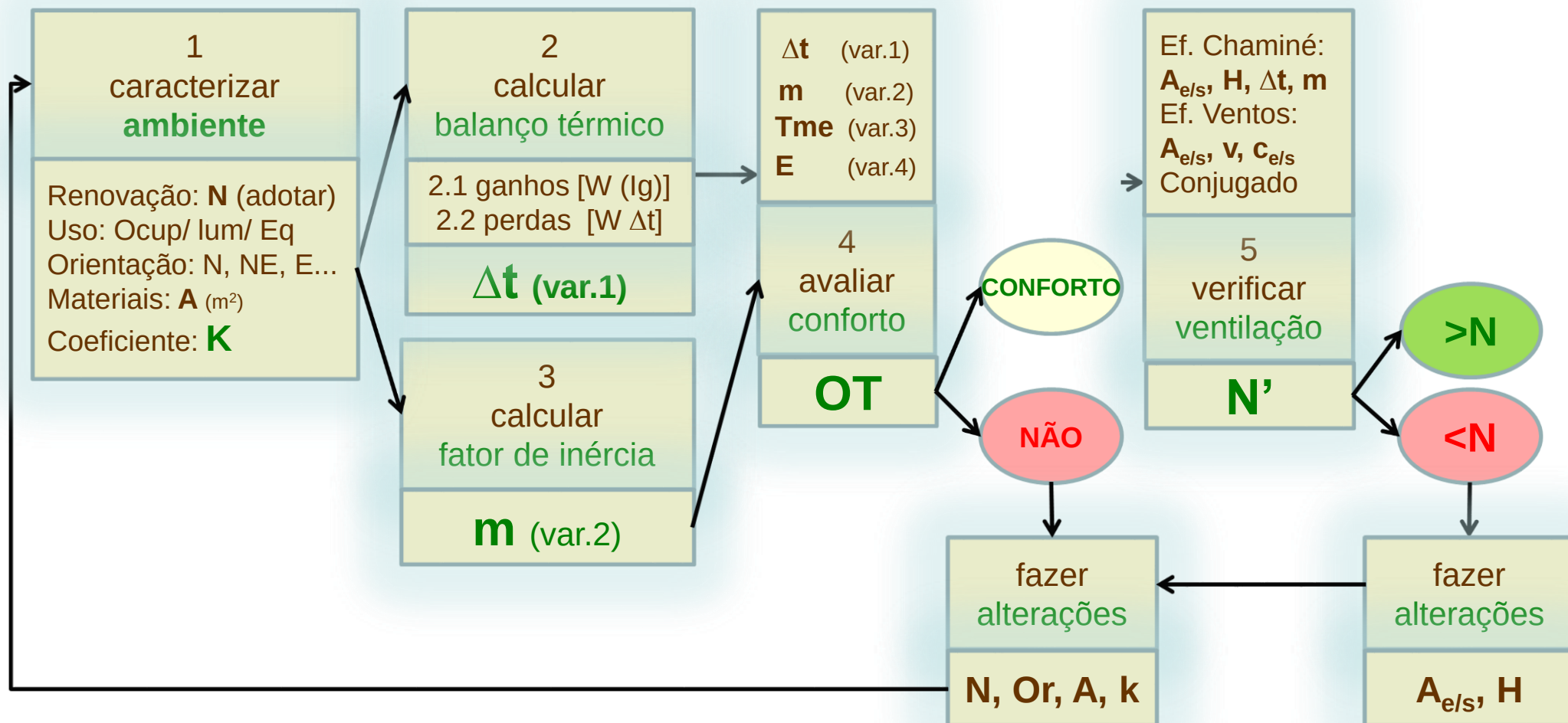
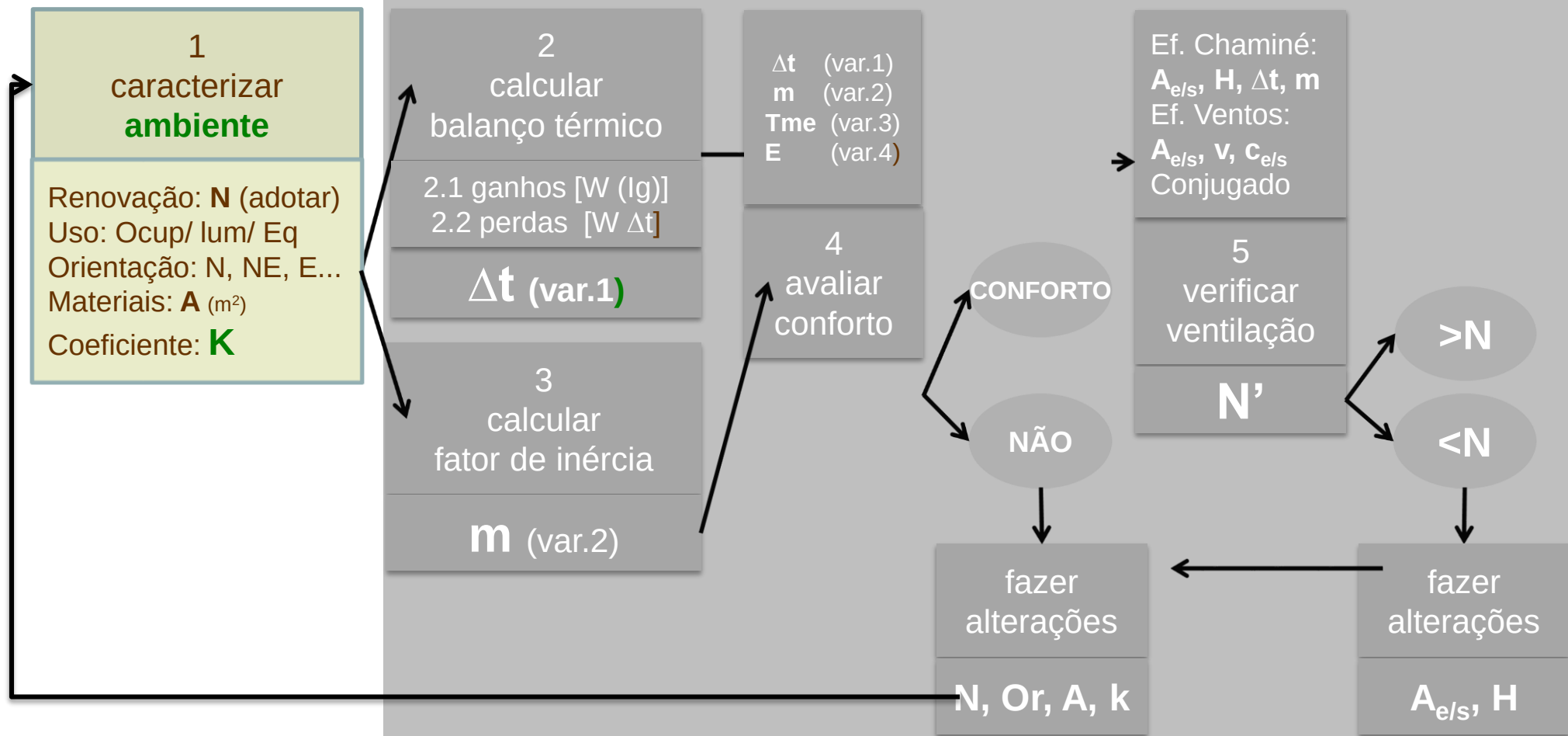


Desempenho térmico de materiais e componentes construtivos

Prof. Dra. Alessandra Rodrigues Prata-Shimomura
Profa. Dra. Denise Helena Silva Duarte
Prof. Dr. Leonardo Marques Monteiro
Prof. Dra. Ranny Loureiro X. Nascimento Michalski

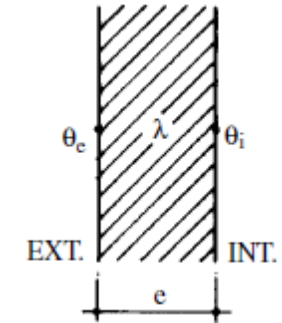
Modelo de cálculo de desempenho térmico da edificação





Características Termofísicas dos Materiais

Material	λ (W/m°C)	d (kg/m³)	c (J/kg°C)
Água	0,58	1000	4187
Algodão	0,06	80	
Amianto	0,15	580	
Amianto projetado	0,05	160	
Areia seca	0,49	1600	2093
Areia úmida	2,35	variável	8374
Argamassa de cal e cimento (ou de cimento)	0,65 0,85 1,05	1600 1800 2000	754 754 754
Argamassa celular	0,30 0,51 0,81	600 1000 1400	1047 1047 1047
Argamassa de gesso (ou de cal e gesso)	0,53 0,70	1000 1200	837 837
Argila	0,72	1720	
Asfalto puro	0,70	2100	
Asfalto com areia	1,15	2100	
Borrachas sintéticas			
— formofenólicas	0,40	1300	
— mastique para junta	0,40	1350	
— poliamida	0,40	1100	
— policlorure de vinil	0,20	1350	
— poliéster	0,40	1550	
— polietileno	0,40	1000	
Cerâmica	0,46	variável	837
Cimento-amianto	0,65 0,95	1600 2000	
Cimento-amianto-celulose	0,46	1600	
Concreto aparente	1,65 1,91	2200 2400	1005 1005
Concreto armado	1,75	2400	1005



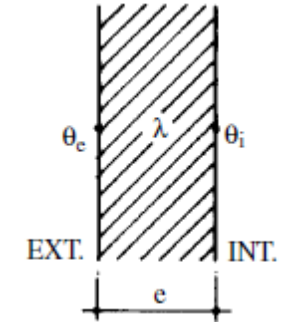
Características Termofísicas dos Materiais

Material	λ (W/m°C)	d (kg/m³)	c (J/kg°C)
Concreto comum	1,28	2000	1005
	1,50	2200	1005
	1,74	2400	1005
Concreto comum cavernoso idem c/ 50% de calcárea	1,40	1850	
	1,15	1800	
Concreto c/ agregado muito leve — c/ vermiculite ou pedras-pomes	0,17	600	963
	0,26	800	963
	0,33	1000	963
	0,43	1200	963
	0,50	1400	963
— placa de concreto c/ vermiculite fabricado na usina	0,19	400	963
	0,85	1500	963
	1,05	1700	963
	0,52	1500	963
	0,44	1100	963
Concreto celular autoclavado	0,10	300	963
	0,12	400	963
	0,16	600	963
	0,21	800	963
	0,27	1000	963
	0,05	450	963
Concreto celular (bloco)	0,50	600	963
	1,98	1800	1005
Concreto de cascalho	0,74	1600	
Concreto sem finos	0,93	1800	
Concreto c/ agregado pesado de escória de alto forno	1,40	2300	
	0,70	1800	
Idem cavernoso	0,04	100	1424
	0,05	200	1424
Cortiça (em placas, de granulado)	0,10	500	1423
Cortiça comprimida	0,05	160	
Feltro			



