / 0,7) + 62,74 / 0,16]$$

$$R_2 = 0,0768 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Camada 3)

$$R_3 = 1 / [R_{3,1} + R_{3,2}]$$

$$R_3 = 1 / [(f_A / (e_3 / \lambda_{bloco})) + (1 - f_A) / (e_3 / \lambda_{bloco})]$$

$$R_3 = 1 / [19,32 / (0,006 / 0,7) + (17,93 + 62,74) / (0,006 / 0,7)]$$

$$R_3 = 0,0079 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Camada 4)

$$R_2 = R_4$$

$$R_5 = 0,0092 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Camada 5)

$$R_1 = R_5$$

$$R_5 = 0,0092 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R_{lower} :

$$R_{lower} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_{lower} = 0,0092 + 0,0768 + 0,0079 + 0,0768 + 0,0092$$

$$R_{lower} = 0,3499 \text{ m}^2\text{K/W}$$

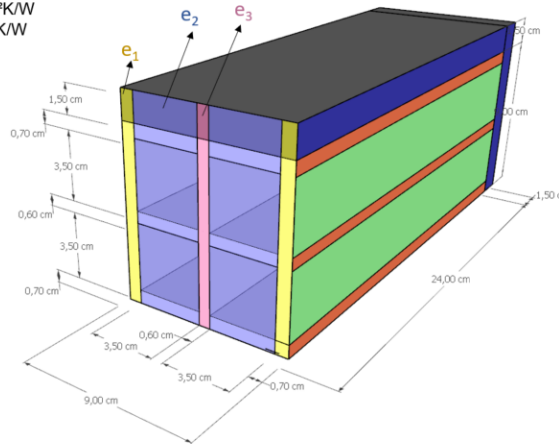


Figura 5 – Cálculo do R_{lower} .

Portanto, tem-se que a resistência total do componente é uma média aritmética simples das resistências pelas seções (R_{upper}) e pelas camadas (R_{lower}). Dessa forma:

$$R_{total} = \frac{R_{upper} + R_{lower}}{2}$$

Em que:

R é a resistência térmica ($\text{m}^2\text{K/W}$);

E é a espessura do material (m);

λ é a condutividade térmica do material (W/mK).

Para o exemplo demonstrado:

$$R_{total} = \frac{0,3916 + 0,3499}{2} = 0,3707 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Então:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,3707} \therefore U = 2,6974 \frac{W}{m^2 K}$$

Por fim, realiza-se a verificação de condição de aceitação da norma. O objetivo dessa verificação é constatar que a resistência pelas seções e a resistência pelas camadas não diferem excessivamente da resistência total obtida. Essa verificação é feita pelo coeficiente “e”:

$$e = \frac{(R_{upper} - R_{lower})}{2 \times R_{total}}$$

Caso haja uma diferença significativa ($e \geq 20\%$), há indicação que o componente possui pontes térmicas. Dessa forma, o componente não pode ser modelado pela NBR 15220/2022, e deve-se adotar a NBR 10211/2022, que orienta o cálculo da transmitância utilizando modelagem numérica. No caso exemplificado:

$$e = \frac{(0,3499 - 0,3916)}{2 \times 0,3707} \therefore e = 5,62\%$$

Portanto, o modelo é válido pela NBR 15220/2022 para o exemplo em questão.

4. Transmitâncias térmicas

Nesta seção apresenta-se A Tabela 3 apresenta os valores de transmitância térmica para as paredes. A memória de cálculo de cada componente é apresentada no Apêndice I deste documento. O valor da transmitância calculada pela NBR 15220/2022 (atualizada) é destacado em verde.

Tabela 3 – Valores de transmitância de Paredes.

PAREDE	U antigo [W/m²K]	U novo [W/m²K]	Diferença	Rupper	Rlower
1	2.780	2.7191	2%	0.381	0.355
3	2.970	2.827	5%	0.366	0.341
5	2.690	2.4818	8%	0.409	0.397
7	2.860	2.5709	10%	0.395	0.383
9	2.460	2.2699	8%	0.464	0.417
11	2.590	2.3469	9%	0.450	0.440
13	2.990	2.6974	10%	0.392	0.350
14	1.850	1.7308	6%	0.604	0.551
16	1.850	1.7757	4%	0.589	0.538
19	3.650	3.5858	2%	0.280	0.278
20	4.400	4.6843	6%	0.214	0.214
34	0.450	0.4146	8%	2.392	2.432
37	0.630	0.6142	3%	1.691	1.566
41	2.390	2.2629	5%	0.468	0.416

PAREDE	U antigo [W/m ² K]	U novo [W/m ² K]	Diferença	Rupper	Rlower
42	2.240	2.2108	1%	0.464	0.440
33.1	2.600	2.3256	11%	0.449	0.449
33.2	0.400	0.3691	8%	2.728	2.728
33.3	0.500	0.4764	5%	2.118	2.118
34.4	2.660	2.5606	4%	0.410	0.410
34.5	0.400	0.3746	6%	2.689	2.689
34.6	0.500	0.4855	3%	2.079	2.079

De forma análoga, a Tabela 4 apresenta os valores de transmitância para coberturas.

Tabela 4 – Valores de transmitância de Coberturas.

COBERTURA	U antigo [W/m ² K]	U novo [W/m ² K]	Diferença	Rupper	Rlower
1	3.730	4.000	7%	0.25	0.25
2	2.950	2.585	12%	0.39	0.38
4	2.050	2.121	3%	0.47	0.47
5	1.790	1.644	8%	0.61	0.61
8	1.940	1.741	10%	0.57	0.57
9	2.060	2.131	3%	0.47	0.47
10	1.790	1.644	8%	0.61	0.61
13	1.950	1.748	10%	0.57	0.57
18 A	0.550	0.585	6%	1.71	1.71
18 B	0.550	0.585	6%	1.71	1.71
18 C	0.550	0.585	6%	1.71	1.71
18 D	0.550	0.585	6%	1.71	1.71
19 A	0.550	0.464	16%	2.16	2.16
19 B	0.500	0.464	7%	2.16	2.16
19 C	0.500	0.464	7%	2.16	2.16
19 D	0.500	0.464	7%	2.16	2.16
20 A	0.700	0.611	13%	1.64	1.64
20 B	0.700	0.611	13%	1.64	1.64
20 C	0.700	0.611	13%	1.64	1.64
20 D	0.700	0.611	13%	1.64	1.64
21 A	0.600	0.480	20%	2.08	2.08
21 B	0.650	0.826	27%	1.21	1.21
21 C	0.600	0.826	38%	1.21	1.21
21 D	0.600	0.826	38%	1.21	1.21

5. Comparação entre valores NBR 15220/2005 e NBR 15220/2022

A comparação entre os valores de transmitância antigos (calculados pela NBR 15220/2005) e novos (calculados pela NBR 15220/2022) é apresentado na Figura 6 para as paredes, e na Figura 7 para as coberturas.

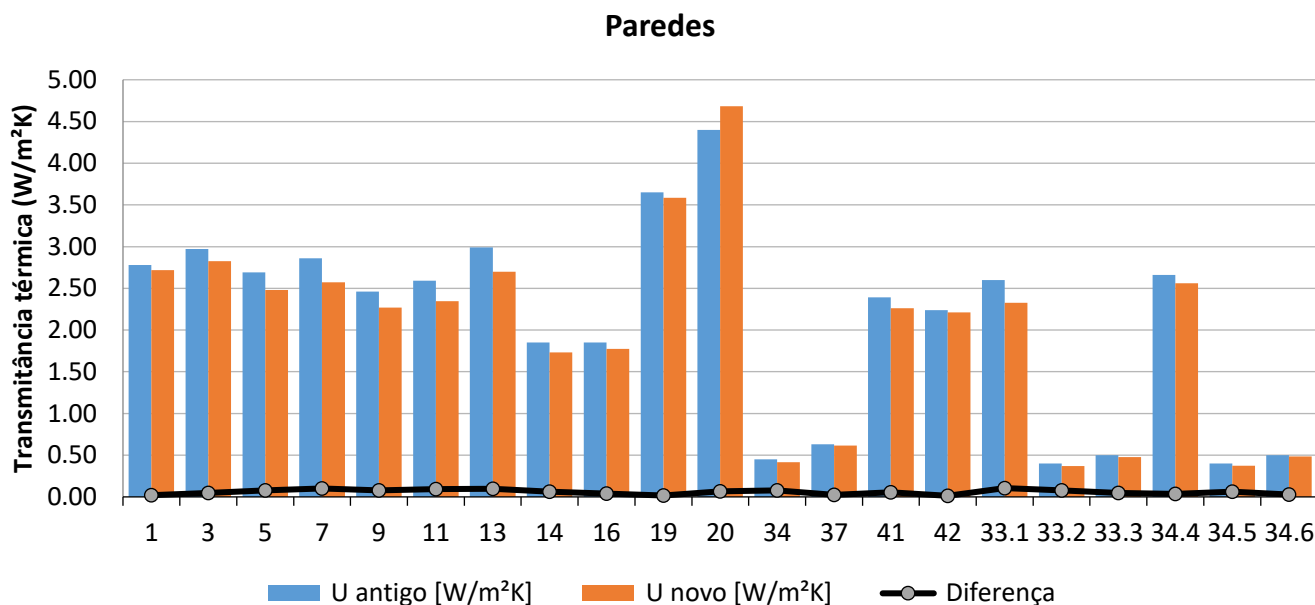


Figura 6 – Comparação das transmitâncias térmicas de **paredes**.

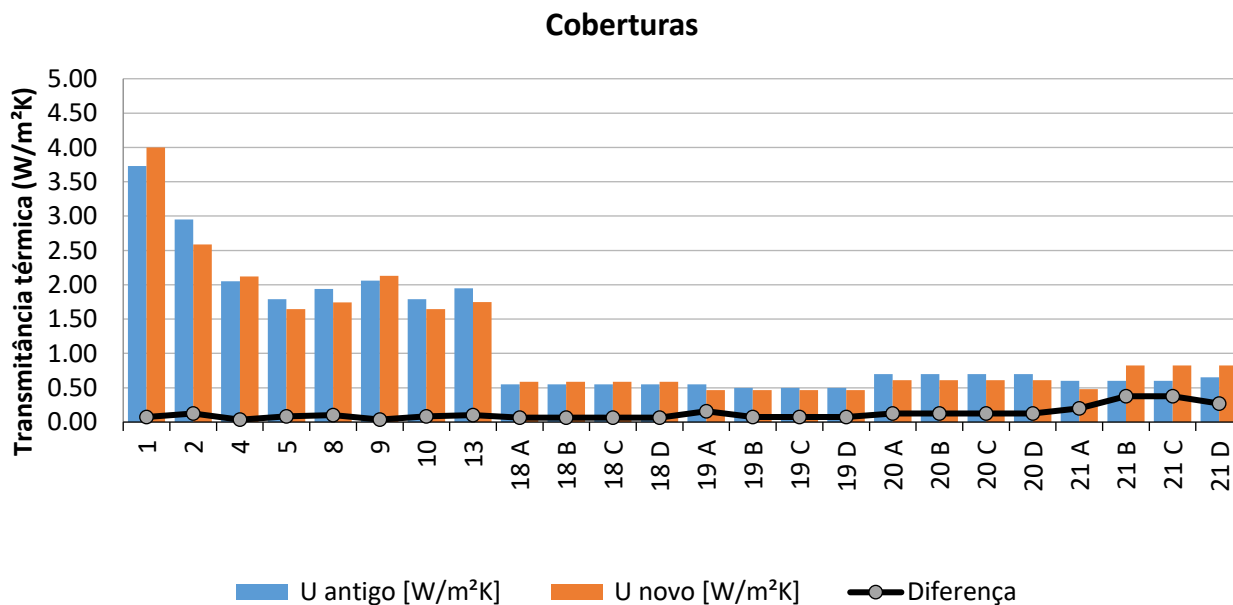


Figura 7 – Comparação das transmitâncias térmicas de **coberturas**.

Percebe-se pouca diferença significativa nas transmitâncias térmicas das paredes (Figura 6), variando de 1% a 14%, com a maioria dos valores ficando em torno de 6%. Notou-se que a maior parte dos componentes

tiveram seu valor anterior de resistência térmica entre o intervalo de R_{upper} e o R_{lower} calculados pela nova norma, o que pode indicar uma coesão nos resultados obtidos.

No caso das coberturas, nota-se uma diferença mais expressiva (Figura 7), variando de 1% a 28%. Nesse caso, nota-se claramente que as coberturas com menos isolamento térmico (componentes 1, 2, 4 a 9, e 17 a 19) apresentaram menor variação entre valores antigos e valores novos. Sendo que as coberturas com maior isolamento térmico apresentaram grandes variações (componentes 13, 14, 15, 20 e 21). Portanto, verifica-se que tanto a modelagem nova influenciou – uma vez que foi realizada uma modelagem mais detalhista – quando os valores de condutividade térmica atualizados, especialmente dos isolantes térmicos.

6. Considerações finais

Apresentou-se neste relatório o cálculo de transmitância térmica dos principais componentes construtivos apresentados no Anexo V do RAC. Estes valores servem como referência para a avaliação das condições de eficiência energética das edificações no Brasil.

