



---

**Seminário**  
**Desempenho térmico e eficiência**  
**energética de edifícios: um caminho sem**  
**volta na busca da sustentabilidade**

**28 de novembro de 2011**

**A NBR 15575 e o desempenho térmico de empreendimentos do**  
**segmento econômico.**

**Prof. Mauricio Roriz**  
**Prof. do Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos e da**  
**Universidade Estadual de Campinas.**

## O CONCEITO

**Arquitetura Bioclimática** é aquela em que a qualidade ambiental e a eficiência energética são obtidas através do aproveitamento racional dos recursos da natureza, de modo a contribuir com o equilíbrio do ecossistema no qual está inserida. Suas principais características são:

- a) Adequação do ambiente construído ao meio bioclimático e às necessidades humanas.
- b) Racionalização do consumo de energia.
- c) Conforto ambiental proporcionado pelo uso otimizado de recursos renováveis.

# Exemplos da Arquitetura Vernacular



**Gelo - Alasca**



**Adobe - Sertão de Goiás**



**Terra - Deserto Mexicano**



**Palha - Litoral da Paraíba**

## **Resumindo:**

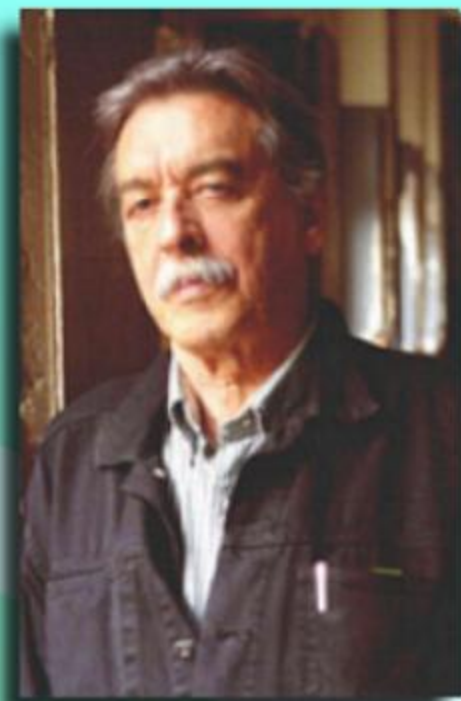
**Bioclimática é a arquitetura que se beneficia da convivência harmônica com a natureza.**



**Mas há outras arquiteturas e outras tecnologias ...**

## Outras arquiteturas ...

**"A cidade nada tem  
que ver com a natureza,  
é o projeto supremo  
do homem no planeta."**



**Arq. Paulo Mendes da Rocha  
Prêmio Pritzker de Arquitetura 2006**

## **Outras tecnologias, divorciadas da natureza ...**



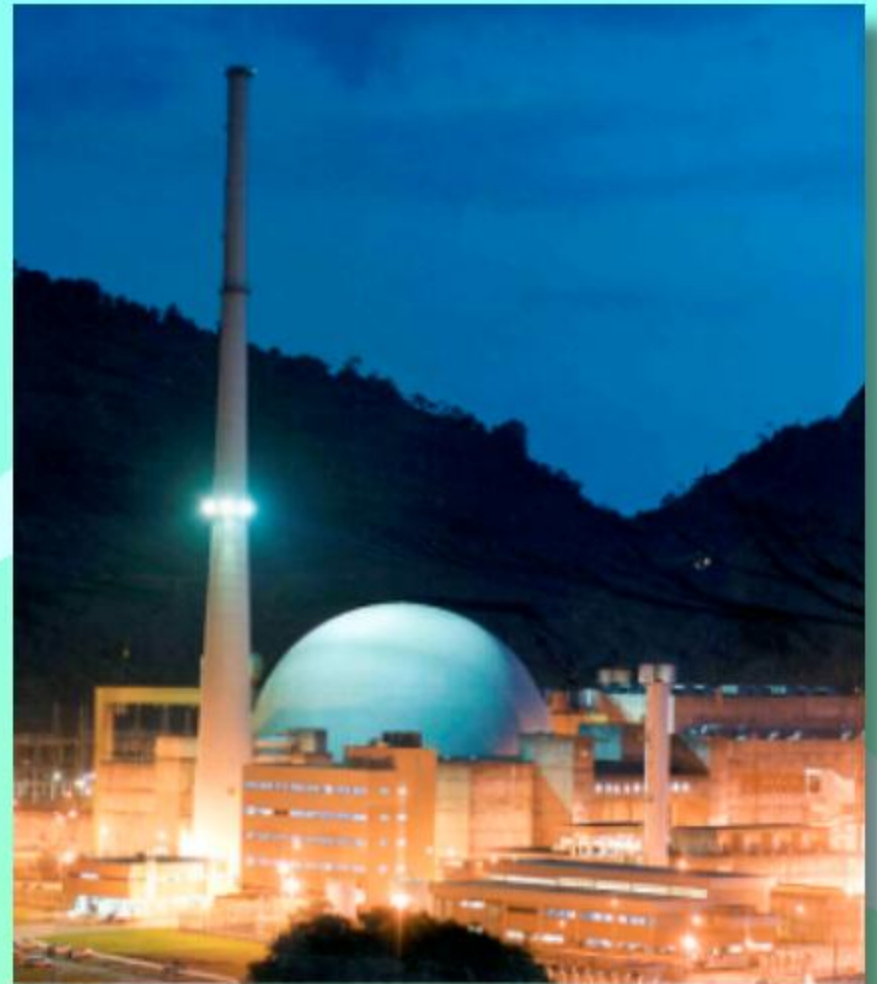
**Notícia, recursiva na imprensa,  
sobre o principal aeroporto do Brasil:**