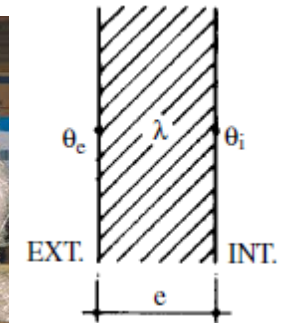
Grande - Diâmetro médio do grão:
1,8 mm < GR < 8 mm
Densidade aparente: 75 kg/m³ ± 8%

Médio - Diâmetro médio do grão:
1,4 mm < ME < 4 mm
Densidade aparente: 80 kg/m³ ± 8%



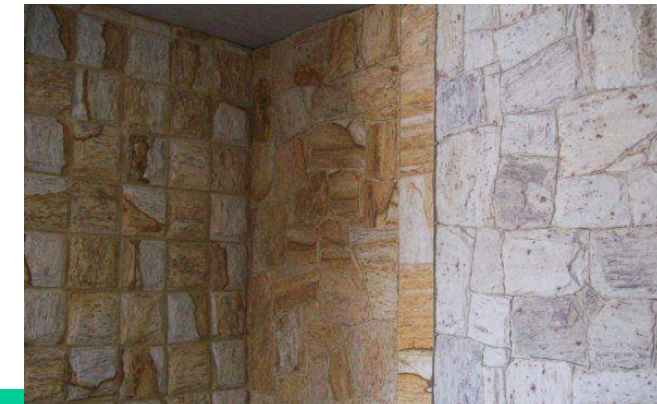
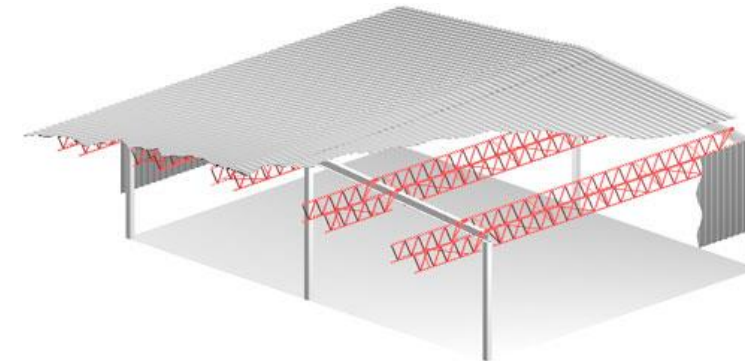
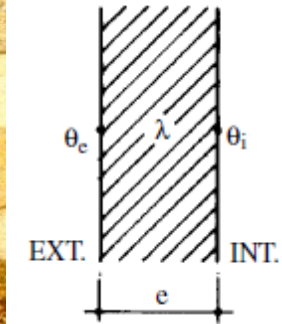
Características Termofísicas dos Materiais

Material	λ (W/m°C)	d (kg/m³)	c (J/kg°C)
Feltro asfáltico	0,14	1200	1675
Feltro de crina	0,03	270	
Feltro de lã	0,04	150	
Fibra de vidro	0,03	70	754
Gesso celular	0,50	128	
Gesso (placa)	0,35	750	837
	0,35	1500	837
Gesso paramentado c/ cartão antichama	0,35	900	
Gesso c/ fibras minerais	0,35	950	
Gesso projetado	0,50	1200	837
Gesso c/ vermiculite 1:1	0,30	850	
Gesso c/ vermiculite 1:2	0,25	600	
Lã de escória	0,03	110	
Lã de ovelha	0,04	136	
Lã de rocha	0,03	100	754
	0,04	130	754
	0,04	190	754
Lã de vidro	0,05	24	754
	0,04	64	754
	0,04	76	754
	0,03	96	754
Madeiras			
— abeto, cedro	0,12	400	1424
— balsa	0,05	90	
— bétula, pinho silvestre, pinho marítimo			
— carvalho, frutíferas	0,15	500	1424
— pinho perpendicular a fibra	0,23	700	1424
— pinho paralelo a fibra	0,14	550	2721
	0,30	900	1256
Fibras de madeira	0,06	140	1675
Lascas de madeira	0,06	140	1675



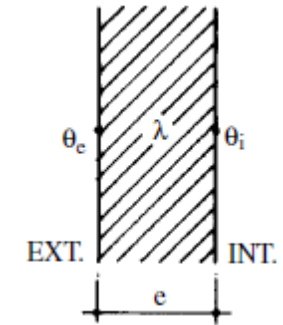
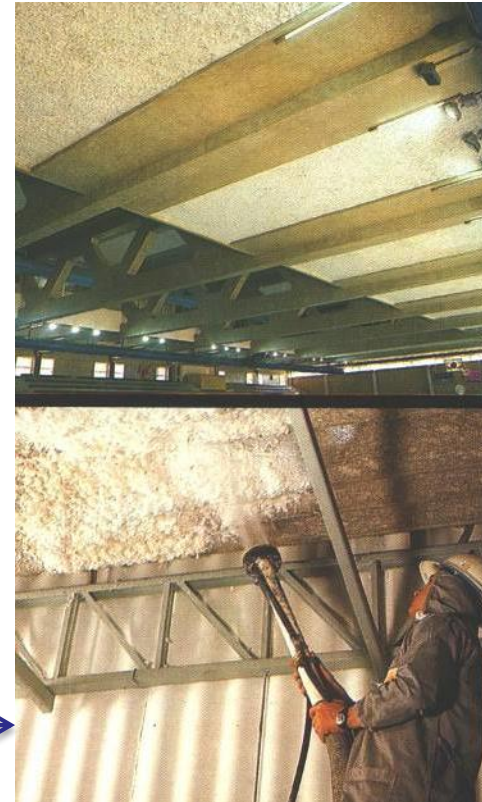
Características Termofísicas dos Materiais

Material	λ (W/m°C)	d (kg/m³)	c (J/kg°C)
Painéis de madeira			
— aglomerado mole isolante	0,05	300	
— painel de fibra de madeira isolante	0,06	300	
— painel de fibra de madeira duro e extraduro	0,20	900	
— painel de fibra de madeira aglomerada	0,10	400	1424
	0,12	500	1424
	0,14	600	1424
	0,17	700	1424
— painel de fibra de madeira aglomerada e compensada	0,20	800	1424
	0,24	1000	1424
Metais			
— aço	52,00	7780	
— aço inoxidável	46,00	7800	461
— alumínio	230,00	2700	
— chumbo	35,00	11340	
— cobre	380,00	8930	
— duralumínio	160,00	2800	
— ferro fundido	56,00	7500	
— ferro puro	72,00	7870	
— latão	110,00	8400	
— zinco	112,00	7130	
Palha comprimida	0,12	350	
Papelão	0,08	650	
Papelão corrugado, quatro camadas por plegada	0,10	170	
Pedras			
— ardósia	2,10	2700	837
— arenito	1,28	2000	837
— basalto	3,50	2900	837
— calcáreo	1,40	2000	837
— gnaise	3,50	2600	837
— granito	3,50	2700	837
— gres	1,98	2400	837
— mármore	3,26	2700	837

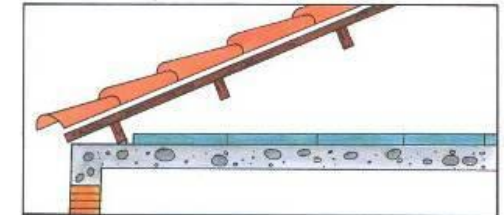


Características Termofísicas dos Materiais

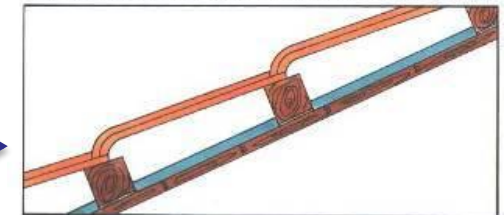
Material	λ (W/m°C)	d (kg/m³)	c (J/kg°C)
— pederneira	3,50	2700	837
— pedregulho	2,35	1900	837
— pórfiro	2,90	2500	837
Plásticos alveolares			
— poliestireno expandido moldado	0,04	11	
	0,04	15	
	0,04	18	
	0,04	23	
	0,04	30	
— poliestireno expandido moldado, por via úmida	0,42	14	
— poliestireno expandido termocomprimido, por via seca	0,04	14	
	0,04	18	
	0,04	23	
— poliestireno expandido termocomprimido, por via seca	0,04	30	
— poliestireno estruturado			
. placas s/ pele na superfície	0,03	30	
. placas c/ pele na superfície	0,03	32	
	0,03	38	
— espuma rígida de poliuretano			
. placas ou blocos extensos contínuos	0,03	35	
. placas ou blocos descontínuos	0,03	35	
— espumas formofenólicas	0,04	40	
	0,04	50	
	0,04	70	
	0,04	95	
— outros materiais plásticos alveolares	0,05	40	
Telha de barro moldada (ou cerâmica)	0,93	—	921
Telha de fibrocimento	0,65	—	1600
	0,95	—	2000
Terra argilosa seca	0,52	1700	837
Terra comprimida (bloco)	1,15	1800	837
Terra úmida	0,60	1800	1465
Tijolo de concreto furado (8 furos)			
19 × 19 × 39 (paredes 6 mm)	0,91	1700	1005
Tijolo maciço prensado	0,72	1600	921
Vidro	0,8	2200	



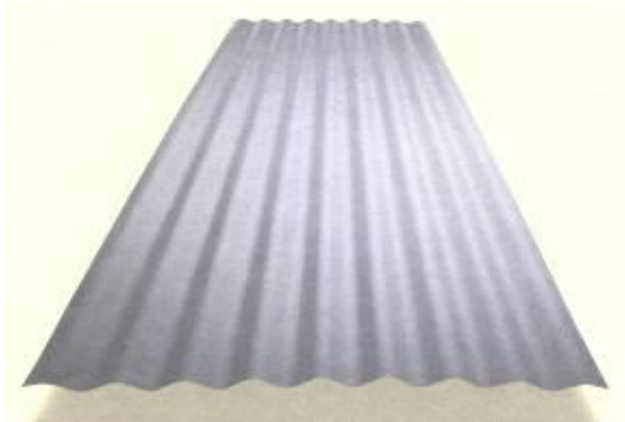
Em cima de laje de forro.



Sob telhado de barro, em cima de forro de madeira.