A maioria das novas transmitâncias pode ser calculada utilizando o método da NBR 15220/2022. Avaliando-se a diferença com os valores anteriores (calculados pelo método da NBR 15220/2005), percebe-se que não há diferença significativa nos componentes de paredes, sendo que a diferença variou de 1% a 11% com diferença média de 6%. Nas coberturas, a diferença foi um pouco mais elevada, variando de 1% a 28%, com diferença média de 13%. Esta diferença deve-se não só pela diferença de modelagem, mas também pela diferença de valores de condutividade térmica, que também foram atualizados pela NBR 10456/2022. Ressalta-se que a diferença mais expressiva foi nos casos em que há maior presença de isolamento.

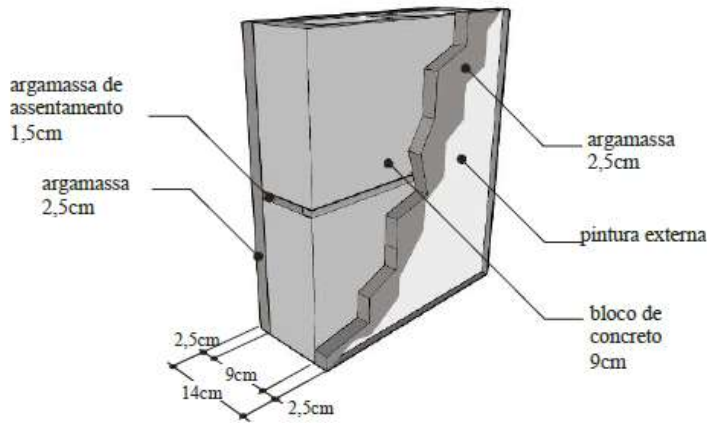
Por fim, é importante salientar que os cálculos aqui apresentados buscam representar condições típicas e médias, e buscam generalizar aplicações para facilitar a avaliação de eficiência energética das edificações. Dessa forma, não se enquadram os valores de transmitância para condições que diferem das daqui apresentadas, bem como caracterizações específicas (como cantos, pontes térmicas pontuais e 3D, entre outras). Condições de aplicação diferentes podem resultar em valores de transmitância térmica diferentes, e devem ser calculados especificamente com a NBR 15220/2022 ou NBR 10211/2022 quando aplicável.

Referências

- ABNT NBR ISO 10211. Pontes térmicas na construção civil — Fluxos de calor e temperaturas superficiais — Cálculo detalhado. 2022. ISBN 978-85-07-09123-3.
- ABNT NBR ISO 10456. Materiais e produtos de construção — Propriedades higrotérmicas — Valores e procedimentos de projeto tabulados para determinar valores térmicos declarados e de projeto. 2022. ISBN 978-85-07-09124-0.
- ABNT NBR 15220-2. Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2005.
- ABNT NBR 15220-2. Desempenho térmico de edificações Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD). 2022.
- PBE Edifica. ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/2013. ANEXO GERAL V – CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES COBERTURAS E VIDROS. 2013 Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/anexos_rac.

Descrição:

1



Argamassa interna (2,5cm)
 Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,78	209

$$d_{reboco} := 0.025$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{bloco} := 0.02$$

$$\lambda_{bloco} := 1.15$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{cavidade} := 0.05$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{ar} := 0.16$$

SEÇÕES (série)

- A) Reboco + Argamassa + Reboco
 B) Reboco + Bloco + Reboco
 C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

- 1) Reboco
 2) Argamassa + Bloco
 3) Argamassa + Bloco + Ar
 4) Argamassa + Bloco
 5) Reboco

Áreas fracionadas:

$$fa := \frac{1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39}{A_{total}} = 0.1075$$

$$A_{total} := 19 \cdot 39 + 1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39 = 830.25$$

$$fb := \frac{3 \cdot 19 \cdot 2}{A_{total}} = 0.1373$$

$$fc := \frac{(39 - 2 \cdot 3) \cdot 19}{A_{total}} = 0.7552$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(d_{bloco} + d_{cavidade} + d_{bloco})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.31$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(d_{bloco} + d_{cavidade} + d_{bloco})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.2983$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + 2 \cdot \frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}} + R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.4148$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.3805$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_5 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0176$$

$$R_4 := R_2 = 0.0176$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0997$$

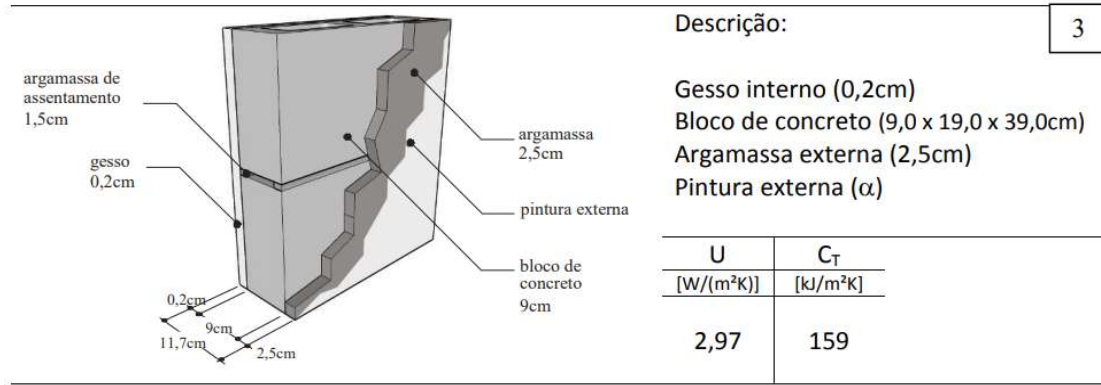
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 0.355$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.3678$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.7191$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 3.47$$



$$d_{\text{gesso}} := 0.002 \quad \lambda_{\text{gesso}} := 0.18 \quad R_{si} := 0.13$$

$$d_{\text{bloco}} := 0.02 \quad \lambda_{\text{bloco}} := 1.15 \quad R_{se} := 0.04$$

$$d_{\text{cavidade}} := 0.05 \quad \lambda_{\text{argamassa}} := 1 \quad R_{ar} := 0.16$$

$$d_{\text{reboco}} := 0.025$$

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Gesso

B) Reboco + Bloco + Gesso

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Gesso

CAMADAS (paralelo)

1) Reboco

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Gesso

Áreas fracionadas:

$$fa := \frac{1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39}{A_{\text{total}}} = 0.1075$$

$$A_{\text{total}} := 19 \cdot 39 + 1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39 = 830.25$$

$$fb := \frac{3 \cdot 19 \cdot 2}{A_{\text{total}}} = 0.1373$$

$$fc := \frac{(39 - 2 \cdot 3) \cdot 19}{A_{\text{total}}} = 0.7552$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{\text{tot.a}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(d_{\text{bloco}} + d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco}})}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.2961$$

$$R_{\text{tot.b}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(d_{\text{bloco}} + d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco}})}{\lambda_{\text{bloco}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.2844$$

$$R_{\text{tot.c}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + 2 \cdot \frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{bloco}}} + R_{ar} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.4009$$

$$R_{\text{tot.upper}} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{\text{tot.a}}} + \frac{fb}{R_{\text{tot.b}}} + \frac{fc}{R_{\text{tot.c}}}} = 0.3663$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} = 0.025 \quad R_5 := \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} = 0.0111$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)}} = 0.0176$$

$$R_4 := R_2 = 0.0176 \quad R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0997$$

$$R_{\text{tot.lower}} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 0.3411$$

Transmitância:

$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot.upper}} + R_{\text{tot.lower}}}{2} = 0.3537$$

$$U := \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 2.827$$

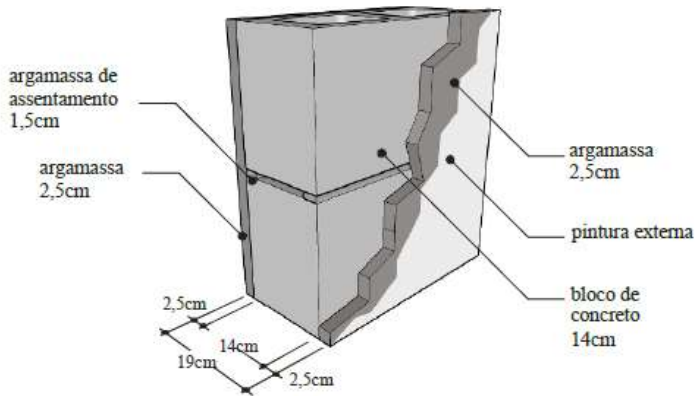
$$e := \frac{R_{\text{tot.upper}} - R_{\text{tot.lower}}}{2 \cdot R_{\text{tot}}} \cdot 100 = 3.57$$

Descrição:

5

Argamassa interna (2,5cm)
 Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,69	272



$$d_{reboco} := 0.025$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{bloco} := 0.03$$

$$\lambda_{bloco} := 1.15$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{cavidade} := 0.08$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{ar} := 0.16$$

SEÇÕES (série)

- A) Reboco + Argamassa + Reboco
 B) Reboco + Bloco + Reboco
 C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

- 1) Reboco
 2) Argamassa + Bloco
 3) Argamassa + Bloco + Ar
 4) Argamassa + Bloco
 5) Reboco

Áreas fracionadas:

$$f_a := \frac{1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39}{A_{total}} = 0.1075$$

$$A_{total} := 19 \cdot 39 + 1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39 = 830.25$$

$$f_b := \frac{3 \cdot 19 \cdot 2}{A_{total}} = 0.1373$$

$$f_c := \frac{(39 - 2 \cdot 3) \cdot 19}{A_{total}} = 0.7552$$

$$f_a + f_b + f_c = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(d_{bloco} + d_{cavidade} + d_{bloco})}{\lambda_{argamassa}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.36$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(d_{bloco} + d_{cavidade} + d_{bloco})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3417$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + 2 \cdot \frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}} + R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.4322$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{f_a}{R_{tot.a}} + \frac{f_b}{R_{tot.b}} + \frac{f_c}{R_{tot.c}}} = 0.4085$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_5 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{f_a}{\left(\frac{d_{bloco}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{f_b + f_c}{\left(\frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0265$$

$$R_4 := R_2 = 0.0265$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{f_a}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{f_b}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{f_c}{R_{ar}}} = 0.1244$$

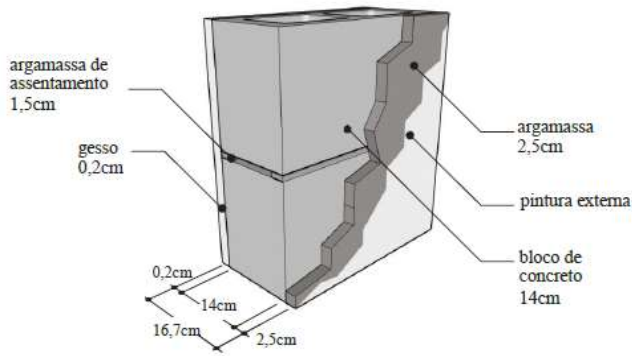
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 0.3973$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4029$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.4818$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 1.39$$



Descrição:

7

Gesso interno (0,2cm)
 Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,86	222

$$d_{\text{gesso}} := 0.002$$

$$\lambda_{\text{gesso}} := 0.18$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{\text{bloco}} := 0.03$$

$$\lambda_{\text{bloco}} := 1.15$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{\text{cavidade}} := 0.08$$

$$\lambda_{\text{argamassa}} := 1$$

$$R_{ar} := 0.16$$

$$d_{\text{reboco}} := 0.025$$

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Gesso

B) Reboco + Bloco + Gesso

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Gesso

CAMADAS (paralelo)

1) Reboco

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Gesso

Áreas fracionadas:

$$fa := \frac{1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39}{A_{\text{total}}} = 0.1075$$

$$A_{\text{total}} := 19 \cdot 39 + 1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39 = 830.25$$

$$fb := \frac{3 \cdot 19 \cdot 2}{A_{\text{total}}} = 0.1373$$

$$fc := \frac{(39 - 2 \cdot 3) \cdot 19}{A_{\text{total}}} = 0.7552$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{\text{tot.a}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(d_{\text{bloco}} + d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco}})}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.3461$$

$$R_{\text{tot.b}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(d_{\text{bloco}} + d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco}})}{\lambda_{\text{bloco}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.3279$$

$$R_{\text{tot.c}} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + 2 \cdot \frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{bloco}}} + R_{ar} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{si} + R_{se} = 0.4183$$

$$R_{\text{tot.upper}} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{\text{tot.a}}} + \frac{fb}{R_{\text{tot.b}}} + \frac{fc}{R_{\text{tot.c}}}} = 0.3945$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} = 0.025$$

$$R_5 := \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} = 0.0111$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{\text{bloco}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)}} = 0.0265$$

$$R_4 := R_2 = 0.0265$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.1244$$

$$R_{\text{tot.lower}} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 0.3834$$

Transmitância:

$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot.upper}} + R_{\text{tot.lower}}}{2} = 0.389$$

$$U := \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 2.5709$$

$$e := \frac{R_{\text{tot.upper}} - R_{\text{tot.lower}}}{2 \cdot R_{\text{tot}}} \cdot 100 = 1.42$$

	Descrição: 9 Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α) <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,46</td><td>150</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,46	150
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,46	150						