**"Forte nevoeiro interrompe as operações  
do Aeroporto Internacional de Cumbica"**

# As Usinas Nucleares brasileiras ...

**foram construídas  
na enseada de Itaorna,  
Angra dos Reis, RJ.**

**Estudos posteriores  
revelaram instabilidade  
sísmica e geológica  
do local ...**





## **DICIONÁRIO TUPI**

**Cumbica: Nuvem baixa**

**Itaorna: Pedra podre**



## **Histórico da Normalização Brasileira em Desempenho Térmico de Edificações**

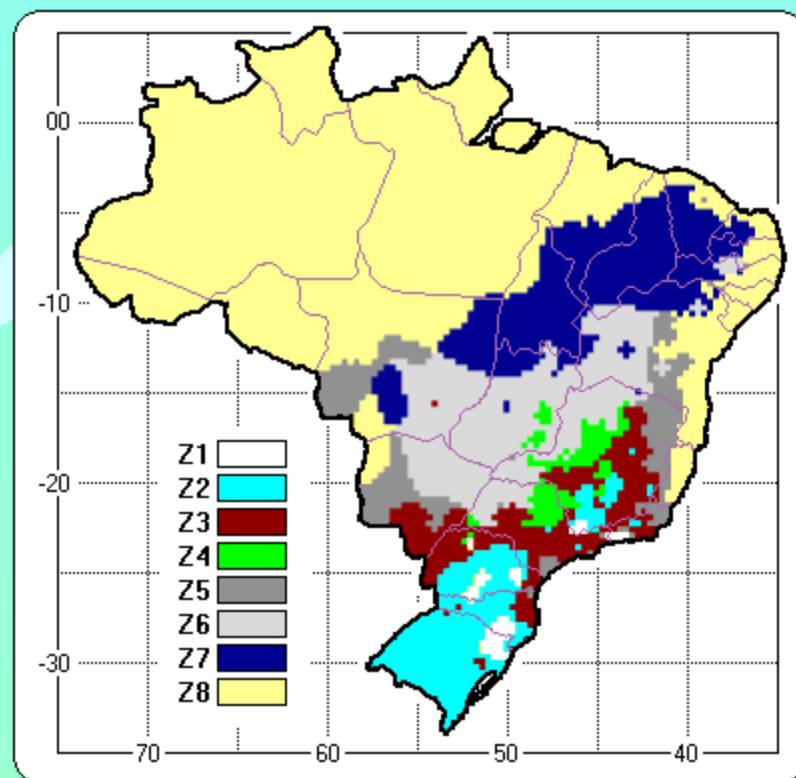
- 1991 - Florianópolis: I Primeiro Encontro Nacional sobre Normalização em Uso Racional de energia e Conforto Ambiental em Edificações.**
- 1991 - 2005: Discussão da primeira norma**
- 2005: Publicação da NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações (5 Partes).**
- 2005 - 2008: Discussão da segunda norma**
- 2008: Publicação da NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais de até 5 Pavimentos**

## Parte 3 da NBR 15220:

# Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social



**O Público-Alvo**



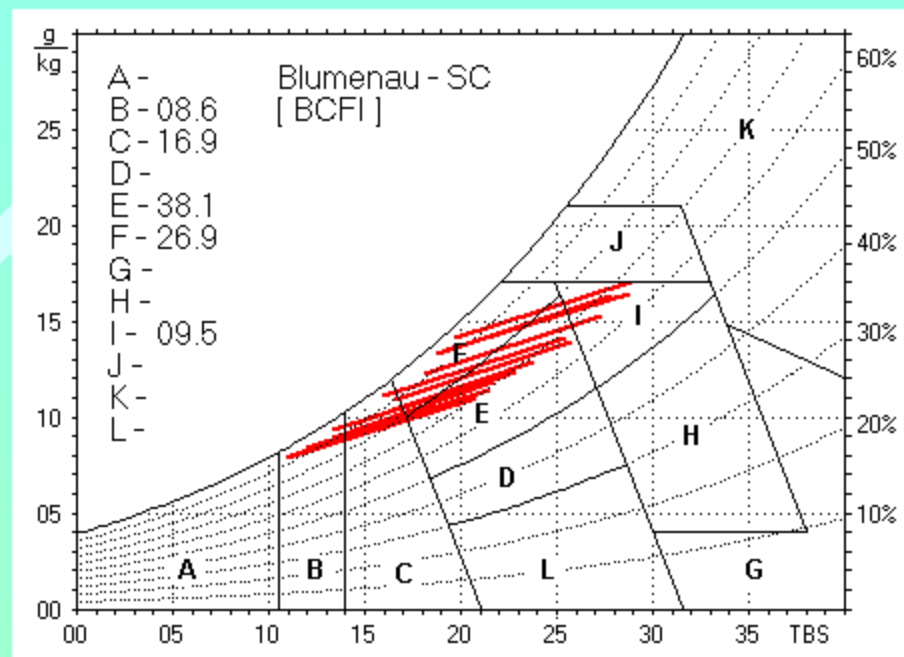
**O Zoneamento**



**330 cidades com dados climáticos conhecidos.**

**6200 cidades com dados estimados.**

- A - Sistema artificial de aquecimento
- B - Aquecimento solar da edificação
- C - Massa térmica para aquecimento
- D - Conforto térmico (baixa umidade)
- E - Conforto térmico
- F - Desumidificação (renovação do ar)
- G + H - Resfriamento evaporativo
- H + I - Massa térmica de refrigeração
- I + J - Ventilação
- K - Sistema artificial de refrigeração
- L - Umidificação do ar



Unidade da Federação:

Cidade:

Latitude:  Altitude:

Longitude:  Zona:

Tipo de clima dessa localidade

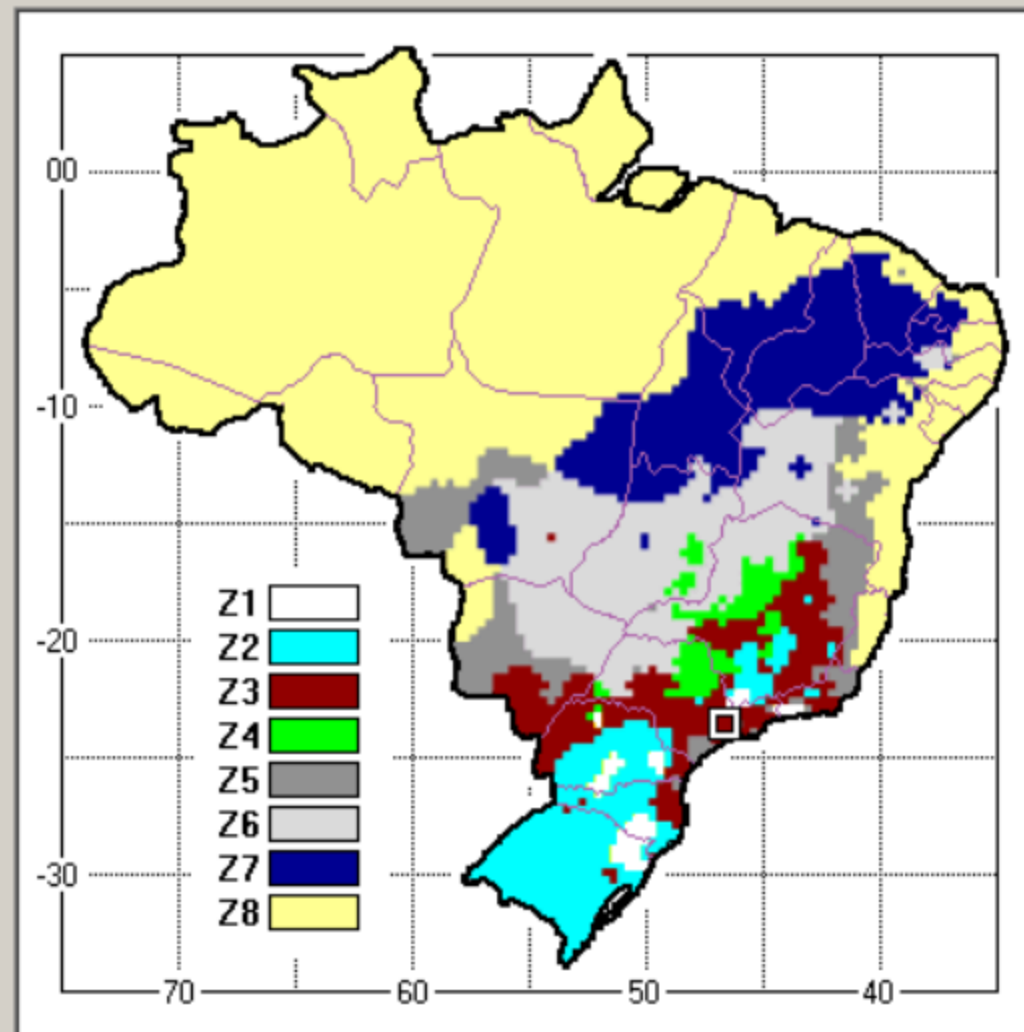
Recomendações para a Zona Bioclimática

Propriedades	Paredes	Coberturas
U [W/m <sup>2</sup> .K]	< 3,6	< 2,0
Atraso [horas]	< 4,3	< 3,3
Fator Solar [%]	< 4,0	< 6,5

Área de aberturas (% do piso)

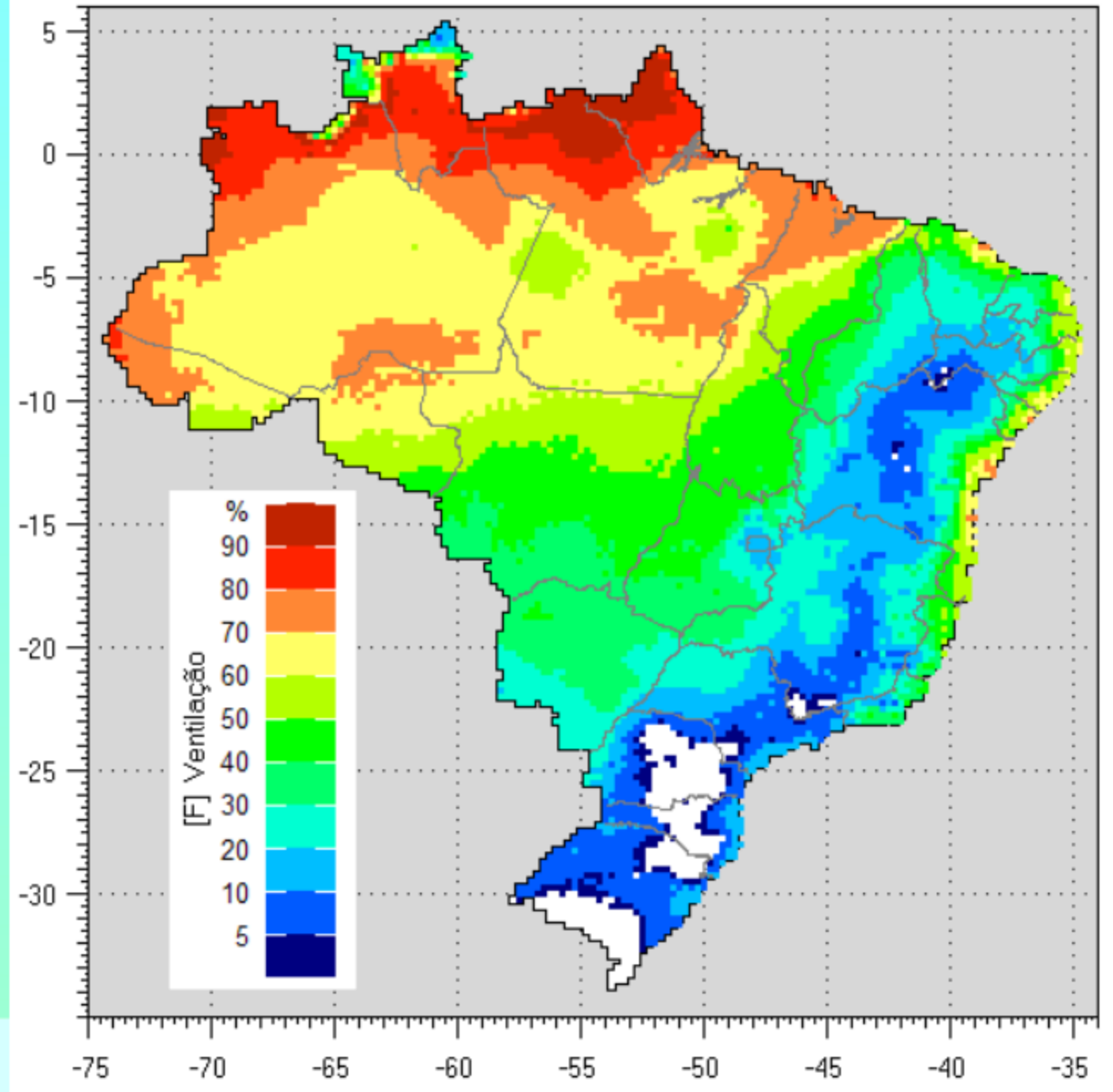
Inverno		
Aquecimento solar da edificação	<input checked="" type="checkbox"/>	X
Paredes internas pesadas	<input checked="" type="checkbox"/>	X
Aquecimento artificial necessário	<input type="checkbox"/>	
Permitir a insolação dos ambientes	<input checked="" type="checkbox"/>	X