MATERIAIS CONDUTORES X NÃO CONDUTORES



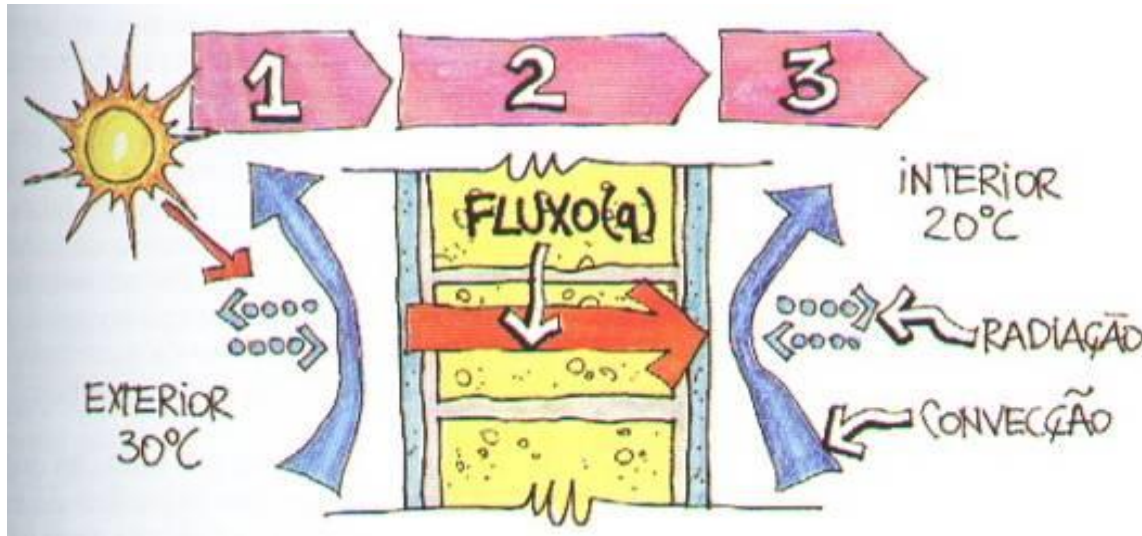
X



condutibilidade térmica = λ (W/m°C)

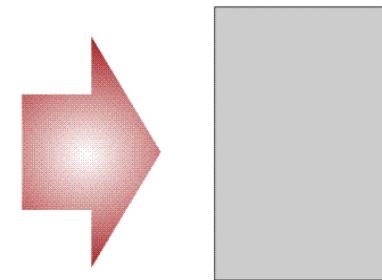
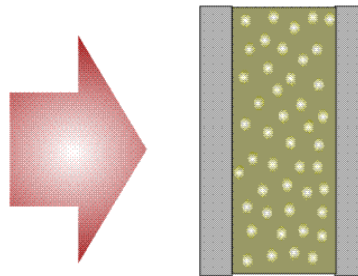
Concreto armado	1,75	Tijolo maciço prensado	0,72
Aço	52	Terra úmida	0,60
Alumínio	230	Poliestireno expandido	0,04
Granito	3,50	Espuma de poliuretano	0,03
Mármore	3,26	Concreto celular	0,05 a 0,5
Telha cerâmica	0,93	Feltro	0,05
Telha de fibrocimento	0,65 a 0,95	Lã de vidro	0,03 a 0,05
Vidro	0,8	Madeira	0,05 a 0,3

ISOLAMENTO TÉRMICO X INÉRCIA TÉRMICA



Fonte: LAMBERTS. Roberto, *et al. Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo

- **Isolamento:** materiais leves
- **Acumulação:** materiais pesados e componentes espessos



ISOLAMENTO TÉRMICO

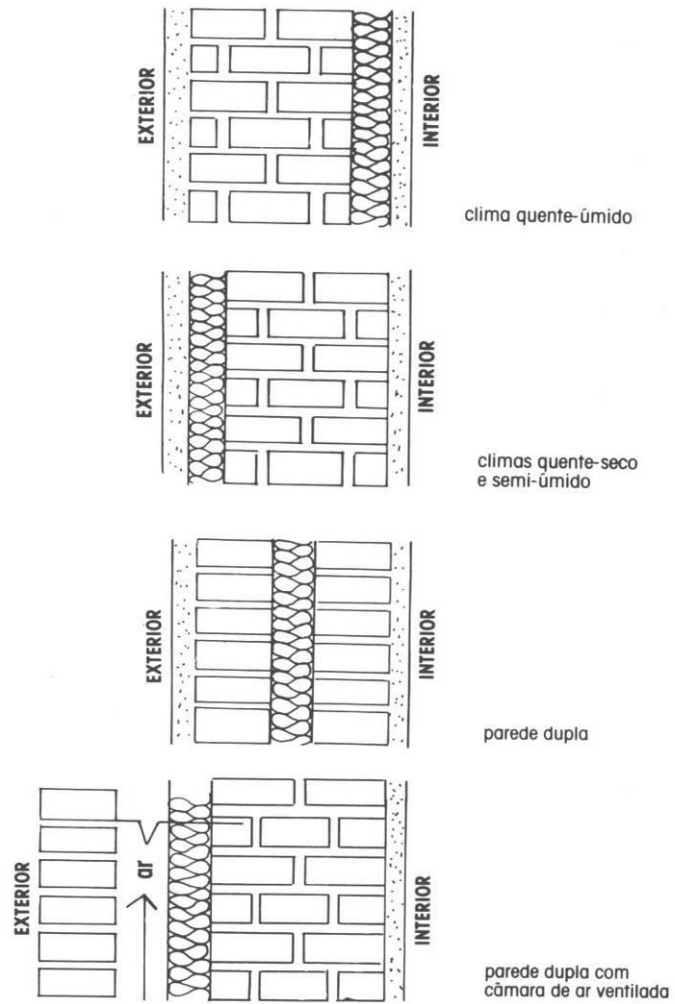
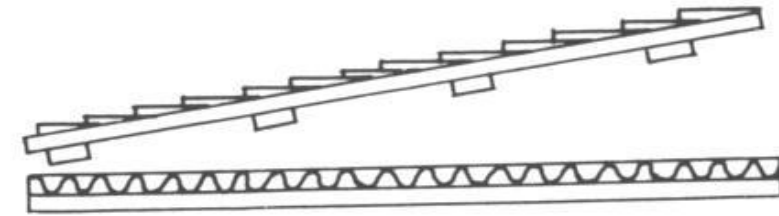
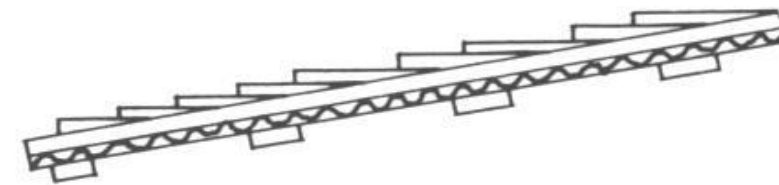


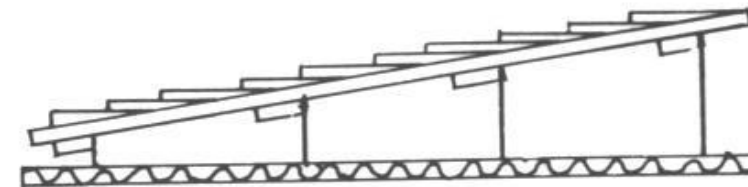
Figura 5.6 - Localização do isolante térmico em paredes.



a) Isolamento colocado sobre a laje, forro de madeira, estuque, etc.



b) Isolamento colocado sob a cobertura

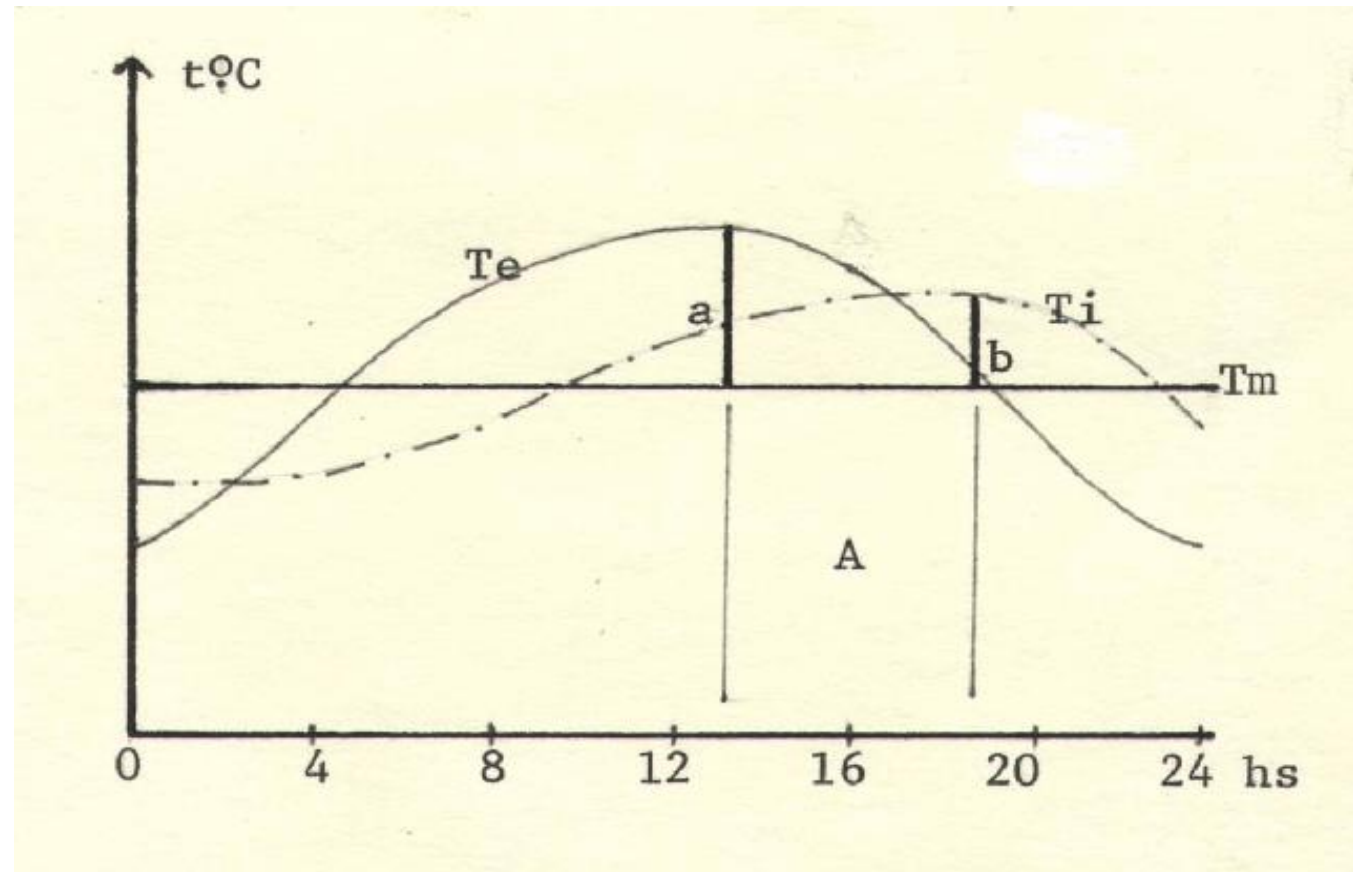


c) Isolamento com forro térmico.