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Reboco

B) Reboco + Bloco + Reboco

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

1) Reboco

6) Argamassa + Bloco

2) Argamassa + Bloco

7) Reboco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

$$d_{reboco} := 0.025$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{bloco1} := 0.006$$

$$\lambda_{bloco} := 0.7$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{cavidade} := 0.035$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{ar} := 0.16$$

$$d_{bloco2} := 0.007$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.14 \cdot 0.24 + 0.015 \cdot (0.14 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24 = 0.0395$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.14 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1499 \quad fb := \frac{(0.006 \cdot 2 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1579$$

$$fc := \frac{0.038 \cdot 3 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.6922$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.31$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3486$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 2 \cdot R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.5686$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.4643$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_7 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0094$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.085$$

$$R_5 := R_3 = 0.085$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0081$$

$$R_6 := R_2 = 0.0094$$

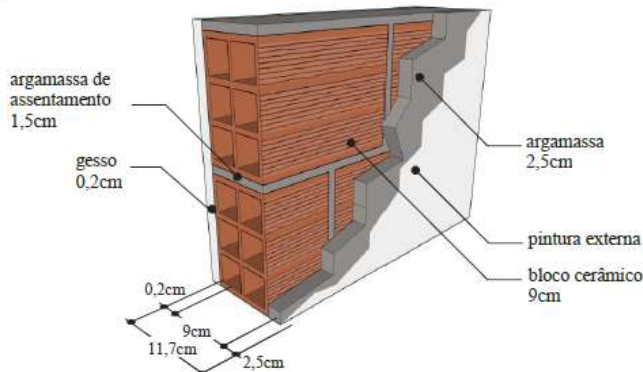
Transmitância:

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{si} + R_{se} = 0.4168$$

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4405$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.2699$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 5.39$$

	Descrição:	11						
	Gesso interno (0,2cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)							
	<table><tr><th>U</th><th>C_T</th></tr><tr><th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr><tr><td>2,59</td><td>100</td></tr></table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,59	100	
	U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]							
2,59	100							

$$d_{\text{gesso}} := 0,002$$

$$d_{\text{reboco}} := 0,025 \quad \lambda_{\text{gesso}} := 0,18$$

$$d_{\text{bloco1}} := 0,006 \quad \lambda_{\text{bloco}} := 0,7 \quad R_{\text{si}} := 0,13$$

$$d_{\text{cavidade}} := 0,035 \quad \lambda_{\text{argamassa}} := 1 \quad R_{\text{se}} := 0,04$$

$$d_{\text{bloco2}} := 0,007 \quad R_{\text{ar}} := 0,16$$

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Reboco

B) Reboco + Bloco + Reboco

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

1) Gesso

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

6) Argamassa + Bloco

7) Reboco

Áreas fracionadas:

$$A_{\text{total}} := 0,14 \cdot 0,24 + 0,015 \cdot (0,14 + 0,015) + 0,015 \cdot 0,24 = 0,0395$$

$$f_a := \frac{0,015 \cdot (0,14 + 0,015) + 0,015 \cdot 0,24}{A_{\text{total}}} = 0,1499 \quad f_b := \frac{(0,006 \cdot 2 + 0,007 \cdot 2) \cdot 0,24}{A_{\text{total}}} = 0,1579$$

$$f_c := \frac{0,038 \cdot 3 \cdot 0,24}{A_{\text{total}}} = 0,6922$$

$$f_a + f_b + f_c = 1$$

Rupper:

$$R_{\text{tot},a} := 1 \cdot \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(2 \cdot d_{\text{bloco2}} + 2 \cdot d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco1}})}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{\text{si}} + R_{\text{se}} = 0,2961$$

$$R_{\text{tot},b} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(2 \cdot d_{\text{bloco2}} + 2 \cdot d_{\text{cavidade}} + d_{\text{bloco1}})}{\lambda_{\text{bloco}}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{\text{si}} + R_{\text{se}} = 0,3347$$

$$R_{\text{tot},c} := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{(2 \cdot d_{\text{bloco2}} + d_{\text{bloco1}})}{\lambda_{\text{bloco}}} + 2 \cdot R_{\text{ar}} + \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} + R_{\text{si}} + R_{\text{se}} = 0,5547$$

$$R_{\text{tot},\text{upper}} := \frac{1}{\frac{f_a}{R_{\text{tot},a}} + \frac{f_b}{R_{\text{tot},b}} + \frac{f_c}{R_{\text{tot},c}}} = 0,4493$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} = 0,0111 \quad R_7 := \frac{d_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} = 0,025$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{f_a}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{f_b}{\left(\frac{d_{\text{cavidade}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)} + \frac{f_c}{R_{\text{ar}}}} = 0,085$$

$$R_5 := R_3 = 0,085$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{f_a}{\left(\frac{d_{\text{bloco2}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{f_b + f_c}{\left(\frac{d_{\text{bloco2}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)}} = 0,0094$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{f_a}{\left(\frac{d_{\text{bloco1}}}{\lambda_{\text{argamassa}}}\right)} + \frac{f_b + f_c}{\left(\frac{d_{\text{bloco1}}}{\lambda_{\text{bloco}}}\right)}} = 0,0081$$

$$R_6 := R_2 = 0,0094$$

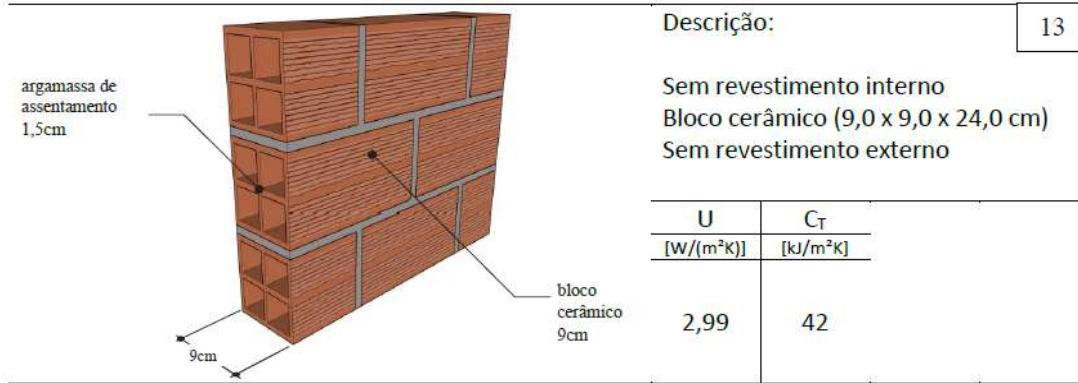
Transmitância:

$$R_{\text{tot},\text{lower}} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{\text{si}} + R_{\text{se}} = 0,4029$$

$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot},\text{upper}} + R_{\text{tot},\text{lower}}}{2} = 0,4261$$

$$U := \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 2,3469$$

$$e := \frac{R_{\text{tot},\text{upper}} - R_{\text{tot},\text{lower}}}{2 \cdot R_{\text{tot}}} \cdot 100 = 5,44$$



SEÇÕES (série)

A) Argamassa

B) Bloco

C) Bloco + Ar + Bloco + Ar + Bloco

CAMADAS (paralelo)

 $1) 0$

6) Argamassa + Bloco

2) Argamassa + Bloco

7) 0

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

$$d_{bloco1} := 0.006$$
$$R_{Si} := 0.13$$
$$d_{cavidade} := 0.035 \quad \lambda_{bloco} := 0.7$$
$$R_{se} := 0.04$$
$$d_{bloco2} := 0.007 \quad \lambda_{argamassa} := 1$$
$$R_{ar} := 0.16$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.09 \cdot 0.24 + 0.015 \cdot (0.09 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24 = 0.0268$$

$$f_a := \frac{0.015 \cdot (0.09 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1933 \quad f_b := \frac{(0.006 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1793$$

$$f_C := \frac{0.035 \cdot 2 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.6275$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 0 + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.26$$

$$R_{tot.b} := 0 + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 0 + R_{si} + R_{se} = 0.2986$$

$$R_{tot.c} := 0 + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 2 \cdot R_{ar} + 0 + R_{si} + R_{se} = 0.5186$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.3916$$

Rlower:

$$R_7 := 0 = 0$$

$$R_7 := 0 = 0$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bलोco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bलोco2}}{\lambda_{bलोco}}\right)}} = 0.0092$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0768$$

$$R_5 := R_3 = 0.0768$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{blocal}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{blocal}}{\lambda_{blocal}}\right)}} = 0.0079$$

$$R_6 := R_2 = 0.0092$$

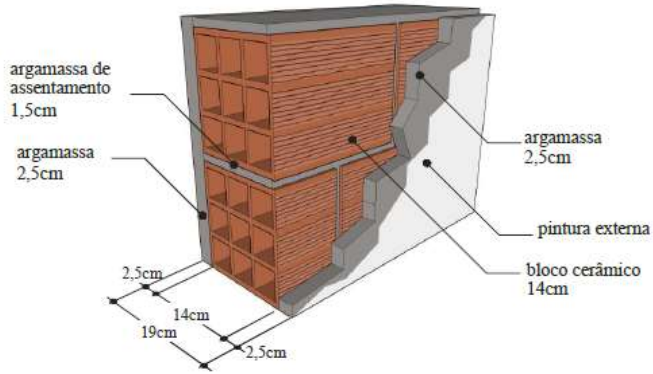
Transmitância:

$$R_{tot, lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{si} + R_{se} = 0.3499$$

$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot.upper}} + R_{\text{tot.lower}}}{2} = 0.3707$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.6974$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 5.62$$



Descrição:

14

Argamassa interna (2,5cm)
 Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,85	161

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Reboco

B) Reboco + Bloco + Reboco

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

1) Reboco

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

6) Argamassa + Bloco

7) Argamassa + Bloco + Ar

8) Argamassa + Bloco

9) Reboco

$$d_{reboco} := 0.025$$

$$d_{bloco1} := 0.006$$

$$d_{cavidade} := 0.038$$

$$d_{bloco2} := 0.007$$

$$\lambda_{bloco} := 0.7$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.16$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.19 \cdot 0.29 + 0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.29 = 0.0625$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.1188 \quad fb := \frac{(0.006 \cdot 2 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.1206$$

$$fc := \frac{0.055 \cdot 3 \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.7653$$

$$fa + fb + fc = 1.0046$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 3 \cdot d_{cavidade} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.36$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 3 \cdot d_{cavidade} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.42$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 3 \cdot R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.7371$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.6042$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_9 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0987$$

$$R_5 := R_3 = 0.0987$$

$$R_7 := R_3 = 0.0987$$

$$R_8 := R_2 = 0.0095$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0095$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0081$$

$$R_6 := R_4 = 0.0081$$

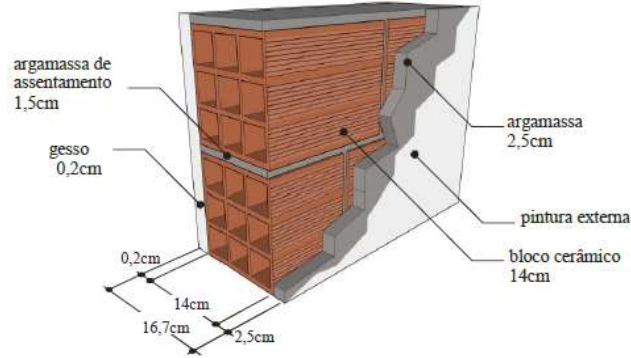
Transmitância:

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{si} + R_{se} = 0.5514$$

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.5778$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.7308$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 4.57$$



Descrição:

16

Gesso interno (0,2cm)
 Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,85	105

$$d_{reboco} := 0.025$$

$$\lambda_{gesso} := 0.18$$

$$d_{gesso} := 0.002$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{bloco1} := 0.006$$

$$\lambda_{bloco} := 0.7$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{cavidade} := 0.038$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{ar} := 0.16$$

$$d_{bloco2} := 0.007$$

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Gesso

B) Reboco + Bloco + Gesso

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Ar + Bloco + Gesso

CAMADAS (paralelo)

1) Gesso

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

6) Argamassa + Bloco

7) Argamassa + Bloco + Ar

8) Argamassa + Bloco

9) Reboco

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.19 \cdot 0.29 + 0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.29 = 0.0625$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.1188 \quad fb := \frac{(0.006 \cdot 2 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.1206$$

$$fc := \frac{0.055 \cdot 3 \cdot 0.29}{A_{total}} = 0.7653$$

$$fa + fb + fc = 1.0046$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 1 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 3 \cdot d_{cavidade} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + \frac{d_{gesso}}{\lambda_{gesso}} + R_{se} = 0.3461$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 3 \cdot d_{cavidade} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{gesso}}{\lambda_{gesso}} + R_{si} + R_{se} = 0.4061$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 3 \cdot R_{ar} + \frac{d_{gesso}}{\lambda_{gesso}} + R_{si} + R_{se} = 0.7233$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.5889$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{gesso}}{\lambda_{gesso}} = 0.0111$$

$$R_9 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0095$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0987$$

$$R_5 := R_3 = 0.0987$$

$$R_7 := R_3 = 0.0987$$

$$R_8 := R_2 = 0.0095$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0081$$

$$R_6 := R_4 = 0.0081$$

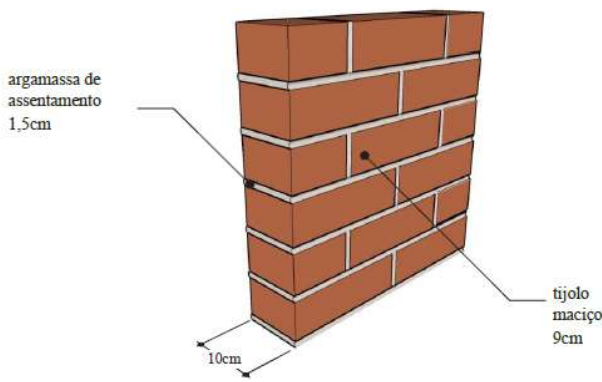
Transmitância:

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{si} + R_{se} = 0.5375$$

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.5632$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.7757$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 4.56$$



Descrição:

Sem revestimento interno
Tijolo maciço (10,0 x 6,0 x 22,0cm)
Sem revestimento externo

19

U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
3,65	158

$$d_{bloco1} := 0.1$$

$$\lambda_{bloco} := 0.7$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$R_{se} := 0.04$$

SEÇÕES (série)

A) Argamassa

B) Bloco

CAMADAS (paralelo)

1) Bloco + Argamassa

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.06 \cdot 0.22 + 0.015 \cdot (0.06 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.22 = 0.0176$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.06 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.22}{A_{total}} = 0.2511 \quad fb := \frac{0.06 \cdot 0.22}{A_{total}} = 0.7489$$

Rupper:

$$fa + fb = 1$$

$$R_{tot.a} := \frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}} + R_{si} + R_{se} = 0.3129$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.27$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}}} = 0.2796$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)}} = 0.1081$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_{si} + R_{se} = 0.2781$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.2789$$

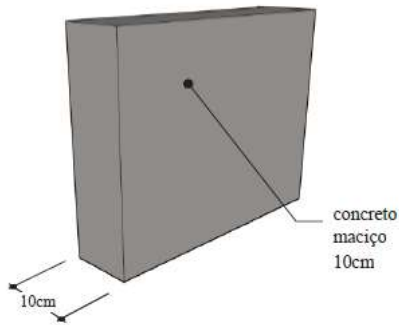
$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 3.5858$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0.26$$

Descrição:

20

Sem revestimento interno
 Concreto maciço 10cm
 Sem revestimento externo



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
4,40	240

SEÇÕES (série)
A) Concreto

CAMADAS (paralelo)
1) Concreto

$$d_{bloco} := 0,1$$

$$\lambda_{bloco} := 2,3$$

$$R_{si} := 0,13$$

$$R_{se} := 0,04$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}} + R_{si} + R_{se} = 0,2135$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,2135$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{bloco}}{\lambda_{bloco}} = 0,0435$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_{si} + R_{se} = 0,2135$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,2135$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 4,6843$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

33.1 Placa de gesso 1,25cm + ar (> 2 cm) + placa de gesso 1,25cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{cavidade} := 0,02 \quad R_{se} := 0,04$$

$$R_{ar} := 0,16$$

SEÇÕES (série) A) Placa de gesso + Ar + Placa de gesso
--

CAMADAS (paralelo) 1) Placa de gesso 2) Ar 3) Placa de gesso
--

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + R_{ar} + \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + R_{si} + R_{se} = 0,43$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}} + 0 + 0} = 0,43$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := R_{ar} = 0,16$$

$$R_3 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,43$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,43$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2,3256$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

33.2 Placa de gesso 1,25cm + lâ de vidro 10 cm + placa de gesso 1,25 cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{lãvidro} := 0,1 \quad \lambda_{lãvidro} := 0,041 \quad R_{se} := 0,04$$

SEÇÕES (série)

A) Placa de gesso + Lã de Vidro + Placa de gesso

CAMADAS (paralelo)

1) Placa de gesso

2) Lã de Vidro

3) Placa de gesso

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} + \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + R_{si} + R_{se} = 2,709$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}}} = 2,709$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} = 2,439$$

$$R_3 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 2,709$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,709$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,3691$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

33.3 3. Placa de gesso 1,25cm+ lâ de vidro 7.5 cm + placa de gesso 1,25cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{lãvidro} := 0,075 \quad \lambda_{lãvidro} := 0,041 \quad R_{se} := 0,04$$

SEÇÕES (série)
A) Placa de gesso + Lã de Vidro + Placa de gesso

CAMADAS (paralelo)
1) Placa de gesso
2) Lã de Vidro
3) Placa de gesso

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} + \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + R_{si} + R_{se} = 2,0993$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}}} = 2,0993$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} = 1,8293$$

$$R_3 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 2,0993$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,0993$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4764$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

34 Placa de gesso 1,25cm + lâ de rocha 9cm + placa cimentícia 1 cm

$$\begin{aligned} d_{placagesso} &:= 0.0125 & \lambda_{placagesso} &:= 0.21 & R_{si} &:= 0.13 \\ d_{placacimenticia} &:= 0.01 & \lambda_{placacimenticia} &:= 0.5 & R_{se} &:= 0.04 \\ d_{lãrocha} &:= 0.09 & \lambda_{lãrocha} &:= 0.042 \end{aligned}$$

SEÇÕES (série)

A) Placa de gesso + Lã de Rocha + Placa cimentícia

CAMADAS (paralelo)

1) Placa de gesso

2) Lã de Rocha

3) Placa cimentícia

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} + \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} + R_{si} + R_{se} = 2.3924$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}}} = 2.3924$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0.0595$$

$$R_2 := \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} = 2.1429$$

$$R_3 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0.0595$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 2.4319$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 2.4121$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.4146$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = -0.82$$

34.4 Placa de gesso 1,25cm + ar (> 2 cm) + Placa cimentícia 1cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{placacimenticia} := 0,01 \quad \lambda_{placacimenticia} := 0,95 \quad R_{se} := 0,04$$

$$d_{cavidade} := 0,02 \quad R_{ar} := 0,16$$

SEÇÕES (série)

A) Placa de gesso + Ar + Placa cimentícia

CAMADAS (paralelo)

1) Placa de gesso

2) Ar

3) Placa cimentícia

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + R_{ar} + \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} + R_{si} + R_{se} = 0,3905$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}} + 0 + 0} = 0,3905$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := R_{ar} = 0,16$$

$$R_3 := \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} = 0,0105$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,3905$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,3905$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2,5606$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

34.5 Placa de gesso 1,25cm + lã de vidro 10 cm + Placa cimentícia 1cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{placacimenticia} := 0,01 \quad \lambda_{placacimenticia} := 0,95 \quad R_{se} := 0,04$$

$$d_{lãvidro} := 0,1 \quad \lambda_{lãvidro} := 0,041$$

SEÇÕES (série)

A) Placa de gesso + Lã de Vidro + Placa cimentícia

CAMADAS (paralelo)

1) Placa de gesso

2) Lã de Vidro

3) Placa cimentícia

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} + \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} + R_{si} + R_{se} = 2,6696$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}}} = 2,6696$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} = 2,439$$

$$R_3 := \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} = 0,0105$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 2,6696$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,6696$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,3746$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

34.6 Placa de gesso 1,25cm + lã de vidro 7,5 cm + Placa cimentícia 1cm

$$d_{placagesso} := 0,0125 \quad \lambda_{placagesso} := 0,25 \quad R_{si} := 0,13$$

$$d_{placacimenticia} := 0,01 \quad \lambda_{placacimenticia} := 0,95 \quad R_{se} := 0,04$$

$$d_{lãvidro} := 0,075 \quad \lambda_{lãvidro} := 0,041$$

SEÇÕES (série)

A) Placa de gesso + Lã de Vidro + Placa cimentícia

CAMADAS (paralelo)

1) Placa de gesso

2) Lã de Vidro

3) Placa cimentícia

Áreas fracionadas:

$$fa := 1 = 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} + \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} + \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} + R_{si} + R_{se} = 2,0598$$

$$R_{tot,upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot,a}}} = 2,0598$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{placagesso}}{\lambda_{placagesso}} = 0,05$$

$$R_2 := \frac{d_{lãvidro}}{\lambda_{lãvidro}} = 1,8293$$

$$R_3 := \frac{d_{placacimenticia}}{\lambda_{placacimenticia}} = 0,0105$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 2,0598$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,0598$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4855$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

bloco cerâmico 9cm

argamassa de assentamento 1,5cm

argamassa 2,5cm

argamassa 2,5cm

bloco cerâmico 9cm

argamassa de assentamento 1,5cm

lã de rocha 4cm

2,5cm

9cm

4cm

27 cm

9 cm

2,5cm

Descrição:

Argamassa interna (2,5cm)

Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)

Lã de rocha (4cm)

Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)

Argamassa externa (2,5cm)

U	CT
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,63	199

SEÇÕES (série)

- A)** Reboco + Argamassa + lâ de rocha + argamassa + Reboco
B) Reboco + Bloco + lâ de rocha + Bloco + Reboco
C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Ar + bloco + lâ de rocha + Bloco + Ar + Bloco + Ar + bloco + Reboco

$$\begin{aligned}
 d_{reboco} &:= 0.025 \\
 d_{bloco1} &:= 0.006 & \lambda_{bloco} &:= 0.7 & R_{si} &:= 0.13 \\
 d_{cavidade} &:= 0.035 & \lambda_{argamassa} &:= 1 & R_{se} &:= 0.04 \\
 d_{bloco2} &:= 0.007 & \lambda_{lãrocha} &:= 0.042 & R_{ar} &:= 0.16 \\
 d_{lãrocha} &:= 0.04
 \end{aligned}$$

CAMADAS (paralelo)

- 1) Reboco 6) Argamassa + Bloco
 2) Argamassa + Bloco 7) Lã de rocha
 3) Argamassa + Bloco + Ar 8) Argamassa + Bloco
 4) Argamassa + Bloco 9) Argamassa + Bloco + Ar
 5) Argamassa + Bloco + Ar 10) Argamassa + Bloco
 11) Argamassa + Bloco + Ar
 12) Argamassa + Bloco
 13) Reboco

Áreas fracionadas:

$$\begin{aligned}
 A_{total} &:= 0.14 \cdot 0.24 + 0.015 \cdot (0.14 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24 = 0.0395 \\
 fa &:= \frac{0.015 \cdot (0.14 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1499 & fb &:= \frac{(0.006 \cdot 2 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.1579 \\
 fc &:= \frac{0.038 \cdot 3 \cdot 0.24}{A_{total}} = 0.6922 & \boxed{fa + fb + fc = 1}
 \end{aligned}$$

Rupper:

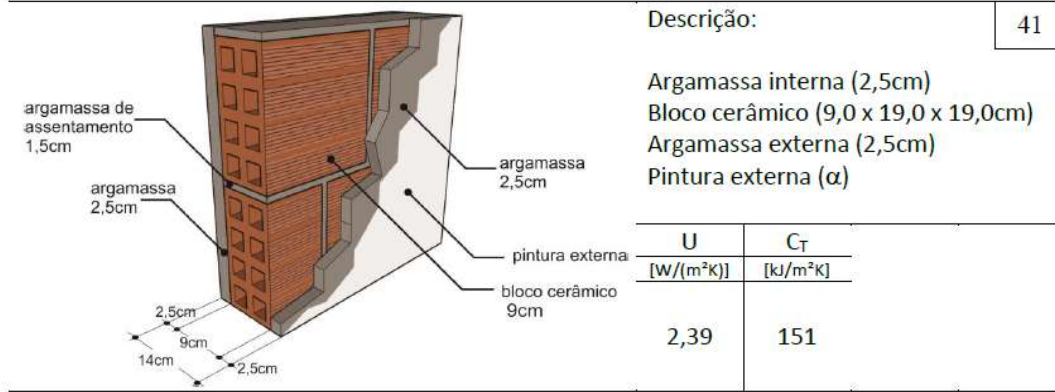
$$\begin{aligned}
 R_{tot.a} &:= 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{2 \cdot (2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} + \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} = 1.3524 \\
 R_{tot.b} &:= \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{2 \cdot (2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} + \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} = 1.4295 \\
 R_{tot.c} &:= \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + 2 \cdot \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 4 \cdot R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} + \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} = 1.8695 \\
 R_{tot.upper} &:= \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 1.6905
 \end{aligned}$$

Rlower:

$$\begin{aligned}
 R_1 &:= \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025 & R_3 &:= \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.085 \\
 R_2 &:= \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0094 & R_7 &:= \frac{d_{lãrocha}}{\lambda_{lãrocha}} = 0.9524 \\
 R_4 &:= \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0081 & R_5 &:= R_3 = 0.085 & R_9 &:= R_3 = 0.085 \\
 R_6 &:= R_2 = 0.0094 & R_{10} &:= R_4 = 0.0081 \\
 R_8 &:= R_2 = 0.0094 & R_{11} &:= R_3 = 0.085 \\
 R_{13} &:= R_1 = 0.025 & R_{12} &:= R_2 = 0.0094 \\
 R_{tot.lower} &:= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10} + R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{si} + R_{se} = 1.566
 \end{aligned}$$

Transmitância:

$$\begin{aligned}
 R_{tot} &:= \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.6282 & U &:= \frac{1}{R_{tot}} = 0.6142 & e &:= \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 3.82
 \end{aligned}$$



Descrição:

41

Argamassa interna (2,5cm)
 Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 19,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	CT
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,39	151

SEÇÕES (série)

A) Reboco + Argamassa + Reboco

B) Reboco + Bloco + Reboco

C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco

CAMADAS (paralelo)

1) Reboco

2) Argamassa + Bloco

3) Argamassa + Bloco + Ar

4) Argamassa + Bloco

5) Argamassa + Bloco + Ar

6) Argamassa + Bloco

7) Reboco

$$d_{reboco} := 0.025 \quad \lambda_{bloco} := 0.7$$

$$d_{bloco1} := 0.006 \quad \lambda_{argamassa} := 1 \quad R_{si} := 0.13$$

$$d_{cavidade} := 0.033 \quad R_{se} := 0.04$$

$$d_{bloco2} := 0.007 \quad R_{ar} := 0.16$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.19 \cdot 0.19 + 0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.19 = 0.042$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.141 \quad fb := \frac{(0.006 \cdot 3 + 0.007 \cdot 2) \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.1447$$

$$fc := \frac{0.0395 \cdot 4 \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.7143$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.306$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3429$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 2 \cdot R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.5686$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.4675$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025 \quad R_7 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0847$$

$$R_5 := R_3 = 0.0847$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0094$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0081$$

$$R_6 := R_2 = 0.0094$$

Transmitância:

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{si} + R_{se} = 0.4164$$

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4419$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.2629$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 5.79$$

42

Descrição:

The diagram illustrates a wall assembly with the following layers and dimensions:

- argamassa de assentamento 1,5cm**: Mortar for the block.
- argamassa 2,5cm**: Internal insulation layer.
- bloco cerâmico 12cm**: The central ceramic block.
- argamassa 2,5cm**: External insulation layer.
- pintura externa**: External paint.