Verão		
Refrigeração evaporativa	<input type="checkbox"/>	
Inércia térmica para resfriamento	<input type="checkbox"/>	
Ventilação cruzada	<input checked="" type="checkbox"/>	X
Ventilação seletiva (alguns horários)	<input type="checkbox"/>	
Ventilação cruzada permanente	<input type="checkbox"/>	
Refrigeração artificial necessária	<input type="checkbox"/>	
Sombrear aberturas (proteção solar)	<input type="checkbox"/>	



# Revisão ZBBR (em andamento)

## Estratégia F: Ventilação



# NBR 15575 – AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO

Procedimento Simplificado  
NORMATIVO

Avaliação Global  
INFORMATIVO

Avaliação de Upar, Ucob,  
CTpar, ÁreaVent,  
Sombream. Jan.

Simulação  
Computacional

Medição  
em Protótipos

Desempenho  
Insatisfatório

Desempenho  
Mínimo

Desempenho  
Intermediário

Desempenho  
Superior

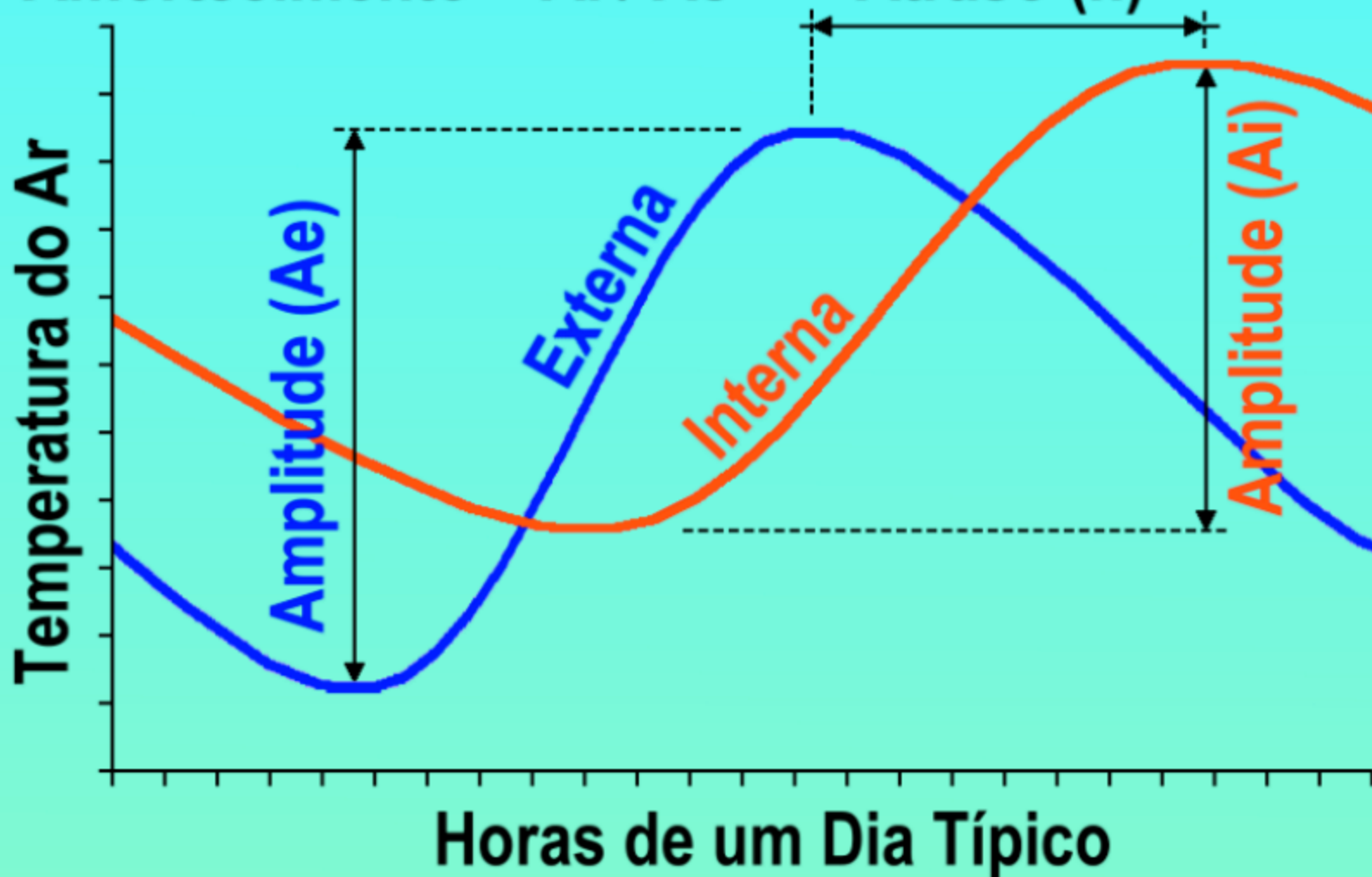
1. Densidade Aparente (" $\rho$ "), em  $\text{kg/m}^3$
2. Condutividade Térmica (" $\lambda$ "), em  $\text{W/(m.K)}$
3. Calor Específico (" $c$ "), em  $\text{kJ/(kg.K)}$