INÉRCIA TÉRMICA

Amortecimento térmico

Atraso térmico



COFAIGH, Eoin O. et al. *The climatic dwelling*.

Coeficiente global de transmissão térmica (K)

engloba as trocas térmicas superficiais (por convecção e radiação)
e as trocas térmicas através do material (por condução)

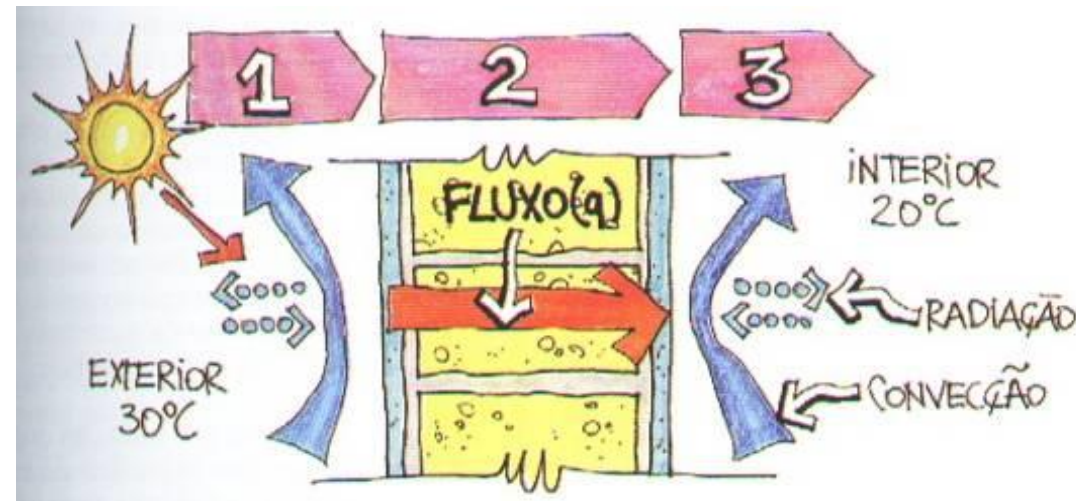
Portanto, para determinado material, considera:

- a espessura da lâmina
- o coeficiente de condutibilidade térmica
- a posição horizontal ou vertical da lâmina
- o sentido do fluxo

K: coeficiente global de transmissão térmica ($\text{W/m}^2\text{°C}$)

R: resistência térmica global ($\text{m}^2\text{°C/W}$)

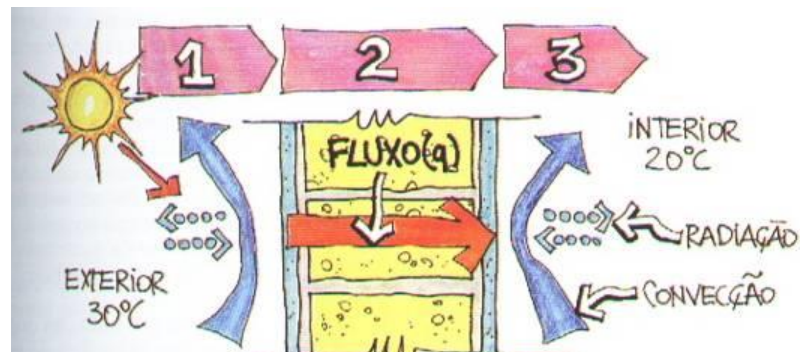
$$R = 1/K$$



Fonte: LAMBERTS. Roberto, et al. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo

Condutância térmica superficial

engloba as trocas térmicas que se dão nas superfícies da envoltória



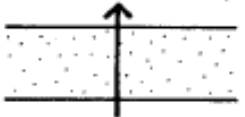
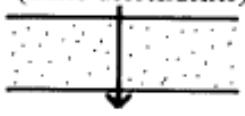
Fonte: LAMBERTS. Roberto, et al. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo

h_e : coeficiente de condutância térmica superficial externa ($\text{W/m}^2\text{°C}$)

h_i : coeficiente de condutância térmica superficial interna ($\text{W/m}^2\text{°C}$)

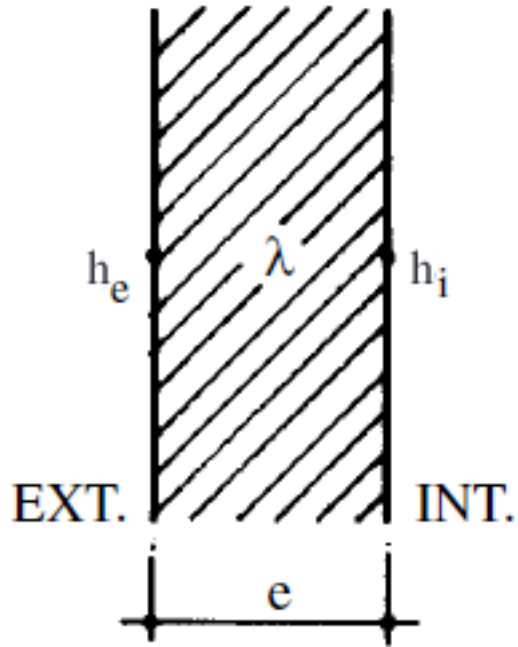
h_e e h_i : parâmetros simplificados para condições convencionais

Se h_e e h_i são coeficientes de condutância térmica superficiais, as resistências térmicas superficiais serão $1/h_e$ e $1/h_i$.

Posição das paredes e sentido do fluxo	Unidades	Paredes exteriores					Paredes interiores				
		h_i	$\frac{1}{h_i}$	h_e	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	h_i	$\frac{1}{h_i}$	h_e	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parede vertical 	$W/m^2\text{°C}$	8	—	20	—	—	8	—	8	—	—
	$m^2\text{°C}/W$	—	0,12	—	0,05	0,17	—	0,12	—	0,12	0,24
Parede horizontal (fluxo ascendente) 	$W/m^2\text{°C}$	11	—	20	—	—	10	—	10	—	—
	$m^2\text{°C}/W$	—	0,09	—	0,05	0,14	—	0,10	—	0,10	0,20
Parede horizontal (fluxo descendente) 	$W/m^2\text{°C}$	6	—	20	—	—	6	—	6	—	—
	$m^2\text{°C}/W$	—	0,17	—	0,05	0,22	—	0,17	—	0,17	0,34

Valores de condutâncias (h_e , h_i) e resistências térmicas superficiais ($1/h_e$, $1/h_i$), com $v=2,0\text{m/s}$ para paredes exteriores e $v=0,5\text{m/s}$ para paredes interiores (CSTB, 1958)
 Fonte: Frota e Schiffer, 2008

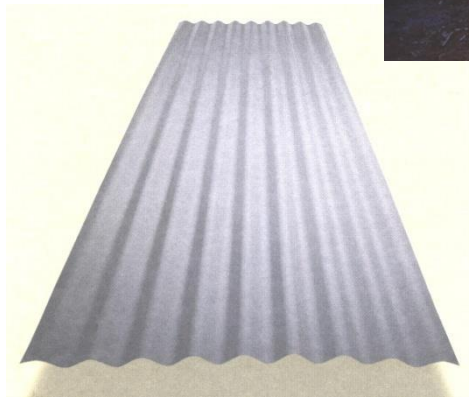
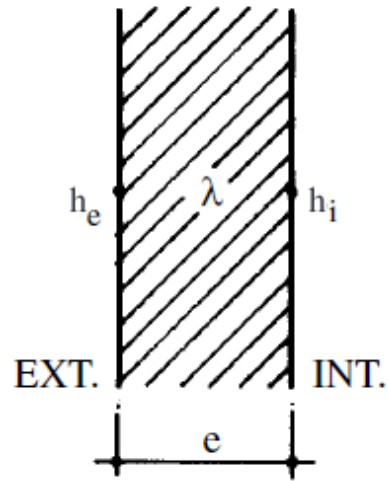
K para componentes homogêneos