Dimensions shown in the diagram:

- Block height: 19,0 cm
- Block width: 19,0 cm
- Block depth: 12,0 cm
- Internal insulation thickness: 2,5 cm
- External insulation thickness: 2,5 cm
- Mortar thickness: 1,5 cm
- Paint thickness: 0,2 cm (indicated by α)

Argamassa interna (2,5cm)
 Bloco cerâmico (12,0 x 19,0 x 19,0cm)
 Argamassa externa (2,5cm)
 Pintura externa (α)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,24	155

SEÇÕES (série)**A) Reboco + Argamassa + Reboco****B) Reboco + Bloco + Reboco****C) Reboco + Bloco + Ar + Bloco + Reboco****CAMADAS (paralelo)****1) Reboco****2) Argamassa + Bloco****3) Argamassa + Bloco + Ar****4) Argamassa + Bloco****5) Argamassa + Bloco + Ar****6) Argamassa + Bloco****7) Reboco**

$$d_{reboco} := 0.025$$

$$\lambda_{bloco} := 0.7$$

$$R_{si} := 0.13$$

$$d_{bloco1} := 0.009$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{cavidade} := 0.044$$

$$R_{ar} := 0.16$$

$$d_{bloco2} := 0.009$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := 0.19 \cdot 0.19 + 0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.19 = 0.042$$

$$fa := \frac{0.015 \cdot (0.19 + 0.015) + 0.015 \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.141$$

$$fb := \frac{(0.009 \cdot 3 + 0.009 \cdot 2) \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.2035$$

$$fc := \frac{0.0385 \cdot 4 \cdot 0.19}{A_{total}} = 0.6963$$

$$fa + fb + fc = 1.0407$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := 2 \cdot \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.335$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + 2 \cdot d_{cavidade} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3843$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{(2 \cdot d_{bloco2} + d_{bloco1})}{\lambda_{bloco}} + 2 \cdot R_{ar} + \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.5786$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.4643$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_7 := \frac{d_{reboco}}{\lambda_{argamassa}} = 0.025$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco2}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0117$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb}{\left(\frac{d_{cavidade}}{\lambda_{bloco}}\right)} + \frac{fc}{R_{ar}}} = 0.0927$$

$$R_5 := R_3 = 0.0927$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{argamassa}}\right)} + \frac{fb + fc}{\left(\frac{d_{bloco1}}{\lambda_{bloco}}\right)}} = 0.0117$$

$$R_6 := R_2 = 0.0117$$

Transmitância:

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{si} + R_{se} = 0.4403$$

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4523$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.2108$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 2.65$$

Descrição:

1



Laje maciça (10,0cm)
Sem telhamento

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
3,73	220

SEÇÕES (série)

A) laje

CAMADAS (paralelo)

1) laje

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

$$A_{total} := 19 \cdot 39 + 1.5 \cdot (19 + 1.5) + 1.5 \cdot 39 = 830.25$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + R_{si} + R_{se} = 0.25$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.25$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_{si} + R_{se} = 0.25$$

Transmitância:

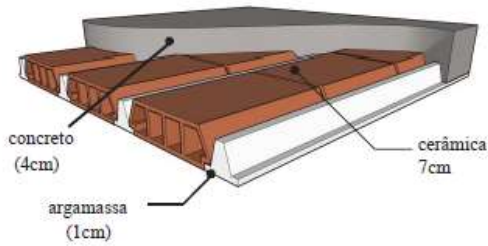
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.25$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 4$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

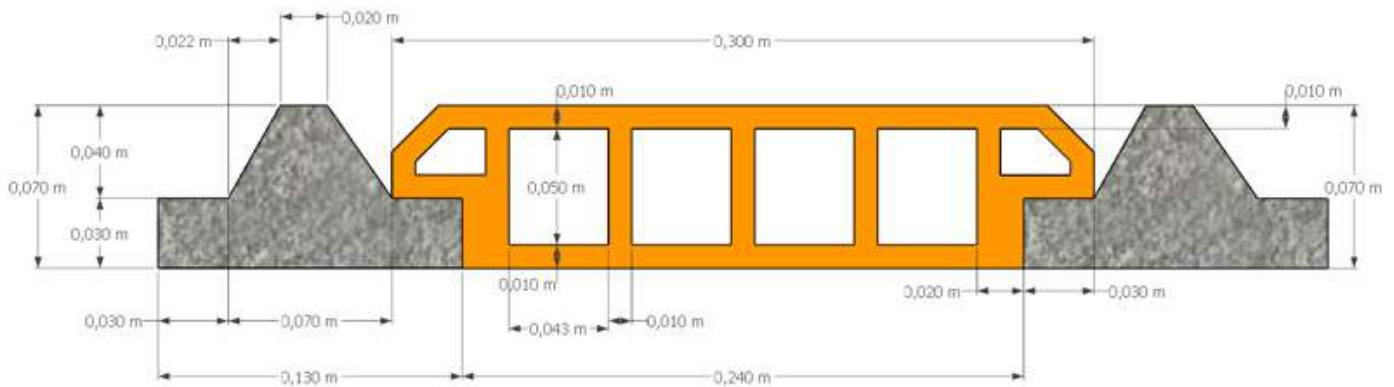
Descrição:

2



Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + lajota cerâmica 7cm +
argamassa 1cm)
Sem telhamento

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,95	167



$$d_{\text{concreto}} := 0.04 \quad \lambda_{\text{concreto}} := 1.15 \quad R_{si} := 0.17$$

$$d_{\text{lajotacerâmica}} := 0.01 \quad \lambda_{\text{lajotacerâmica}} := 0.7 \quad R_{se} := 0.04$$

$$d_{\text{argamassa}} := 0.01 \quad \lambda_{\text{argamassa}} := 1 \quad R_{ar} := 0.16$$

$$d_{ar1} := 0.05$$

$$d_{ar2} := 0.02$$

$$d_{vigota} := 0.03$$

$$d_{camada5} := d_{vigota} - d_{lajotacerâmica}$$

Seções

A) concreto + reboco

B) concreto + lajota + concreto + reboco

C) concreto + lajota + ar + lajota + concreto + reboco

D) concreto + lajota + ar + lajota + reboco

E) concreto + lajota + reboco

F) concreto + lajota + ar + lajota + reboco

Camadas

1) concreto

2) concreto + lajota

3) concreto + lajota + ar

4) concreto + lajota + ar

5) concreto + lajota + ar

6) concreto + lajota

7) reboco

Áreas fracionadas: $A_{total} := (0.3 + 0.07) \cdot 0.2 = 0.074$

$$fa := \frac{(0.07 + 2 \cdot 0.0036) \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.2086 \quad fb := \frac{0.01 \cdot 2 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.0541 \quad fc := \frac{0.0164 \cdot 2 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.0886$$

$$fd := \frac{0.01 \cdot 2 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.0541 \quad fe := \frac{0.01 \cdot 5 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.1351 \quad ff := \frac{0.043 \cdot 4 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.4649$$

$$fa + fb + fc + fd + fe + ff = 1.0054$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{ar1}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3157$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{ar2}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{vigota}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.338$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{vigota}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + R_{ar} + \frac{d_{vigota}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.5123$$

$$R_{tot.d} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + R_{ar} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.4434$$

$$R_{tot.e} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{ar2}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{vigota}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3548$$

$$R_{tot.f} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + 2 \cdot \frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}} + R_{ar} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.4434$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}} + \frac{fd}{R_{tot.d}} + \frac{fe}{R_{tot.e}} + \frac{ff}{R_{tot.f}}} = 0.3929$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} = 0.0348 \quad R_7 := \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} = 0.01$$

$$R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{(fb + fc + fd + fe)}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}}\right)}} = 0.0162$$

$$R_3 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{ar2}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{(fb + fe)}{\left(\frac{d_{ar2}}{\lambda_{lajotacerâmica}}\right)} + \frac{(fc + fd + ff)}{R_{ar}}} = 0.0446$$

$$R_4 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{(fb + fc + fd + fe)}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}}\right)} + \frac{ff}{R_{ar}}} = 0.0199$$

$$R_5 := \frac{1}{\frac{fa + fb + fc}{\left(\frac{d_{camada5}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{(fd + fe)}{\left(\frac{d_{camada5}}{\lambda_{lajotacerâmica}}\right)} + \frac{ff}{R_{ar}}}$$

$$R_6 := \frac{1}{\frac{fa + fb + fc}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{fd + fe + ff}{\left(\frac{d_{lajotacerâmica}}{\lambda_{lajotacerâmica}}\right)}} = 0.0116$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{si} + R_{se} = 0.3808$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.3868$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.5852$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 1.57$$

Descrição:

3

Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
Sem telhamento



U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
2,29	132

Seções

A) Concreto + Argamassa

B) Concreto + EPS + concreto + Argamassa

C) Concreto + EPS + Argamassa

Camadas

1) concreto

2) EPS + concreto

3) EPS + concreto

4) argamassa

$$d_{concreto} := 0.04$$

$$d_{eps1} := 0.04$$

$$\lambda_{concreto} := 1.15$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$d_{eps2} := 0.03$$

$$\lambda_{eps} := 0.034$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{argamassa} := 0.01$$

$$\lambda_{argamassa} := 1$$

Áreas fracionadas:

$$A_{total} := ((0.07 + 0.3) \cdot 0.2) = 0.074$$

$$fa := \frac{(0.07 + 0.0067 \cdot 2) \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.2254 \quad fb := \frac{0.0233 \cdot 0.2 \cdot 2}{A_{total}} = 0.1259 \quad fc := \frac{0.24 \cdot 0.2}{A_{total}} = 0.6486$$

$$fa + fb + fc = 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{eps1}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{eps2}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 0.3157$$

$$R_{tot.b} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{eps1}}{\lambda_{eps}} + \frac{d_{eps2}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 1.4573$$

$$R_{tot.c} := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{d_{eps1}}{\lambda_{eps}} + \frac{d_{eps2}}{\lambda_{eps}} + \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + R_{si} + R_{se} = 2.3136$$

$$R_{tot.upper} := \frac{1}{\frac{fa}{R_{tot.a}} + \frac{fb}{R_{tot.b}} + \frac{fc}{R_{tot.c}}} = 0.9252$$

por conta da diferença da condutividade térmica dos materiais as resistências variam muito entre as seções, e como consequência R_{tupper} e R_{tlower} diferem muito e a hipótese de temperatura uniforme entre seções não é boa

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{concreto}}{\lambda_{concreto}} = 0.0348 \quad R_2 := \frac{1}{\frac{fa}{\left(\frac{d_{eps1}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{fb + fc}{\frac{d_{eps1}}{\lambda_{eps}}}} = 0.1401 \quad R_3 := \frac{1}{\frac{fa + fb}{\left(\frac{d_{eps2}}{\lambda_{concreto}}\right)} + \frac{fc}{\frac{d_{eps2}}{\lambda_{eps}}}} = 0.0704$$

$$R_4 := \frac{d_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} = 0.01$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{si} + R_{se} = 0.4653$$

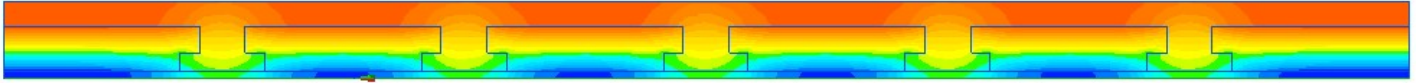
Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.6952 \quad U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.4384 \quad e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 33.08$$

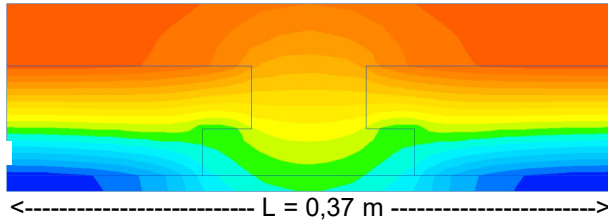
como o erro é maior que 20% deve-se usar outros métodos para o cálculo da transmitância

concreto (4cm) argamassa (1cm) EPS 7cm	Descrição:	3					
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Sem telhamento						
	<table><tr><th>U</th><th>C_T</th></tr><tr><th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr><tr><td>2,29</td><td>132</td></tr></table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,29	132
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,29	132						

Modelo Numérico utilizando o QuickField:



Simplificação para um componente com simetria:



O Fluxo de calor reportado pelo programa de análise numérica (QuickField) foi de 3,19 W, considerando as temperaturas de 25°C a 19°C.