Material	$\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$\lambda$ ( $\text{W/(m.K)}$ )	$c$ ( $\text{kJ/(kg.K)}$ )
aço, ferro fundido	7800	55	0.46
alumínio	2700	230	0.88
argamassa comum	1800-2100	1.15	1.00
tijolos e telhas de barro	1800-2000	1.05	0.92
placas de fibro-cimento	1800-2200	0.95	0.84
concreto normal	2200-2400	1.75	1.00
concr. celular autoclavado	400-500	0.17	1.00
madeiras densas	800-1000	0.29	1.34
madeiras leves	600-750	0.23	1.34
lã de vidro	10-100	0.045	0.70
poliestireno exp. moldado	15-35	0.040	1.42
poliestireno expandido	25-40	0.035	1.42

# EFEITOS DA INÉRCIA TÉRMICA

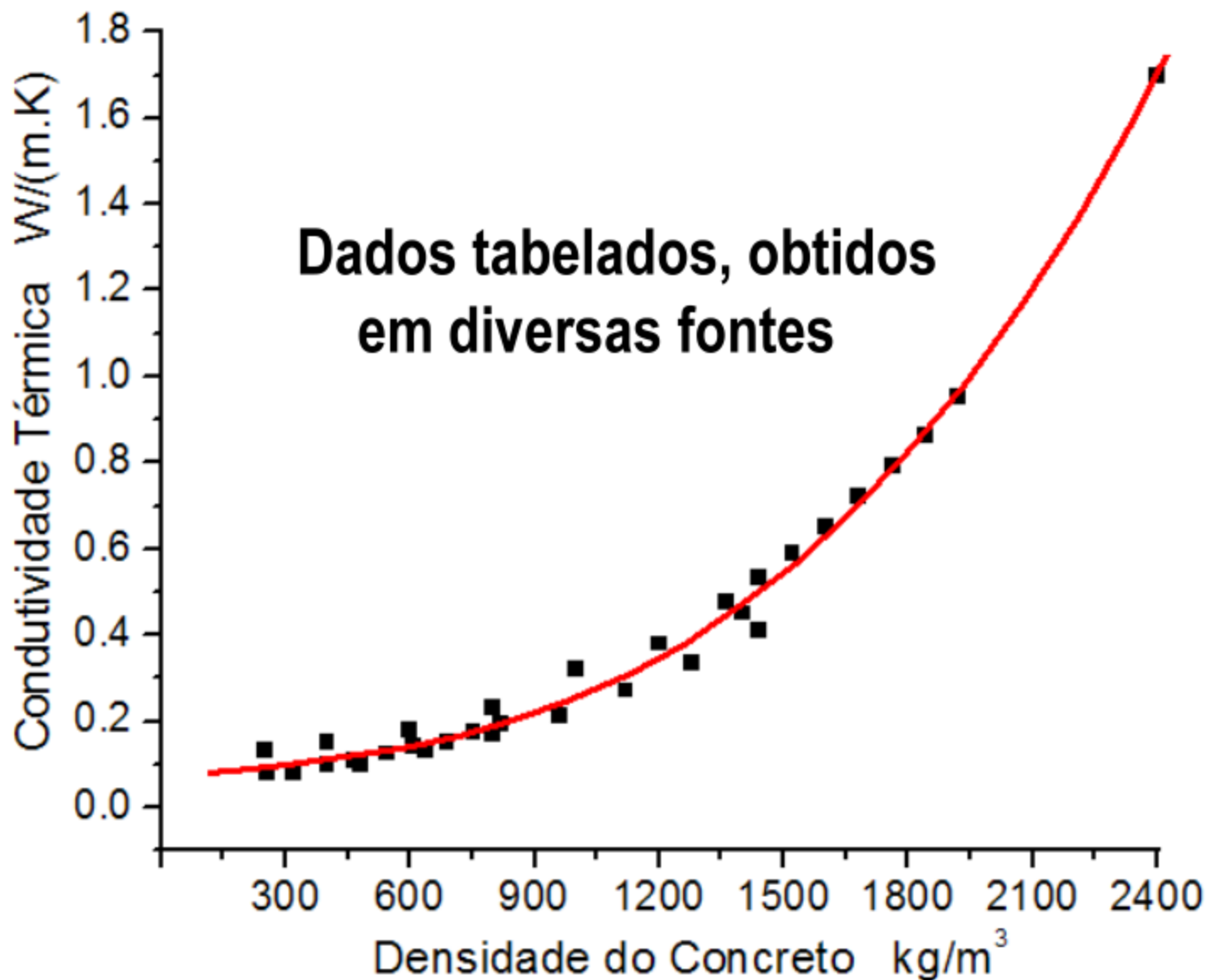
Amortecimento =  $A_i / A_e$

Atraso (h)





# Relações entre Condutividade e Densidade



# Propriedade de Superfícies

## Absortância ( $\alpha$ ) e Emissividade ( $\epsilon$ )

Tipo de superfície	$\alpha$	$\epsilon$
chapa de alumínio (brilhante)	0.05	0.05
chapa de alumínio (oxidada)	0.15	0.12
caiação nova	0.12 – 0.15	0.90
concreto aparente	0.65 – 0.80	0.85 – 0.95
telha de barro	0.75 – 0.80	0.85 – 0.95
reboco claro	0.30 – 0.50	0.85 – 0.95
revestimento <u>asfáltico</u>	0.85 – 0.98	0.90 – 0.98
Pintura		
- branca .....	0.20	0.90
- amarela .....	0.30	0.90
- verde claro .....	0.40	0.90
- “alumínio” .....	0.40	0.50
- verde escuro .....	0.70	0.90
- vermelha .....	0.74	0.90
- preta .....	0.97	0.90

1. Resistência Térmica entre as faces de uma placa:

$$r = e/\lambda \quad (\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

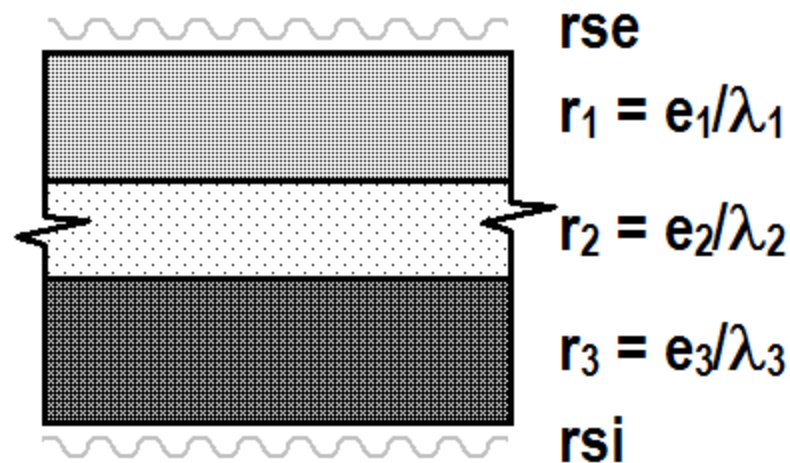
$e$  = espessura da placa,  $\lambda$  = condut. térmica do material