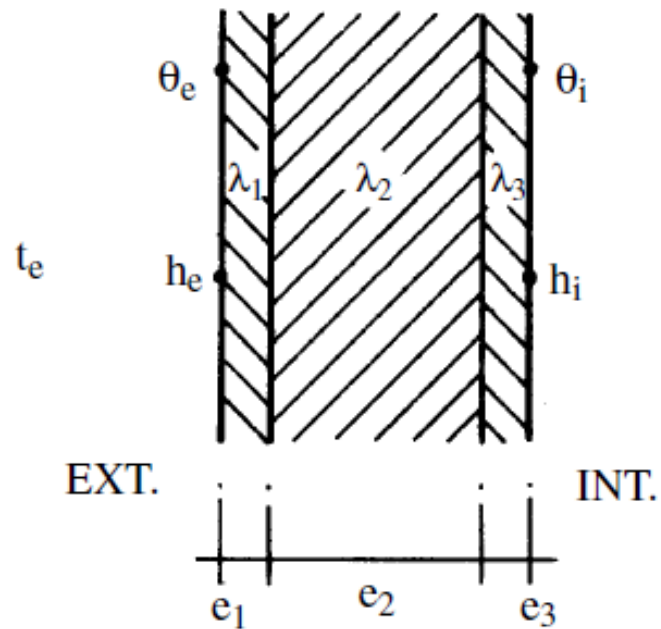
$$R_T = R_{SE} + R_{SI} + R_M$$

$$1/K = 1/h_e + 1/h_i + e/\lambda \rightarrow K$$

K para componentes homogêneos

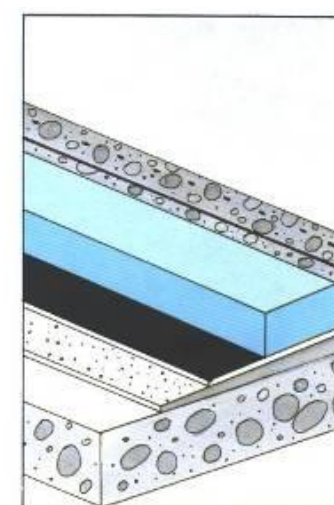
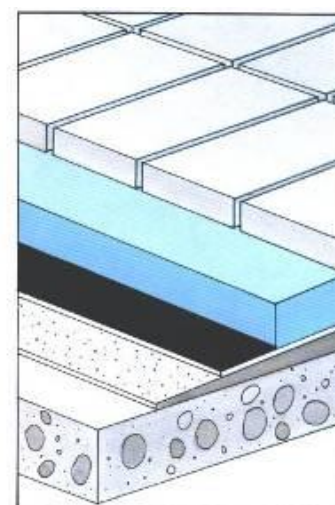
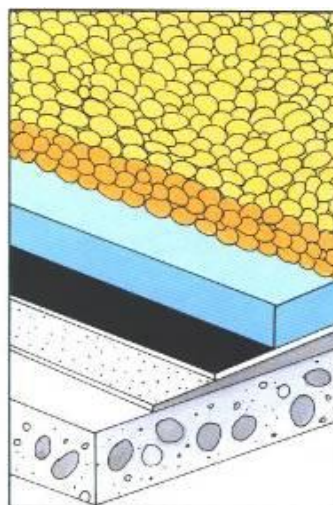
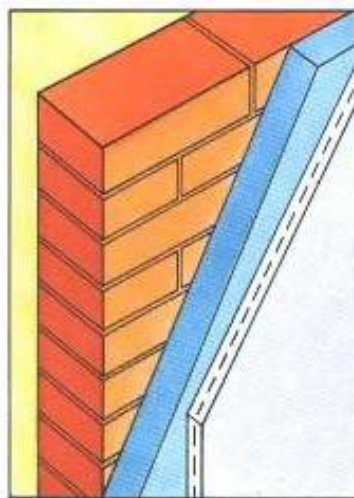
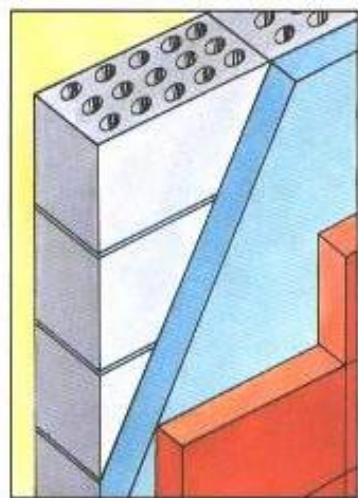
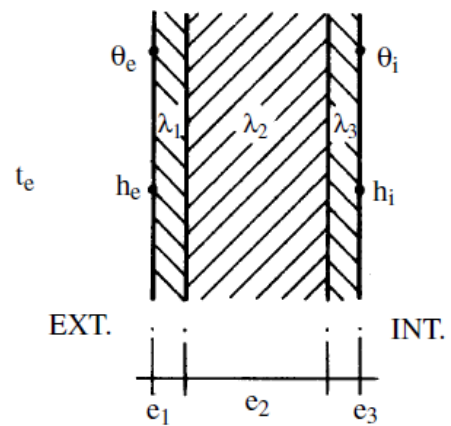


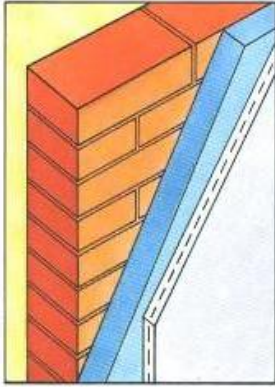
K para componentes heterogêneos em espessura



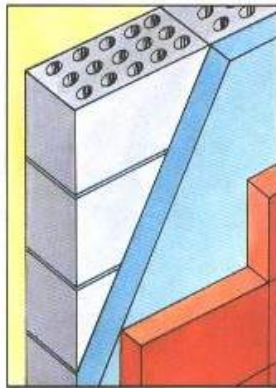
$$R_T = R_{SE} + R_{SI} + R_{M1} + R_{M2} + \dots + R_{Mn}$$

$$1/K = 1/h_e + 1/h_i + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + \dots + e_n/\lambda_n \rightarrow K$$





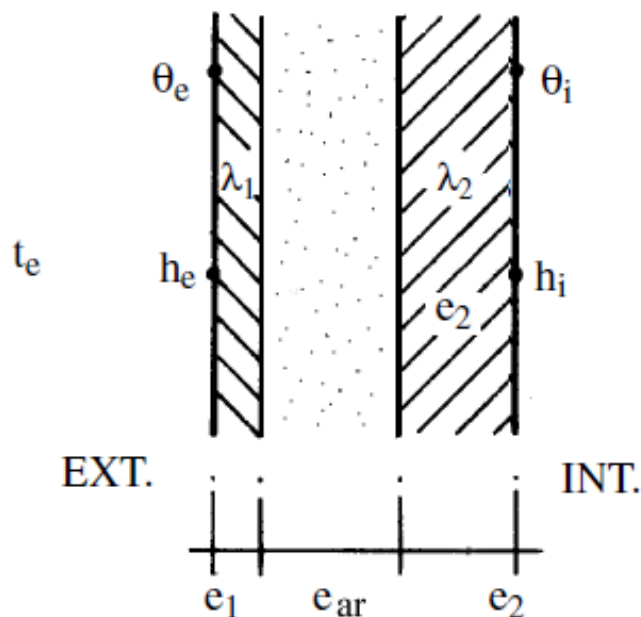
$$1/K = 1/h_e + 1/h_i + e_{\text{alv}}/\lambda_{\text{alv}} + e_{\text{iso.}}/\lambda_{\text{iso.}} + e_{\text{acab}}/\lambda_{\text{acab}} \rightarrow K_{\text{paredes}}$$



$$1/K = 1/h_e + 1/h_i + e_{\text{tb.conc}}/\lambda_{\text{b.conc}} + e_{\text{iso.}}/\lambda_{\text{iso.}} + e_{\text{alv}}/\lambda_{\text{alv}} \rightarrow K_{\text{paredes}}$$

K para componentes com espaço de ar confinado

Espaço de ar confinado: resistência térmica (R_{ar})



$$R_T = R_{SE} + R_{SI} + R_{M1} + R_{M2} + \dots + R_{Mn} + R_{ar}$$

$$1/K = 1/h_e + 1/h_i + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + \dots + e_n/\lambda_n + R_{ar} \rightarrow K$$

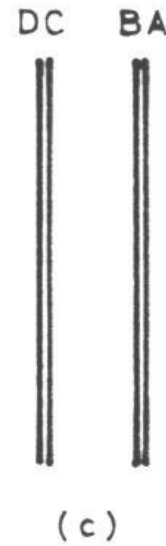
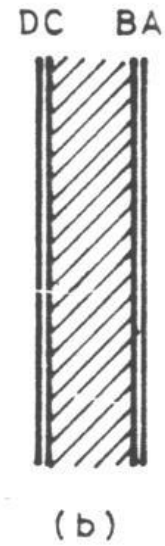
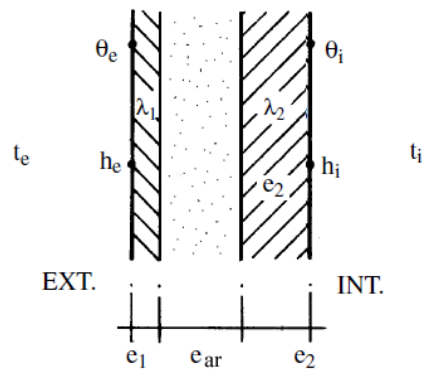


Figura 5.28. Duas simples placas de fibrocimento podem originar fechamentos de resistência térmica muito diferentes.

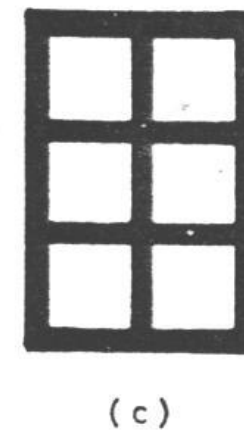


Figura 5.29. Com a mesma quantidade de material se fabricam peças diferentes resistências térmicas.

Fonte: Rivero, Roberto. Clima e Arquitetura.

Resistência térmica de espaço de ar confinado

Posição Espaço de Ar	Direção e Sentido do Fluxo de Calor	Espessura do Espaço de Ar (cm)	Temperatura das faces		R_{ar} (m²°C/W), para $\epsilon_r =$			
			Média (°C)	Diferença (°C)	0,82	0,47	0,20	0,11
vertical	horizontal	2 a 10	32	5,5	0,15	0,22	0,38	0,51
			10	5,5	0,18	0,26	0,41	0,54
horizontal	vertical ascendente	2 a 10	10	5,5	0,16	0,21	0,32	0,39
horizontal	vertical descendente	2	32	11	0,15	0,21	0,36	0,46
		4	32	11	0,16	0,26	0,48	0,66
		10	32	11	0,17	0,28	0,58	0,86

sendo:

$$\epsilon_r = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

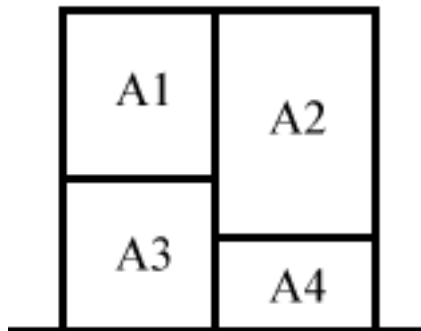
para:

ϵ_r = emissividade térmica relativa

ϵ_1 e ϵ_2 = emissividade de cada uma das lâminas paralelas que confinam o espaço de ar

Anexo 9 — Tabela 2 — Valores de Resistência Térmica de Espaços de Ar (R_{ar}) confinado entre duas lâminas paralelas.
Fonte: Gomes, R. (30)

K para componentes heterogêneos em superfície

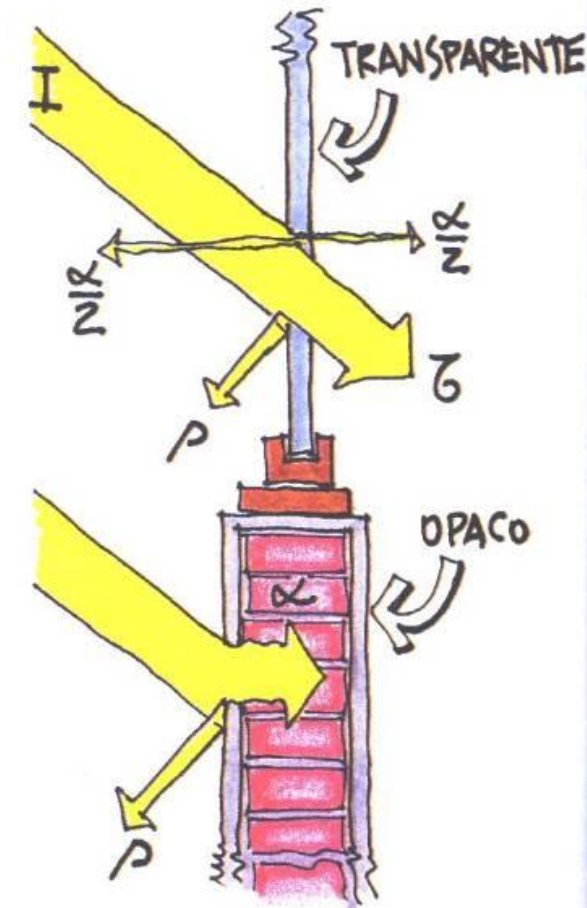
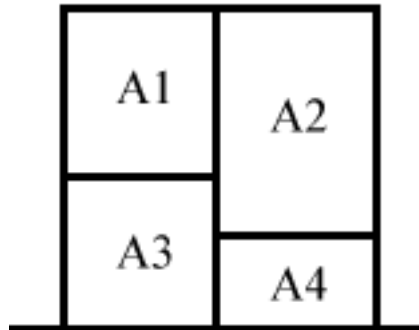