$$\begin{aligned}
 d_{\text{concreto}} &:= 0,04 & \lambda_{\text{concreto}} &:= 1,15 & R_{si} &:= 0,17 \\
 d_{\text{eps1}} &:= 0,04 & \lambda_{\text{eps}} &:= 0,034 & R_{se} &:= 0,04 \\
 d_{\text{eps2}} &:= 0,03 & \lambda_{\text{argamassa}} &:= 1 & \phi &:= 3,19 \\
 d_{\text{argamassa}} &:= 0,01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Text} &:= 25 & L &:= 0,37 & E &:= 0,2 \\
 T_{\text{int}} &:= 19 & l_{tb} &:= 0,07
 \end{aligned}$$

$$d := d_{\text{concreto}} + d_{\text{eps1}} + d_{\text{eps2}} + d_{\text{argamassa}} = 0,12$$

$$\phi L := \frac{\phi}{L} = 8,6216 \quad L2D := \frac{\phi L}{\text{Text} - T_{\text{int}}} = 1,4369$$

Portanto, a transmitância térmica do componente como um todo é equivalente ao L2D, ou seja:

$$U = 1,4369 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Seções

- A) Concreto + Argamassa
- B) Concreto + EPS + concreto + Argamassa
- C) Concreto + EPS + Argamassa

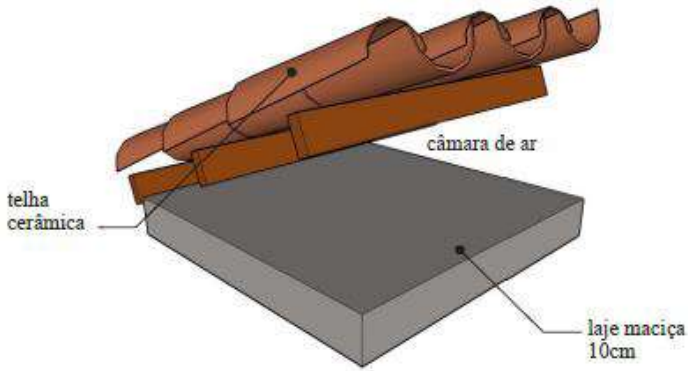
Camadas

- 1) concreto
- 2) EPS + concreto
- 3) EPS + concreto
- 4) argamassa

Descrição:

4

Laje maciça (10,0cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha cerâmica



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,05	238

Seções

A) telha cerâmica + camada de ar +laje maciça

Camadas

- 1) telha cerâmica
- 2) camada de ar
- 3) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$d_{telhacerâmica} := 0.015$$

$$\lambda_{telhacerâmica} := 1.3$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Áreas fracionadas:

$$f_a := 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.4715$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.4715$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.4715$$

Transmitância:

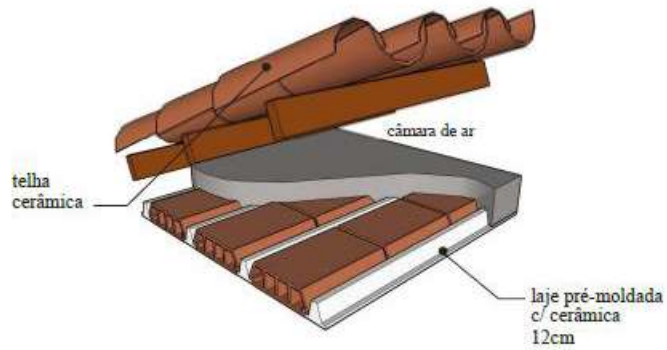
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4715$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.1207$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

5



Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha cerâmica

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,79	185

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 2 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0.3868$$

$$R_{si} := 0.17$$

Seções

A) telha cerâmica + camada de ar + laje

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.1768$$

$$R_{se} := 0.04$$

Camadas

1) telha cerâmica

2) camada de ar

3) laje

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{telhacerâmica} := 0.015 \quad \lambda_{telhacerâmica} := 1.3$$

Áreas fracionadas:

$$f_a := 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.6083$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.6083$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.1768 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.6083$$

Transmitância:

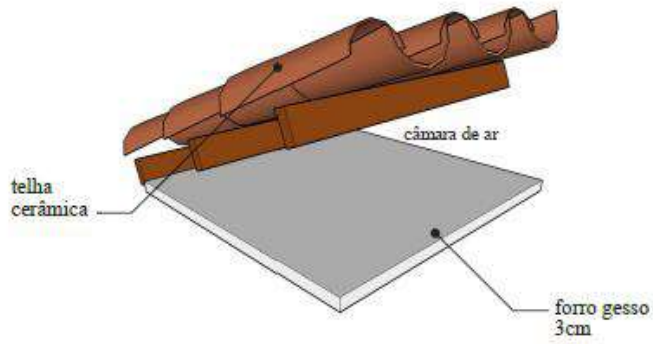
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.6083$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.6438$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

8



Forro gesso (3,0cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha cerâmica (1cm)

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,94	37

Seções

A) telha cerâmica + camada de ar + forro de gesso

Camadas

- 1) telha cerâmica
- 2) camada de ar
- 3) forro de gesso

$$d_{\text{forro gesso}} := 0.03$$

$$\lambda_{\text{forro gesso}} := 0.21$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$d_{\text{telha cerâmica}} := 0.015$$

$$\lambda_{\text{telha cerâmica}} := 1.3$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Áreas fracionadas:

$$f_a := 1$$

Rupper:

$$R_{\text{tot.a}} := \frac{d_{\text{forro gesso}}}{\lambda_{\text{forro gesso}}} + \frac{d_{\text{telha cerâmica}}}{\lambda_{\text{telha cerâmica}}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.5744$$

$$R_{\text{tot.upper}} := R_{\text{tot.a}} = 0.5744$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{\text{forro gesso}}}{\lambda_{\text{forro gesso}}} = 0.1429 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{\text{telha cerâmica}}}{\lambda_{\text{telha cerâmica}}}$$

$$R_{\text{tot.lower}} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.5744$$

Transmitância:

$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot.upper}} + R_{\text{tot.lower}}}{2} = 0.5744$$

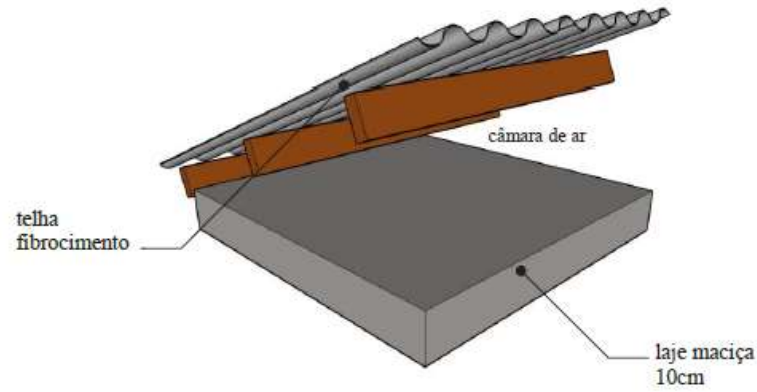
$$U := \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 1.741$$

$$e := \frac{R_{\text{tot.upper}} - R_{\text{tot.lower}}}{2 \cdot R_{\text{tot}}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

9

Laje maciça (10,0cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha fibrocimento



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
2,06	233

Seções

A) telha fibrocimento + camada de ar +laje maciça

Camadas

- 1) telha fibrocimento
- 2) camada de ar
- 3) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhafibrocimento} := 0.006$$

$$\lambda_{telhafibrocimento} := 0.65$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.4692$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.4692$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.4692$$

Transmitância:

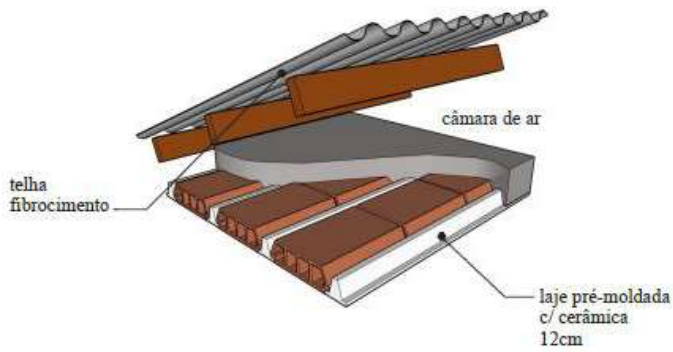
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.4692$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 2.1311$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

10



Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + lajota cerâmica 7cm +
argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha fibrocimento 0,8cm

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,79	180

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 2 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0.3868$$

$$R_{si} := 0.17$$

Seções

A) telha fibrocimento + camada de ar +laje

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.1768$$

$$R_{se} := 0.04$$

Camadas

1) telha fibrocimento

2) camada de ar

3) laje

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{telhafibrocimento} := 0.015 \quad \lambda_{telhafibrocimento} := 1.3$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.6083$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.6083$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.1768 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.6083$$

Transmitância:

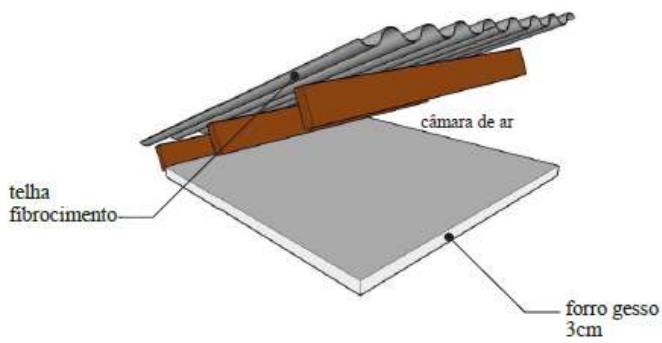
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.6083$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.6438$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

13



Forro gesso (3,0 cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha fibrocimento

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,95	32

$$d_{\text{forro gesso}} := 0.03$$

$$\lambda_{\text{forro gesso}} := 0.21$$

$$d_{\text{telha fibrocimento}} := 0.006$$

$$\lambda_{\text{telha fibrocimento}} := 0.65$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Seções

A) telha fibrocimento + camada de ar + forro de gesso

Camadas

1) telha fibrocimento

2) camada de ar

3) forro de gesso

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{\text{tot.a}} := \frac{d_{\text{forro gesso}}}{\lambda_{\text{forro gesso}}} + \frac{d_{\text{telha fibrocimento}}}{\lambda_{\text{telha fibrocimento}}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.5721$$

$$R_{\text{tot.upper}} := R_{\text{tot.a}} = 0.5721$$

Rlower:

$$R_1 := \frac{d_{\text{forro gesso}}}{\lambda_{\text{forro gesso}}} = 0.1429 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{\text{telha fibrocimento}}}{\lambda_{\text{telha fibrocimento}}}$$

$$R_{\text{tot.lower}} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.5721$$

Transmitância:

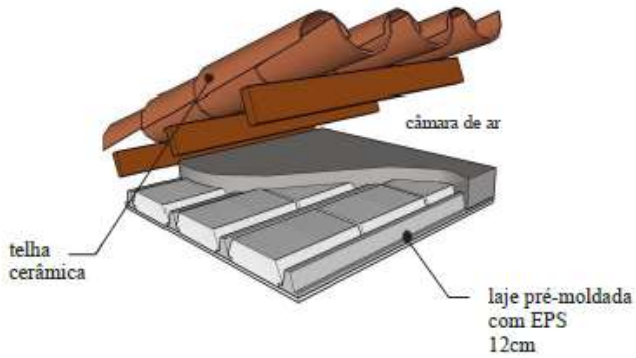
$$R_{\text{tot}} := \frac{R_{\text{tot.upper}} + R_{\text{tot.lower}}}{2} = 0.5721$$

$$U := \frac{1}{R_{\text{tot}}} = 1.748$$

$$e := \frac{R_{\text{tot.upper}} - R_{\text{tot.lower}}}{2 \cdot R_{\text{tot}}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

14



Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha cerâmica

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,52	150

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

A) telha cerâmica + camada de ar +laje

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

Camadas

1) telha cerâmica

2) camada de ar

3) laje

$$d_{telhacerâmica} := 0,015 \quad \lambda_{telhacerâmica} := 1,3$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0,9174$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,9174$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhacerâmica}}{\lambda_{telhacerâmica}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,9174$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,9174$$

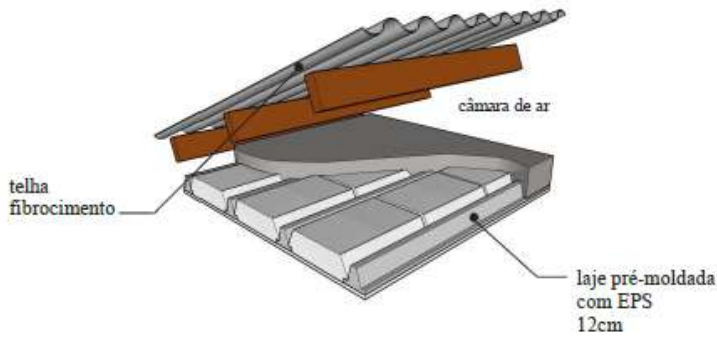
$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1,09$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

15

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha fibrocimento



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,52	145

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

A) telha fibrocimento + camada de ar +laje

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

Camadas

1) telha fibrocimento

2) camada de ar

3) laje

$$R_{ar} := 0,21$$

$$d_{telhafibrocimento} := 0,006 \quad \lambda_{telhafibrocimento} := 0,65$$

Áreas fracionadas:

$$fa := 1$$

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0,9151$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,9151$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhafibrocimento}}{\lambda_{telhafibrocimento}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,9151$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,9151$$