2. Resistência Térmica de Câmara de Ar (“rar”, tabela)

3. Resistências Térmicas Superficiais (“rse”, “rsi”, tabela)

4. Resistência Térmica Total:  $R_t = r_{se} + \sum_i^n r_i + r_{si}$

$$R_t = r_{se} + r_1 + r_2 + r_3 + r_{si}$$



5. Transmitância Térmica:  $U = 1/R_t \quad \text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$

# Requisitos da NBR 15575

## Transmitância Térmica "U", em W/(m<sup>2</sup>.K)

Paredes Externas		
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	
$U \leq 2.5$	$\alpha \leq 0.6$	$\alpha > 0.6$
	$U \leq 3.7$	$U \leq 2.5$

Coberturas				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
$U \leq 2.30$	$\alpha \leq 0.6$	$\alpha > 0.6$	$\alpha \leq 0.4$	$\alpha > 0.4$
	$U \leq 2.3$	$U \leq 1.5$	$U \leq 2.3$ FV	$U \leq 1.5$ FV

$\alpha$  = absortância à radiação solar da superfície externa da vedação.

FT = Fator de ventilação do ático (ver NBR 15220-3)

Na ZB 8 são aceitas coberturas com telha de barro, mesmo que sem forro.

# Requisitos da NBR 15575

Capacidade Térmica de Paredes Externas  
"Ct", em  $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

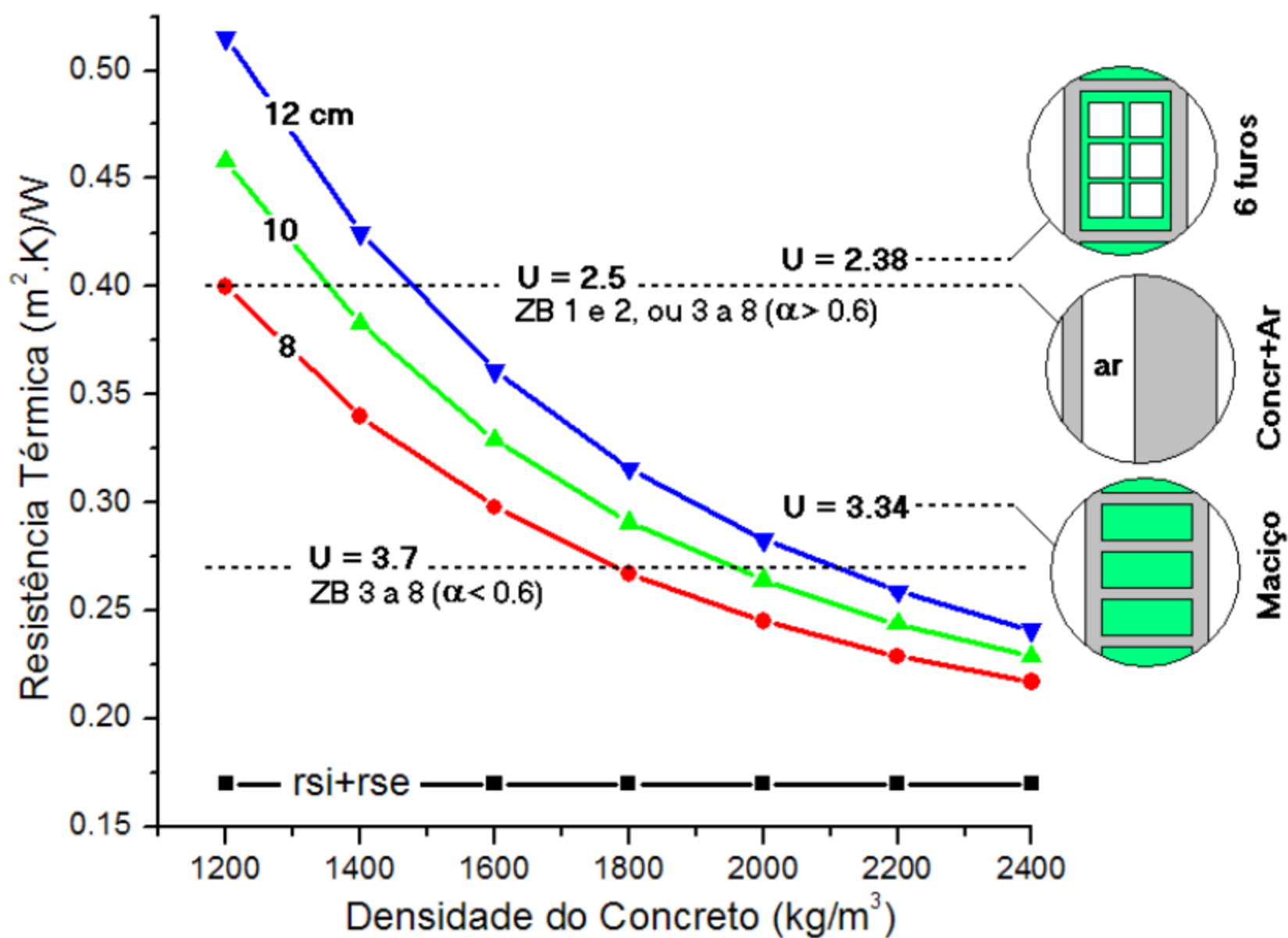
Zonas 1 a 7	Zona 8
$Ct \geq 130$	Sem exigência

Áreas de Aberturas para Ventilação  
"A", em % da área do piso

Zonas 1 a 6 <sup>(1)</sup> Aberturas médias	Zona 7 Aberturas pequenas	Zona 8 Aberturas grandes
$A \geq 8$	$A \geq 5$	$A \geq 15$

(1) Nas Zonas 1 a 6, as aberturas de ventilação devem permitir fechamento.