Média ponderada pelas áreas:

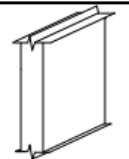
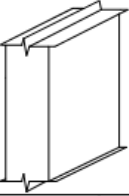
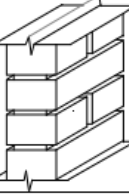
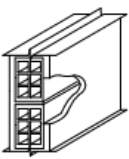
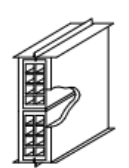
$$K = (K_1 A_1 + K_2 A_2 + \dots + K_n A_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Obs: Não é válido se os materiais tiverem valores de K com diferenças acentuadas

K para componentes heterogêneos em superfície



Transmissão da radiação nos fechamentos opacos e transparentes

Parede	Descrição	U [W/(m².K)]	C _T [kJ/(m².K)]	φ [horas]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3

Fonte: ABNT. NBR 15220

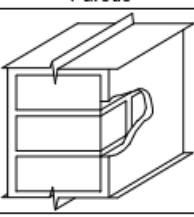
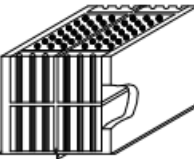
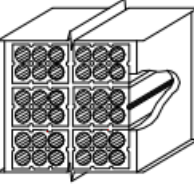
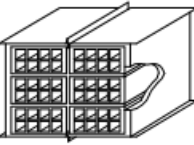
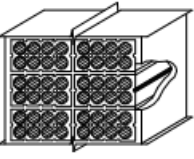
Parede	Descrição	U [W/(m².K)]	C _T [kJ/(m².K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 27,0 cm	2,25	445	6,8
	Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 30,0 cm	1,54	368	8,1
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 36,0 cm	1,21	312	8,6
	Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 44,0 cm	1,12	364	9,9
	Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

Tabela D.4 – Transmissância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas.

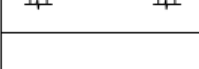
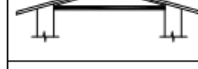
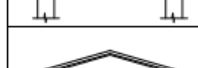
Cobertura	Descrição	U [W/(m².K)]	C _T [kJ/(m².K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m².K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m².K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m².K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m².K)	1,93	106	3,6
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,99	451	7,9
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0

Tabela D.4 (conclusão) – Transmissância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

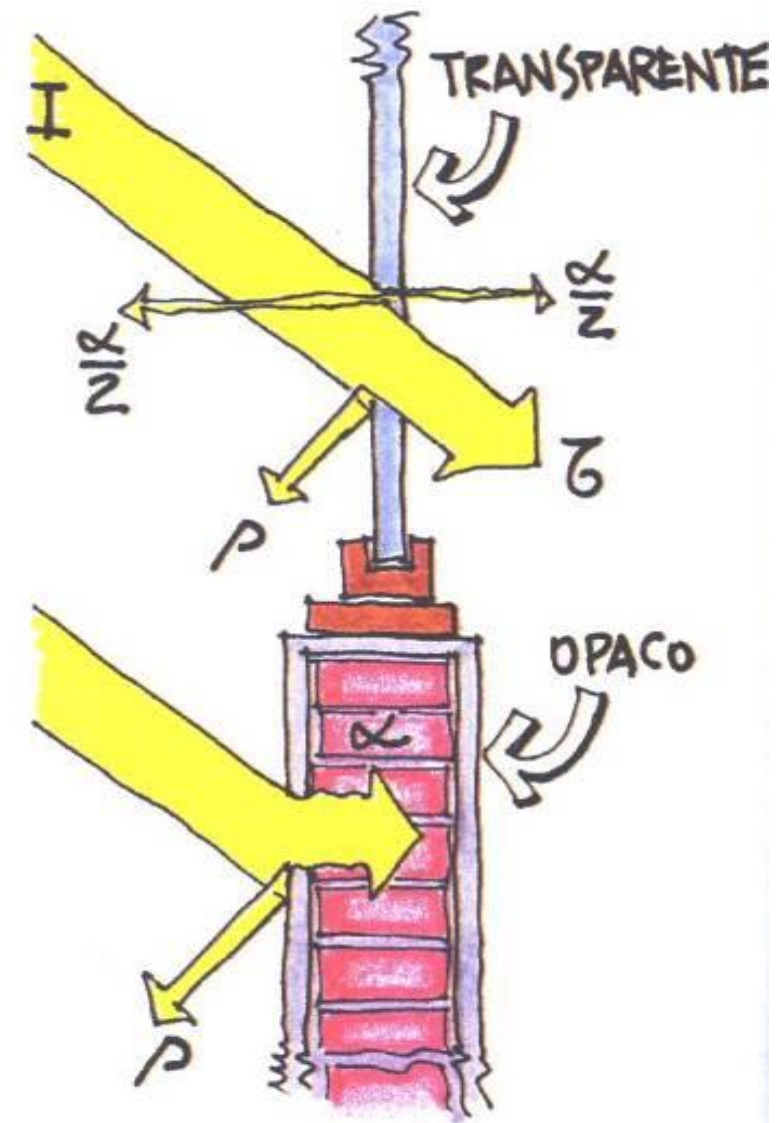
Cobertura	Descrição	U [W/(m².K)]	C _T [kJ/(m².K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	84	4,2
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	77	4,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m².K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m².K)	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m².K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m².K)	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,06	451	11,8
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lâ de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lâ de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1

Fonte: ABNT. NBR 15220

TRANSMISSÃO DE CALOR

Componentes Transparentes ou
Translúcidos

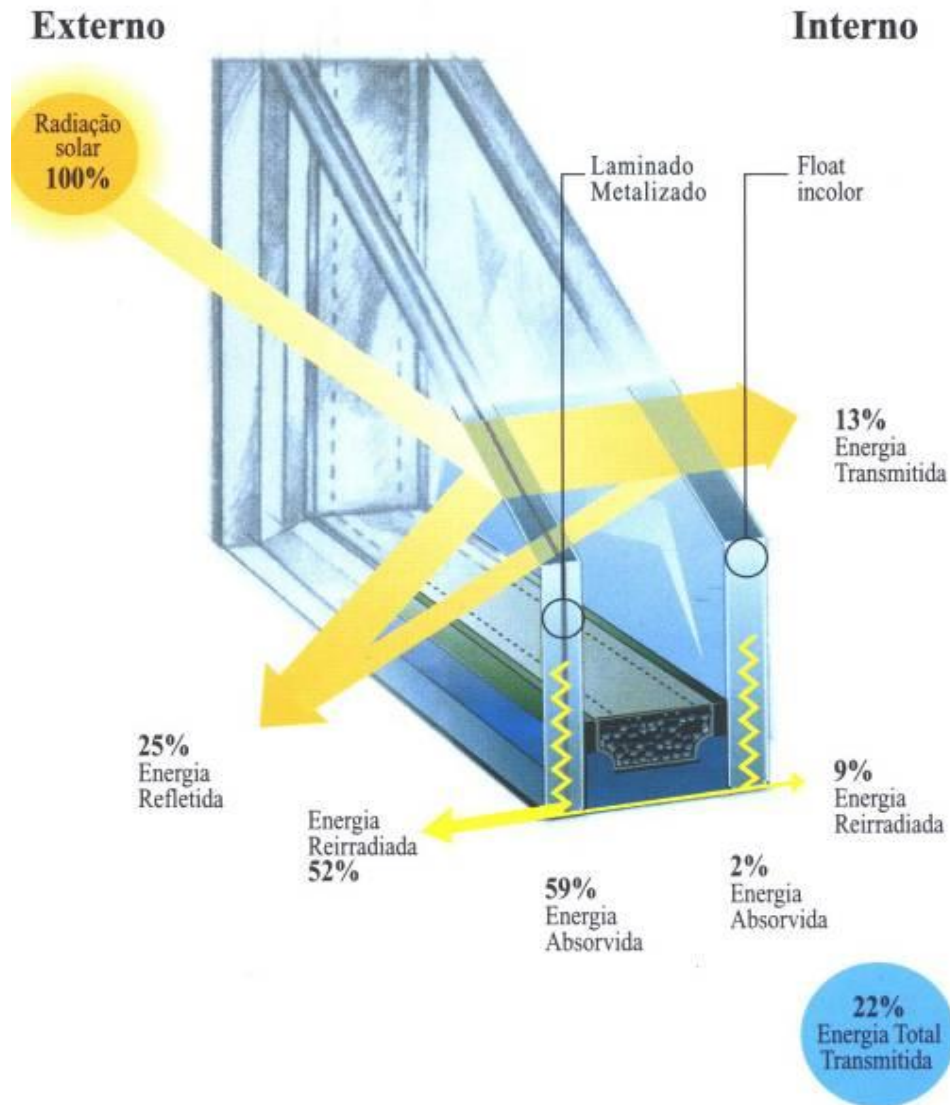
Componentes
Opacos



Transmissão da radiação nos fechamentos
opacos e transparentes

Fonte: LAMBERTS. Roberto, et al. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo

COMPONENTES TRANSPARENTES OU TRANSLÚCIDOS



TRANSPARENTES OU TRANSLÚCIDOS

Vidro comum

Vidro laminado

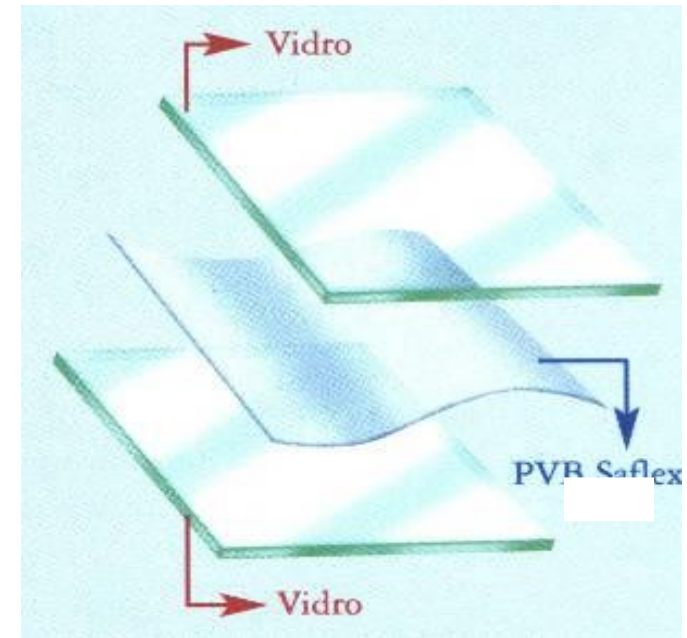
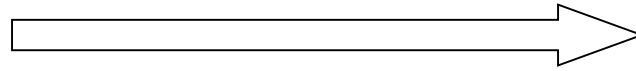
Vidro refletivo