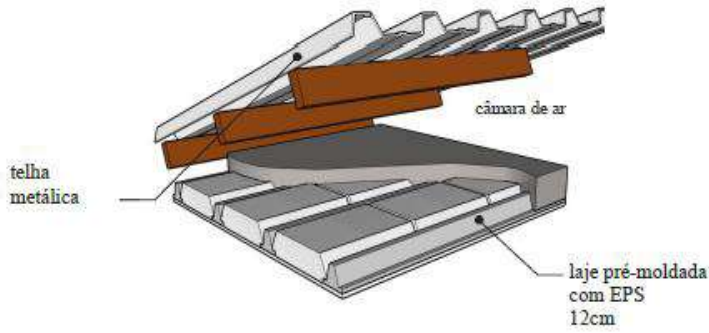
$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1,0927$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

16

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica 0,06cm



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,54	134

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

A) telha aço + camada de ar + laje

$$d_{telhaaço} := 0,006 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Camadas

1) telha aço

2) camada de ar

3) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0,906$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,906$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,906$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,906$$

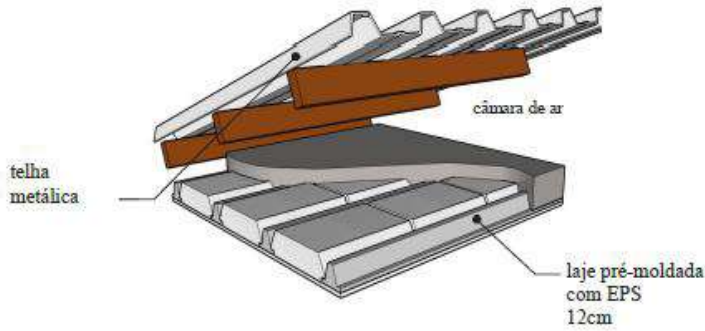
$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1,1037$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

16

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica 0,06cm



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,54	134

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

A) telha alumínio + camada de ar + laje

$$d_{telhaalumínio} := 0,006 \quad \lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Camadas

- 1) telha alumínio
- 2) camada de ar
- 3) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0,9059$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,9059$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,9059$$

Transmitância:

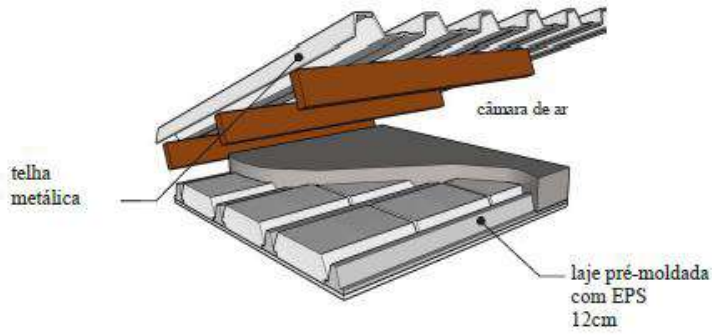
$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,9059 \quad U := \frac{1}{R_{tot}} = 1,1038$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

16

Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha metálica 0,06cm



U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,54	134

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

A) telha zinco + camada de ar + laje

$$d_{telhazinco} := 0,006 \quad \lambda_{telhazinco} := 110$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Camadas

- 1) telha zinco
- 2) camada de ar
- 3) laje

Rupper

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0,906$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 0,906$$

Rlower

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0,906$$

Transmitância:

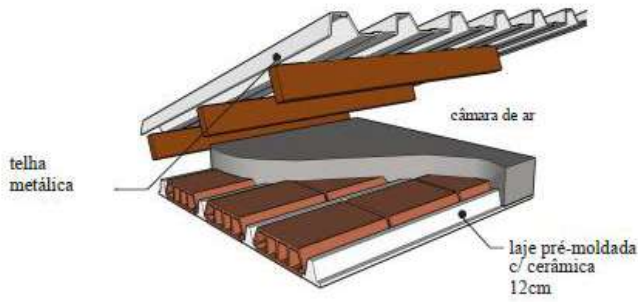
$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 0,906$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1,1038$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

17



Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + lajota cerâmica 7cm +
argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha metálica 0,6cm

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,82	169

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 2 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0.3868$$

$$R_{si} := 0.17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.1768$$

$$R_{se} := 0.04$$

A) telha aço + camada de ar + laje

$$d_{telhaaço} := 0.006 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Camadas

1) telha aço

2) camada de ar

3) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.5969$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.5969$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.1768 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.5969$$

Transmitância:

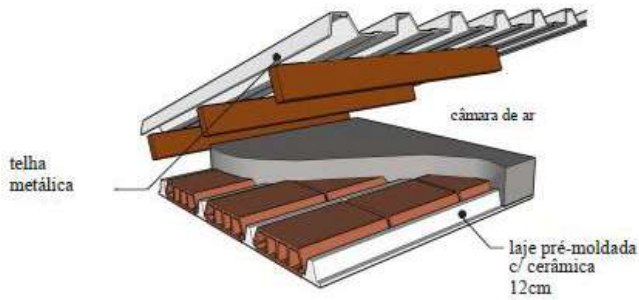
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.5969$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.6753$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

17



Laje pré-moldada 12cm (concreto
4cm + lajota cerâmica 7cm +
argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha metálica 0,6cm

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,82	169

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 2 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0.3868$$

$$R_{si} := 0.17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.1768$$

$$R_{se} := 0.04$$

A) telha alumínio + camada de ar + laje

$$d_{telhaalumínio} := 0.006 \quad \lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Camadas

1) telha alumínio

2) camada de ar

3) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.5968$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.5968$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.1768 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

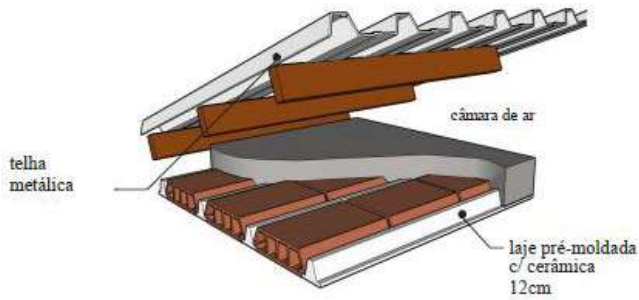
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.5968$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.5968 \quad U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.6755 \quad e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

17



Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica 0,6cm

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
1,82	169

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 2 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 0.3868$$

$$R_{si} := 0.17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.1768$$

$$R_{se} := 0.04$$

A) telha zinco + camada de ar + laje

$$d_{telhazinco} := 0.006 \quad \lambda_{telhazinco} := 110$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Camadas

- 1) telha zinco
- 2) camada de ar
- 3) laje

Rupper

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 0.5969$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 0.5969$$

Rlower

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.1768 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

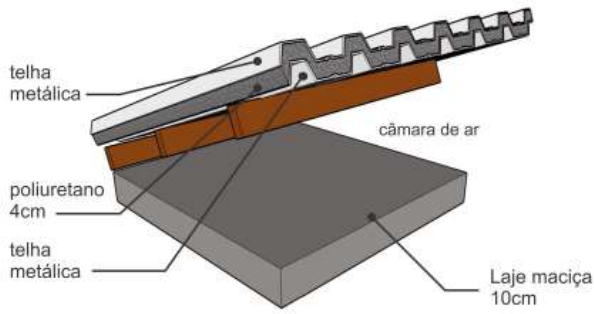
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_{si} + R_{se} = 0.5969$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 0.5969$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 1.6755$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$



Descrição:

Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,55	230

Seções

A) telha aço + poliuretano + telha alumínio + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha aço
- 2) poliuretano
- 3) telha alumínio
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaaço} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaaço} := 50$$

$$d_{poliuretano} := \frac{4}{100}$$

$$\lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.71$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.71$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

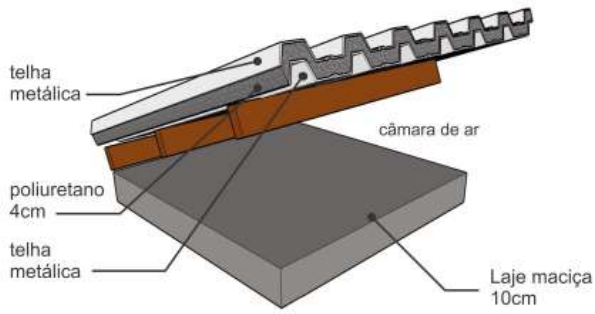
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.71$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.71$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.5848$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$



Descrição:

Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,55	230

Seções

A) telha aço + poliuretano + telha aço + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha aço
- 2) poliuretano
- 3) telha aço
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaaço} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaaço} := 50$$

$$d_{poliuretano} := 0.04$$

$$\lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.71$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.71$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

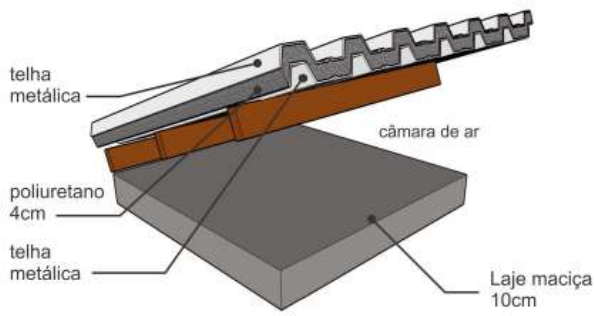
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.71$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.71$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.5848$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$



Descrição:

Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,55	230

Seções

A) telha alumínio + poliuretano + telha alumínio + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha alumínio
- 2) poliuretano
- 3) telha alumínio
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$d_{poliuretano} := 0.04$$

$$\lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.71$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.71$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

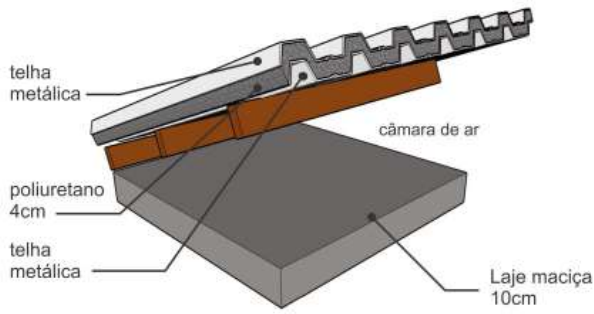
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.71$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.71$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.5848$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$



Descrição:

Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,55	230

Seções

A) telha zinco + poliuretano + telha zinco + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha zinco
- 2) poliuretano
- 3) telha zinco
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhazinco} := 0.001$$

$$\lambda_{telhazinco} := 110$$

$$d_{poliuretano} := 0.04$$

$$\lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.71$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.71$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.71$$

Transmitância:

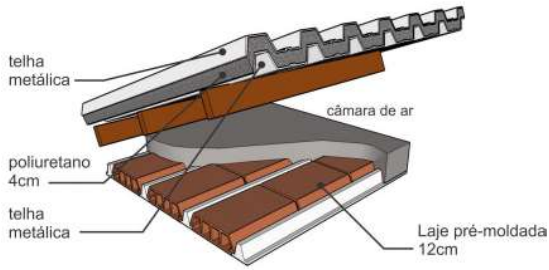
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.71$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.5848$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

19



Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliuretano 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,53	176

A laje, neste caso, é uma laje com bloco de EPS (não representado na Figura)

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695,9 \cdot 10^{-3} = 0,6959$$

$$R_{si} := 0,17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,4859$$

$$R_{se} := 0,04$$

$$d_{telhaaço} := 0,001 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0,21$$

$$d_{poliuretano} := 0,04 \quad \lambda_{poliuretano} := 0,032$$

$$d_{telhaalumínio} := 0,001 \quad \lambda_{telhaalumínio} := 160$$

Seções

A) telha aço + poliuretano + telha alumínio + camada de ar + laje

Camadas

1) telha aço

2) poliuretano

3) telha alumínio

4) camada de ar

5) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2,1559$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 2,1559$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,4859 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

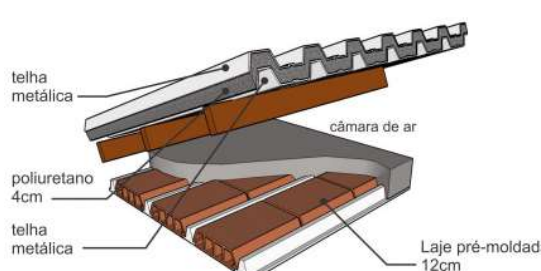
$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2,1559$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,1559$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4638$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

	Descrição:	19
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica* 0,1cm Poliuretano 4,0cm Telha metálica* 0,1cm	
	* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada	

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,53	176

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0.695$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.485$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{telhaaço} := 0.001 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{poliuretano} := 0.04 \quad \lambda_{poliuretano} := 0.032$$

Seções

A) telha aço + poliuretano + telha aço + camada de ar + laje

Camadas

- 1) telha aço
- 2) poliuretano
- 3) telha aço
- 4) camada de ar
- 5) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2.155$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 2.155$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2.155$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 2.155$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.464$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

19

Descrição:

Diagrama de uma cobertura composta por:

- telha metálica
- câmara de ar
- poliuretano 4cm
- telha metálica
- Laje pré-moldada 12cm

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)

Câmara de ar (> 5,0 cm)

Telha metálica* 0,1cm

Poliuretano 4,0cm

Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,53	176

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0.695$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.485$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{poliuretano} := 0.04 \quad \lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001 \quad \lambda_{telhaalumínio} := 160$$

Seções

A) telha alumínio + poliuretano + telha alumínio + camada de ar + laje

Camadas

- 1) telha alumínio
- 2) poliuretano
- 3) telha alumínio
- 4) camada de ar
- 5) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2.155$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 2.155$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2.155$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 2.155$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.464$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

19

Descrição:

Diagrama de uma cobertura composta por telha metálica, poliuretano, câmara de ar e laje pré-moldada. O diagrama mostra uma seção transversal da estrutura. A laje pré-moldada (12cm) é a base, composta por concreto (4cm), EPS (7cm) e argamassa (1cm). Sobre a laje, há uma camada de poliuretano (4cm) e uma camada de telha metálica (0,1cm). Acima da telha metálica, há uma câmara de ar (> 5,0 cm) e outra camada de telha metálica (0,1cm). O diagrama também mostra a estrutura de suporte da laje pré-moldada.