# Paredes Externas



## Resistência (m<sup>2</sup>.K)/W

### Telhado

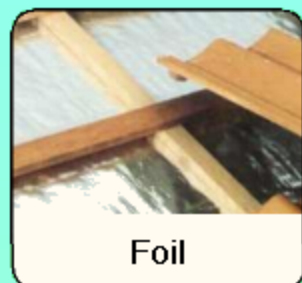


0.007

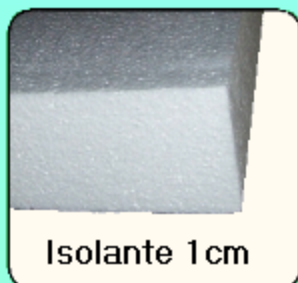


0.014

### Tratamento do Ático

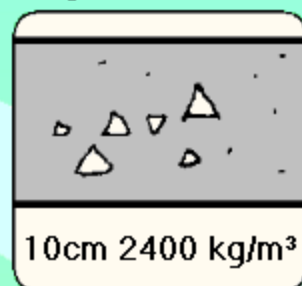


0.61 ↓ 0.27 ↑

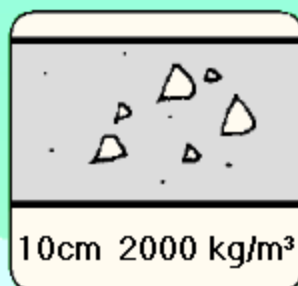


0.25

### Laje de Concreto



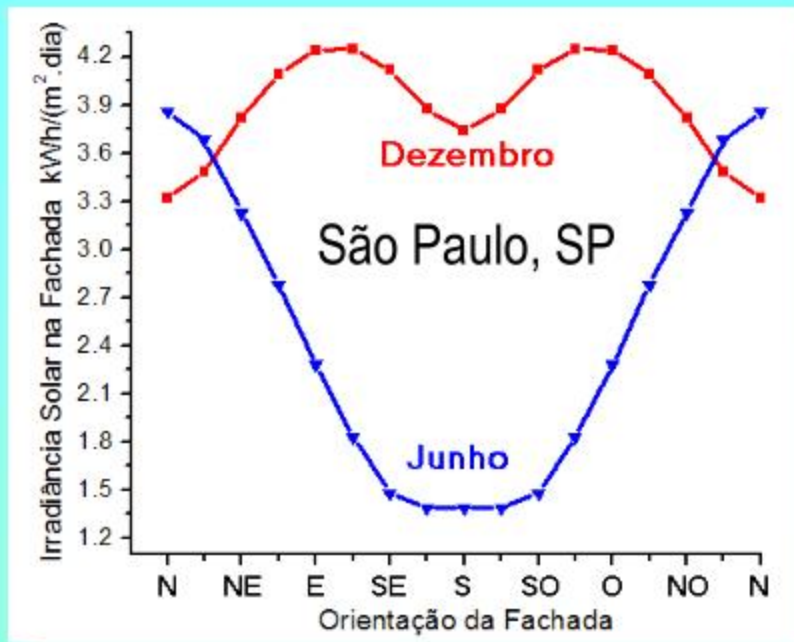
0.059



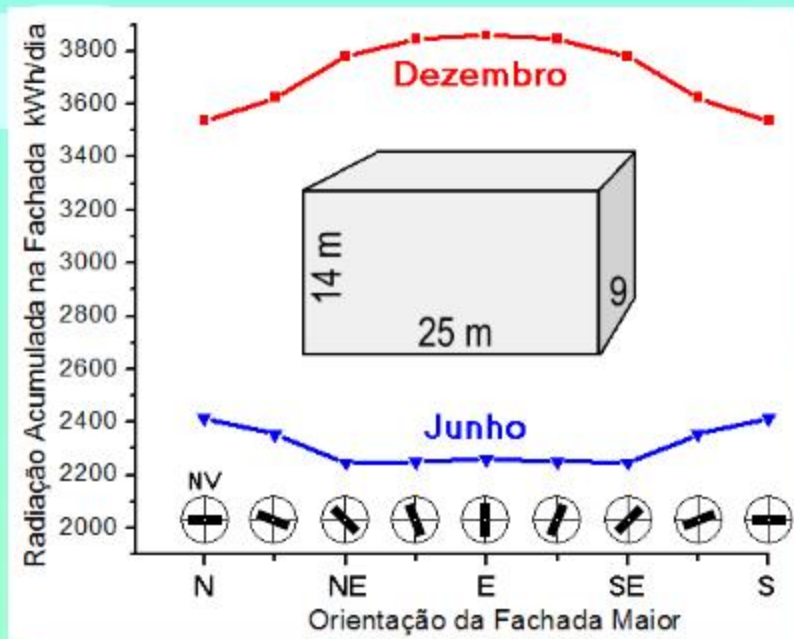
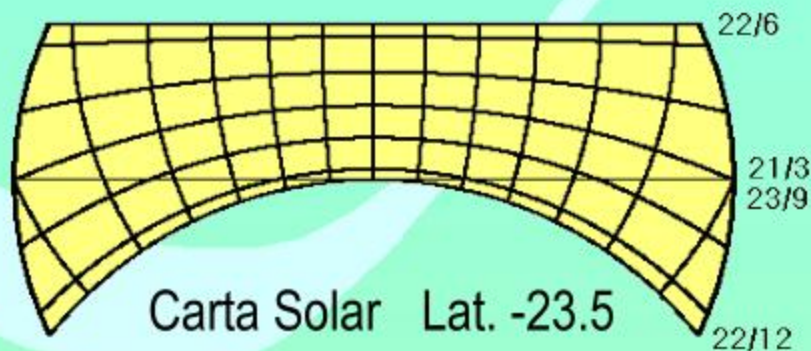
0.093