Polycarbonato

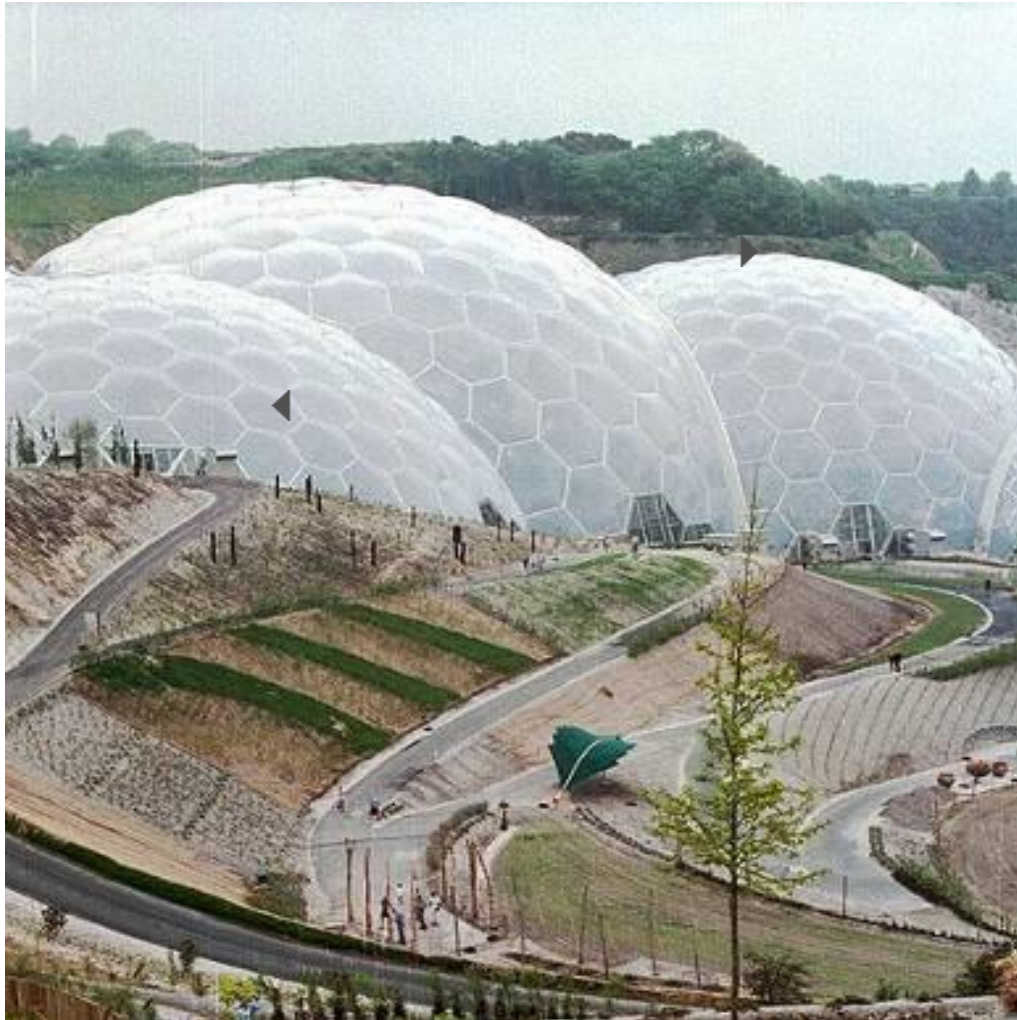
Películas

Fibras

ETFE



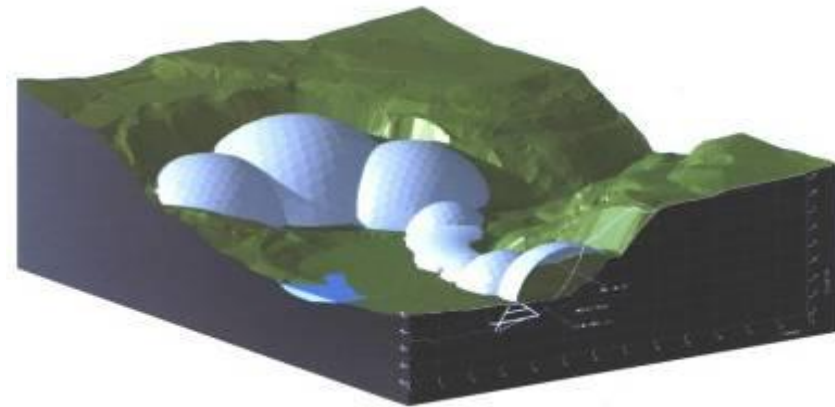
TRANSPARENTES OU TRANSLÚCIDOS



Jardim do Éden, UK
Arq. Nicholas Grimshaw

Membrana de ETFE

- 1% do peso do vidro
- Pode ser reciclado
- Vida útil de 30 anos



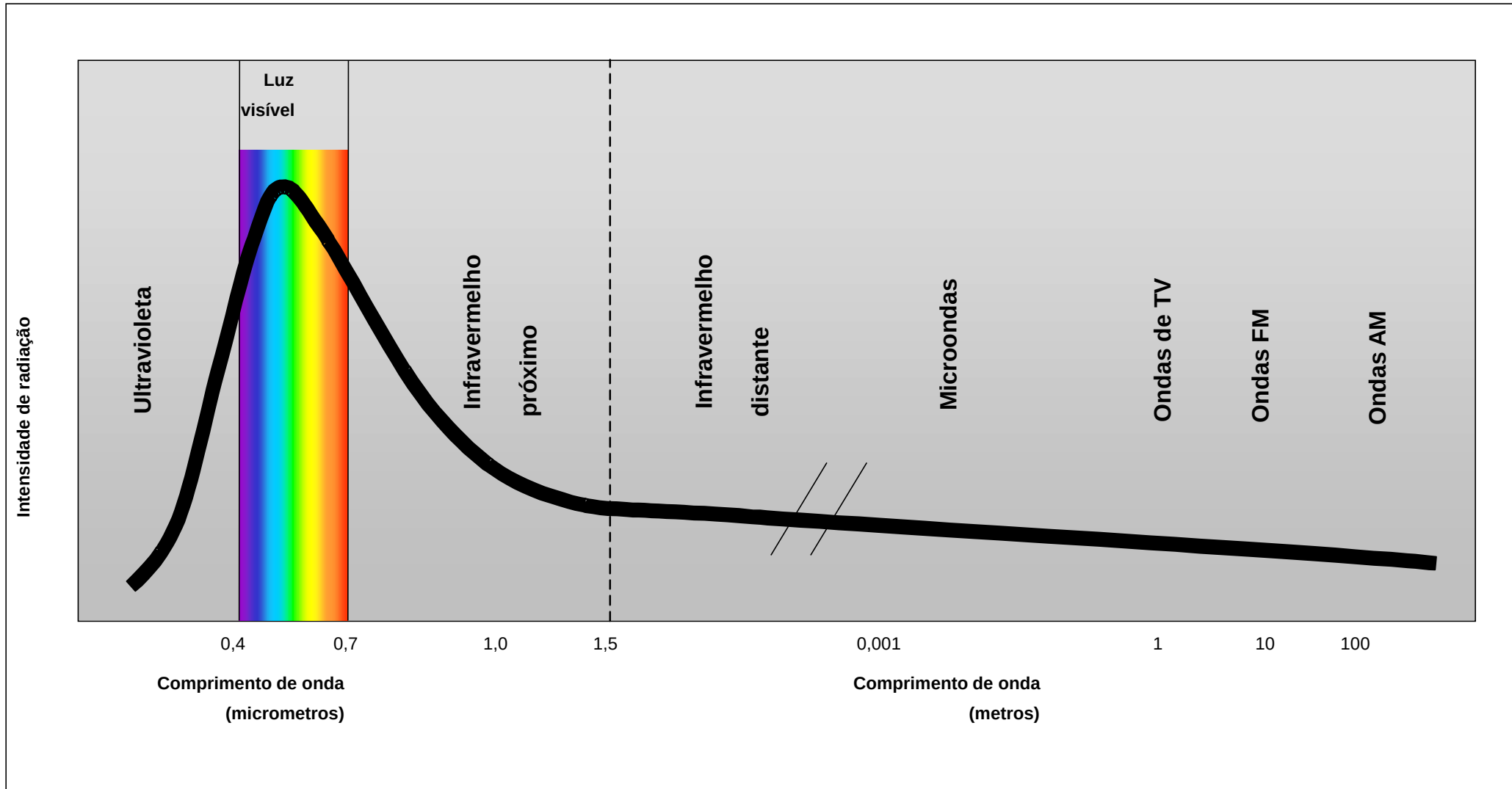
TRANSPARENTES OU TRANSLÚCIDOS



FUTURE CLASS
Londres, 2004
Studio E



TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES



TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES

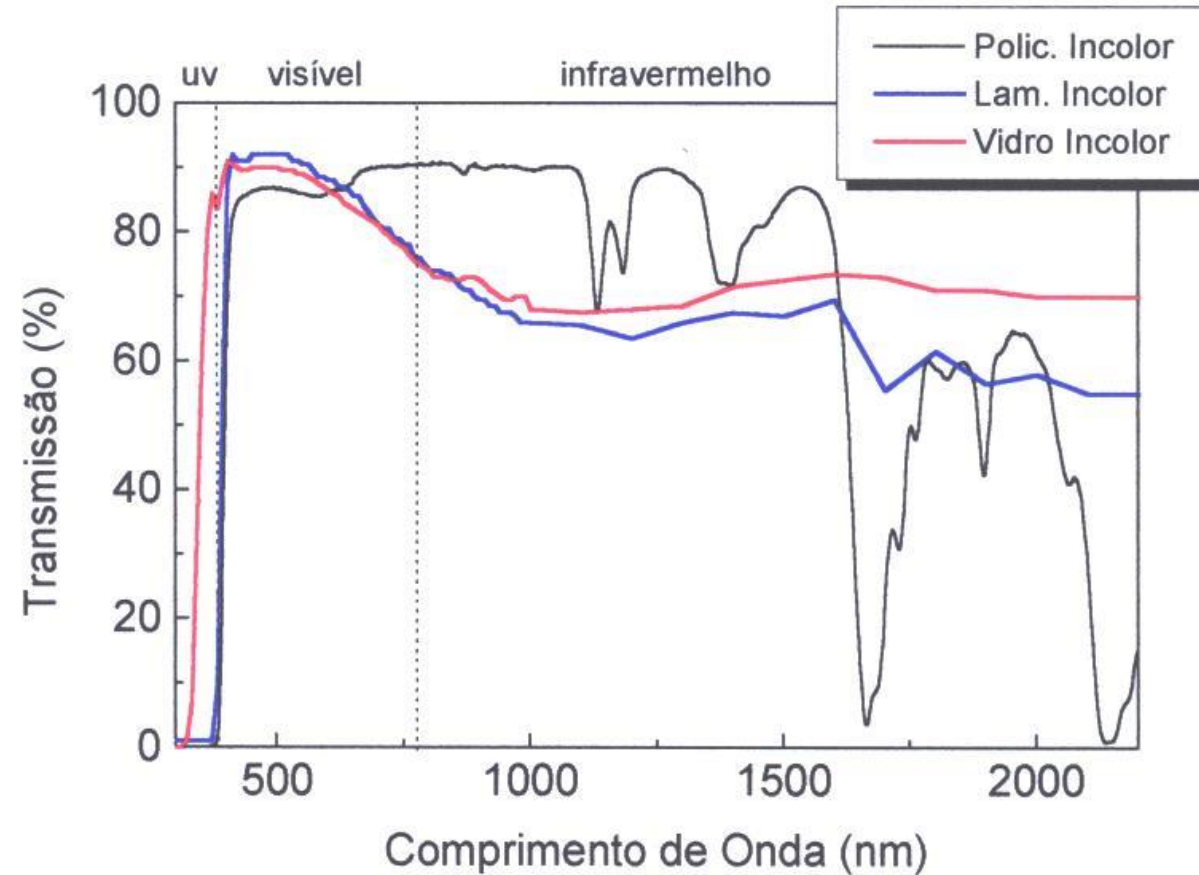


Figura 6.9. Curvas de transmissão do policarbonato, vidro e laminado, todos no padrão incolor.

Caram, 1996

TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES

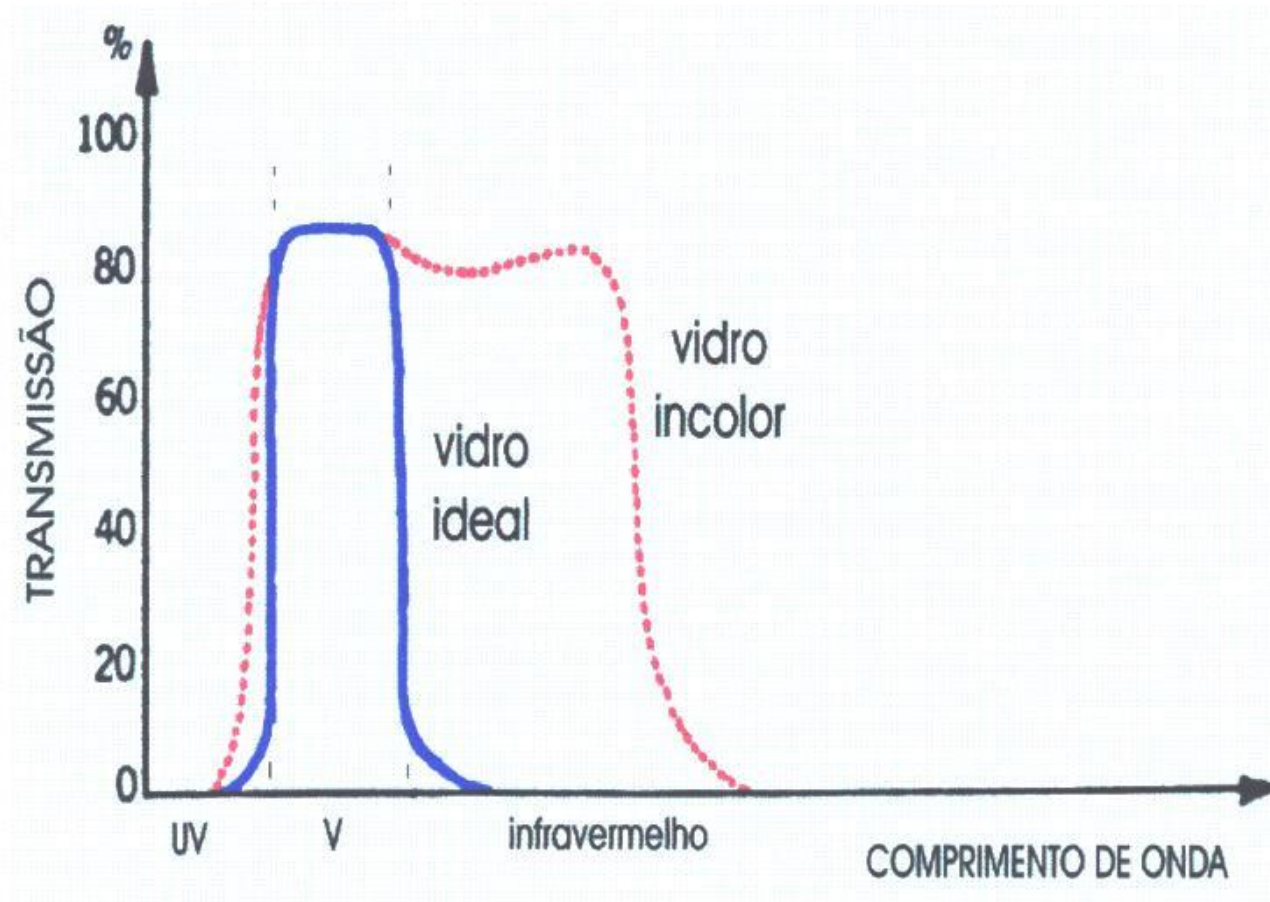


Figura 6.25 Curva de transmissão espectral ideal para envidraçados que atuam como redutores de calor.

Fonte: Caram, 1996

TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES

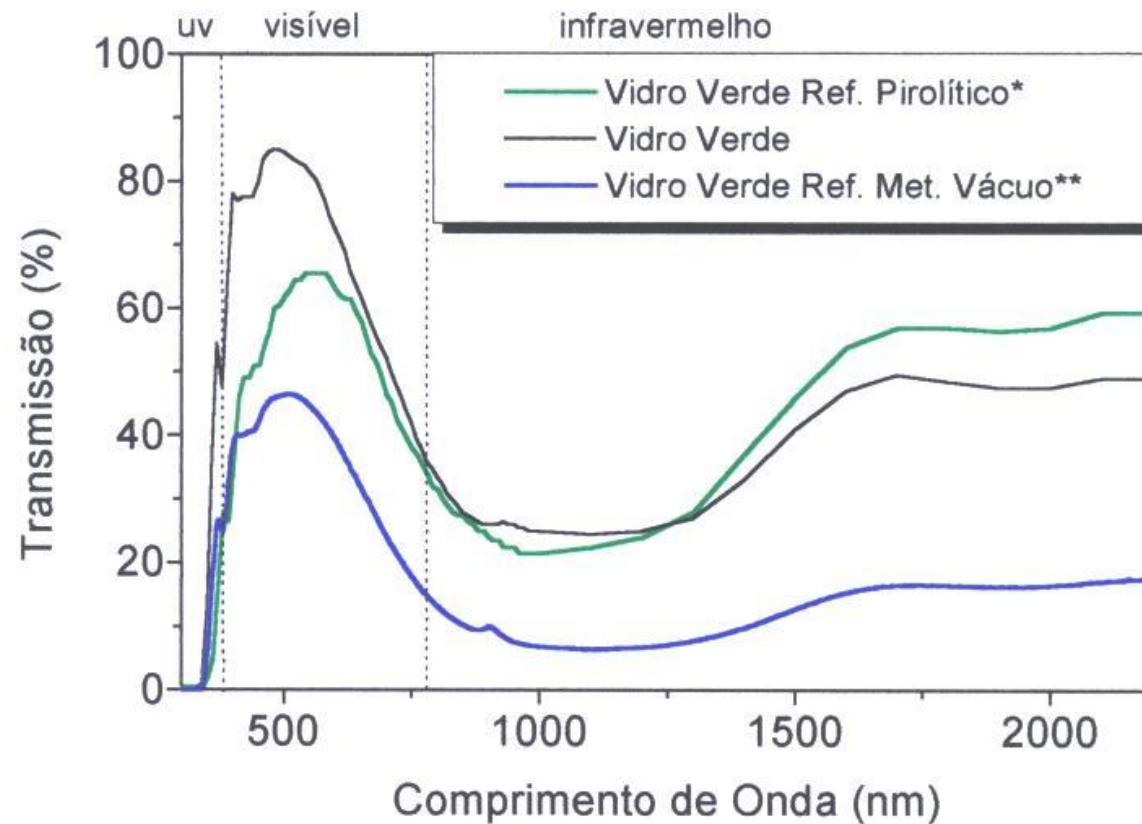