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)

Câmara de ar (> 5,0 cm)

Telha metálica* 0,1cm

Poliuretano 4,0cm

Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,53	176

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0.695$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.485$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{poliuretano} := 0.04 \quad \lambda_{poliuretano} := 0.032$$

$$d_{telhazinco} := 0.001 \quad \lambda_{telhazinco} := 110$$

Seções

A) telha zinco + poliuretano + telha zinco + camada de ar + laje

Camadas

- 1) telha zinco
- 2) poliuretano
- 3) telha zinco
- 4) camada de ar
- 5) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2.155$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 2.155$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} \quad R_4 := \frac{d_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} \quad R_5 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2.155$$

Transmitância:

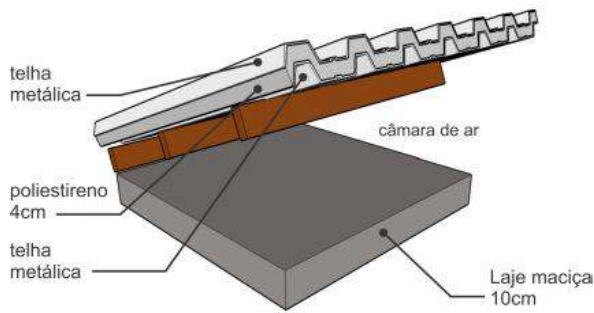
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 2.155$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.464$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

20



Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliestireno (isopor) 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,68	229

Seções

A) telha aço + EPS + telha alumínio + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha aço
- 2) EPS
- 3) telha alumínio
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaaço} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaaço} := 50$$

$$d_{EPS} := 0.04$$

$$\lambda_{EPS} := 0.034$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.6365$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.6365$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.6365$$

Transmitância:

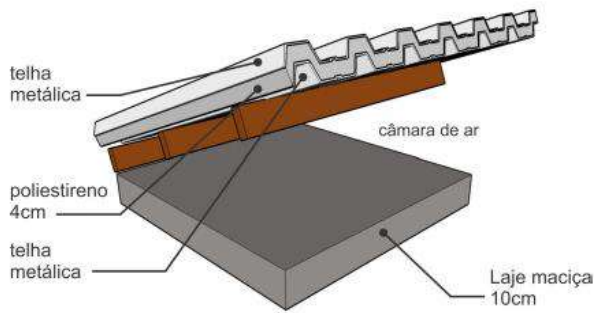
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.6365$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.6111$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

20



Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliestireno (isopor) 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,68	229

Seções

A) telha aço + poliestireno + telha aço + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha aço
- 2) poliestireno
- 3) telha aço
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaaço} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaaço} := 50$$

$$d_{poliestireno} := 0.04$$

$$\lambda_{poliestireno} := 0.034$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.6365$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.6365$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.6365$$

Transmitância:

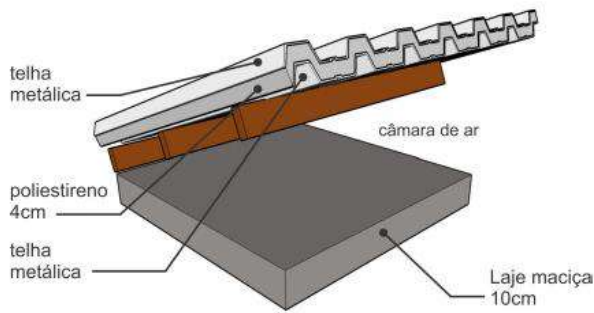
$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.6365$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.6111$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:

20



Laje maciça 10,0cm
 Câmara de ar (> 5,0 cm)
 Telha metálica* 0,1cm
 Poliestireno (isopor) 4,0cm
 Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C _T
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]
0,68	229

Seções

A) telha alumínio + poliestireno + telha alumínio + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha alumínio
- 2) poliestireno
- 3) telha alumínio
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001$$

$$\lambda_{telhaalumínio} := 160$$

$$d_{poliestireno} := 0.04$$

$$\lambda_{poliestireno} := 0.034$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.6365$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.6365$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} \quad R_4 := \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

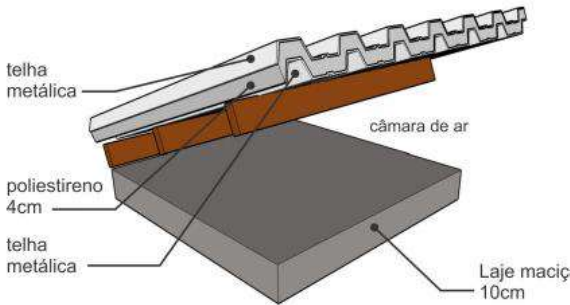
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.6365$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.6365$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.6111$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

Descrição:		20
		
Laje maciça 10,0cm Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica* 0,1cm Poliestireno (isopor) 4,0cm Telha metálica* 0,1cm		
* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada		
U	C _T	
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	
0,68	229	

$$d_{laje} := 0.1$$

$$\lambda_{laje} := 2.5$$

$$d_{telhazinco} := 0.001$$

$$\lambda_{telhazinco} := 110$$

$$d_{poliestireno} := 0.04$$

$$\lambda_{poliestireno} := 0.034$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$R_{ar} := 0.21$$

Seções

A) telha zinco + poliestireno + telha zinco + camada de ar + laje maciça

Camadas

- 1) telha zinco
- 2) poliestireno
- 3) telha zinco
- 4) camada de ar
- 5) laje maciça

Rupper

$$R_{tot.a} := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 1.6365$$

$$d_{telhazinco}$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 1.6365$$

Rlower

$$R_1 := \frac{d_{laje}}{\lambda_{laje}} = 0.04 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} \quad R_4 := \frac{d_{poliestireno}}{\lambda_{poliestireno}} \quad R_5 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

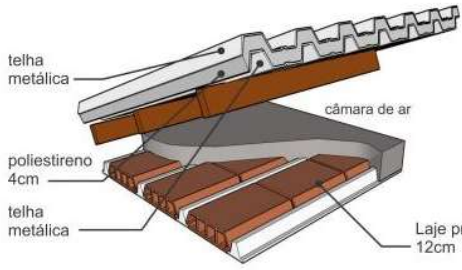
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 1.6365$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 1.6365$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.6111$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

 Diagrama de uma laje pré-moldada com telha metálica e camadas de poliestireno e EPS.	Descrição: Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica * 0,1cm Poliestireno 4,0cm Telha metálica * 0,1cm * A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th><th>C_f [kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td><td>176</td></tr> </tbody> </table>	U [W/(m²K)]	C _f [kJ/m²K]	0,65	176
U [W/(m²K)]	C _f [kJ/m²K]				
0,65	176				

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0.695$$

$$R_{si} := 0.17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0.485$$

$$R_{se} := 0.04$$

$$d_{telhaaço} := 0.001 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0.21$$

$$d_{EPS} := 0.04 \quad \lambda_{EPS} := 0.034$$

$$d_{telhaalumínio} := 0.001 \quad \lambda_{telhaalumínio} := 160$$

Seções

A) telha aço + EPS+ telha alumínio + camada de ar + laje

Camadas

1) telha aço

2) EPS

3) telha alumínio

4) camada de ar

5) laje

Rupper:

$$R_{tot.a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2.0815$$

$$R_{tot.upper} := R_{tot.a} = 2.0815$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0.485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalumínio}}{\lambda_{telhaalumínio}}$$

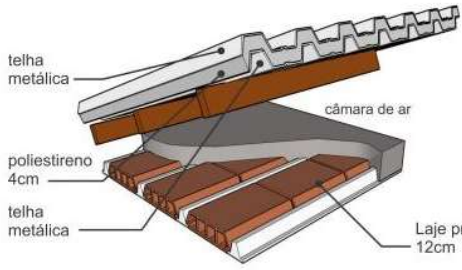
$$R_{tot.lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2.0815$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot.upper} + R_{tot.lower}}{2} = 2.0815$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0.4804$$

$$e := \frac{R_{tot.upper} - R_{tot.lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

 telha metálica poliestireno 4cm telha metálica câmara de ar Laje pré-moldada 12cm	Descrição: 21 Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica * 0,1cm Poliestireno 4,0cm Telha metálica * 0,1cm * A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_f</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td><td>176</td></tr> </tbody> </table>	U	C _f	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	0,65	176
U	C _f						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
0,65	176						

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0,695$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,485$$

$$R_{se} := 0,04$$

A) telha aço + EPS+ telha aço + camada de ar + laje

$$d_{telhaaço} := 0,001 \quad \lambda_{telhaaço} := 50$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Camadas

$$d_{EPS} := 0,04 \quad \lambda_{EPS} := 0,034$$

1) telha aço

2) EPS

3) telha alumínio

4) camada de ar

5) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2,0815$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 2,0815$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}} \quad R_4 := \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaaço}}{\lambda_{telhaaço}}$$

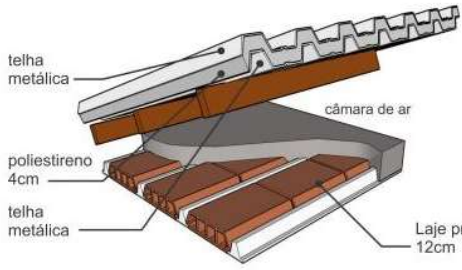
$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2,0815$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,0815$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4804$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

 telha metálica poliestireno 4cm telha metálica câmara de ar Laje pré-moldada 12cm	Descrição: 21 Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica * 0,1cm Poliestireno 4,0cm Telha metálica * 0,1cm * A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td><td>176</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	0,65	176
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
0,65	176						

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0,695$$

$$R_{si} := 0,17$$

Seções

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,485$$

$$R_{se} := 0,04$$

A) telha aço + EPS+ telha aço + camada de ar + laje

$$d_{telhaalum} := 0,001 \quad \lambda_{telhaalum} := 160$$

$$R_{ar} := 0,21$$

Camadas

$$d_{EPS} := 0,04 \quad \lambda_{EPS} := 0,034$$

1) telha aço

2) EPS

3) telha alumínio

4) camada de ar

5) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhaalum}}{\lambda_{telhaalum}} + \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{d_{telhaalum}}{\lambda_{telhaalum}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2,0815$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 2,0815$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhaalum}}{\lambda_{telhaalum}} \quad R_4 := \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} \quad R_5 := \frac{d_{telhaalum}}{\lambda_{telhaalum}}$$

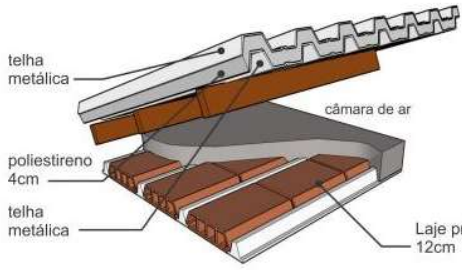
$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2,0815$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,0815$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4804$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$

 telha metálica poliestireno 4cm telha metálica câmara de ar Laje pré-moldada 12cm	Descrição: 21 Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica * 0,1cm Poliestireno 4,0cm Telha metálica * 0,1cm * A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_f</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,65</td><td>176</td></tr> </tbody> </table>	U	C _f	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	0,65	176
U	C _f						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
0,65	176						

A resistência da laje pré-moldada foi calculada na cobertura 3 e chamada de R.laje

$$R_{laje} := 695 \cdot 10^{-3} = 0,695$$

$$R_{si} := 0,17$$

$$R_{lajecorrigida} := R_{laje} - R_{si} - R_{se} = 0,485$$

$$R_{se} := 0,04$$

$$d_{telhazinco} := 0,001 \quad \lambda_{telhazinco} := 110$$

$$R_{ar} := 0,21$$

$$d_{EPS} := 0,04 \quad \lambda_{EPS} := 0,034$$

Seções

A) telha aço + EPS+ telha aço + camada de ar + laje

Camadas

1) telha aço

2) EPS

3) telha alumínio

4) camada de ar

5) laje

Rupper:

$$R_{tot,a} := R_{lajecorrigida} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} + R_{ar} + R_{se} + R_{si} = 2,0815$$

$$R_{tot,upper} := R_{tot,a} = 2,0815$$

Rlower:

$$R_1 := R_{lajecorrigida} = 0,485 \quad R_2 := R_{ar} \quad R_3 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}} \quad R_4 := \frac{d_{EPS}}{\lambda_{EPS}} \quad R_5 := \frac{d_{telhazinco}}{\lambda_{telhazinco}}$$

$$R_{tot,lower} := R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{si} + R_{se} = 2,0815$$

Transmitância:

$$R_{tot} := \frac{R_{tot,upper} + R_{tot,lower}}{2} = 2,0815$$

$$U := \frac{1}{R_{tot}} = 0,4804$$

$$e := \frac{R_{tot,upper} - R_{tot,lower}}{2 \cdot R_{tot}} \cdot 100 = 0$$