Figura 6.26 Vidros que se aproximam do ideal: vidro verde comum, vidro verde refletivo pirolítico (*Antélio) e vidro verde metalizado a vácuo **Sun Guardian.*

Fonte: Caram, 1996

TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES

produto	espessura	radiação solar total			
		transm dir %	reflet ext %	aborv %	fator solar %
incolor	4mm	82	7	11	85
	6mm	78	7	15	82
	10mm	70	7	23	76
verde	4mm	52	5	43	63
	6mm	46	5	49	59
	10mm	38	5	57	53
bronze	4mm	58	6	36	68
	6mm	46	5	49	59
	10mm	29	4	67	47
cinza	4mm	55	5	40	66
	6mm	42	5	53	56
	10mm	25	4	71	44

Tabela dados de vidros float incolor e coloridos fabricados pela Blindex

Fonte: ALUCCI, 2000. Banco de dados vidros Labaut: www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/

TRANSMISSÃO DE RADIAÇÃO POR ELEMENTOS TRANSPARENTES

$\alpha K / h_e + \tau = S_{tr}$ (fator solar), que se refere à radiação solar global

Para o vidro comum:

$$\alpha = 0,07, K = 5,7 \text{ (W/m}^2\text{°C)}$$

$$\rho = 0,08, 1/h_e = 0,05 \text{ (m}^2\text{/°CW)}$$

$$\tau = 0,85$$

$$S_{tr} = 0,86$$