## Coberturas

Telha		Ático		Laje		U W/(m <sup>2</sup> .K)		
Fibro	Barro		Foil	Isol.	2400	2000	Verão (desc.)	Inverno (ascend)
X		X			X		2.06	2.89
X		X				X	1.92	2.63
X			X		X		1.13	2.10
X			X			X	1.09	1.96
X				X	X		1.36	1.68
	X	X			X		2.03	2.83
	X	X				X	1.89	2.58
	X		X		X		1.12	2.07
	X		X			X	1.08	1.93
	X			X	X		1.35	1.66



## Importância das Orientações das Fachadas



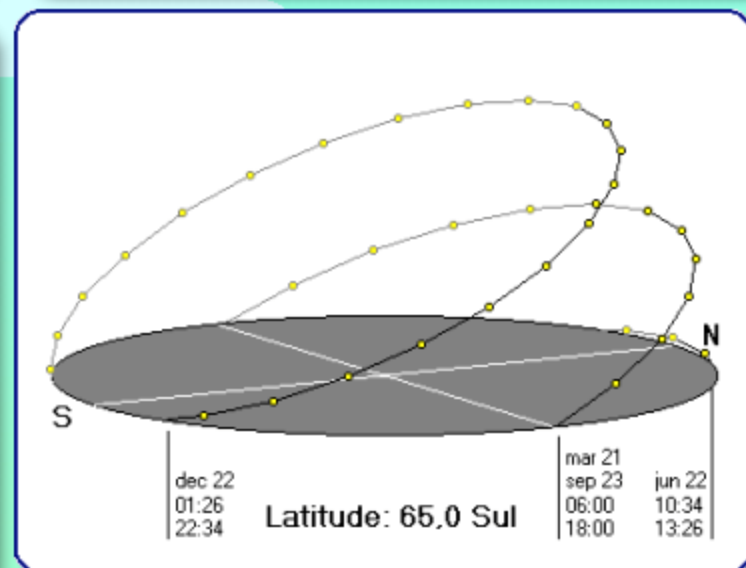
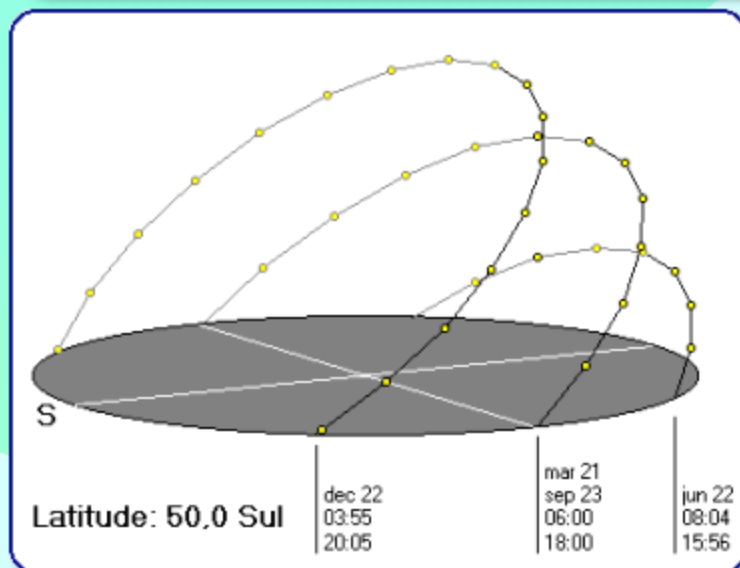
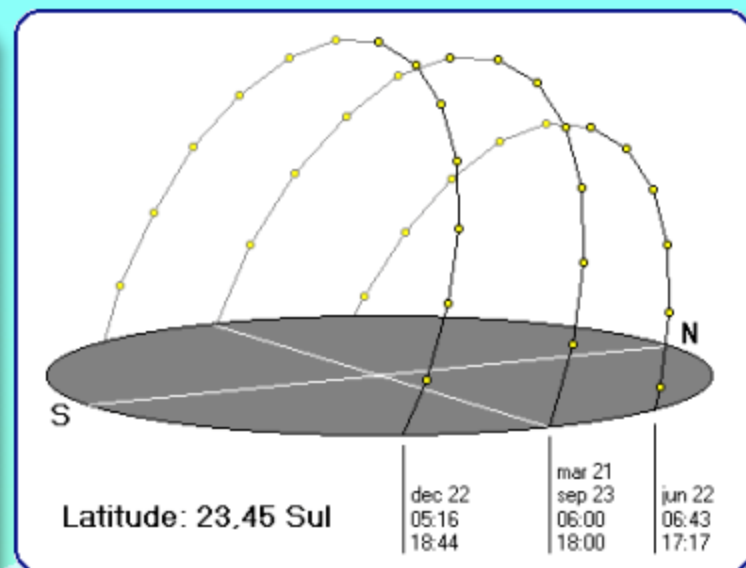
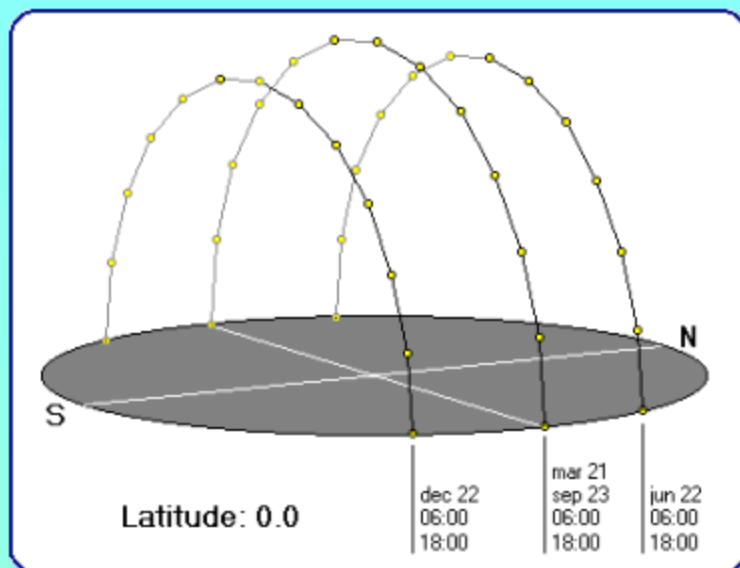


# Norte Verdadeiro e Norte Magnético



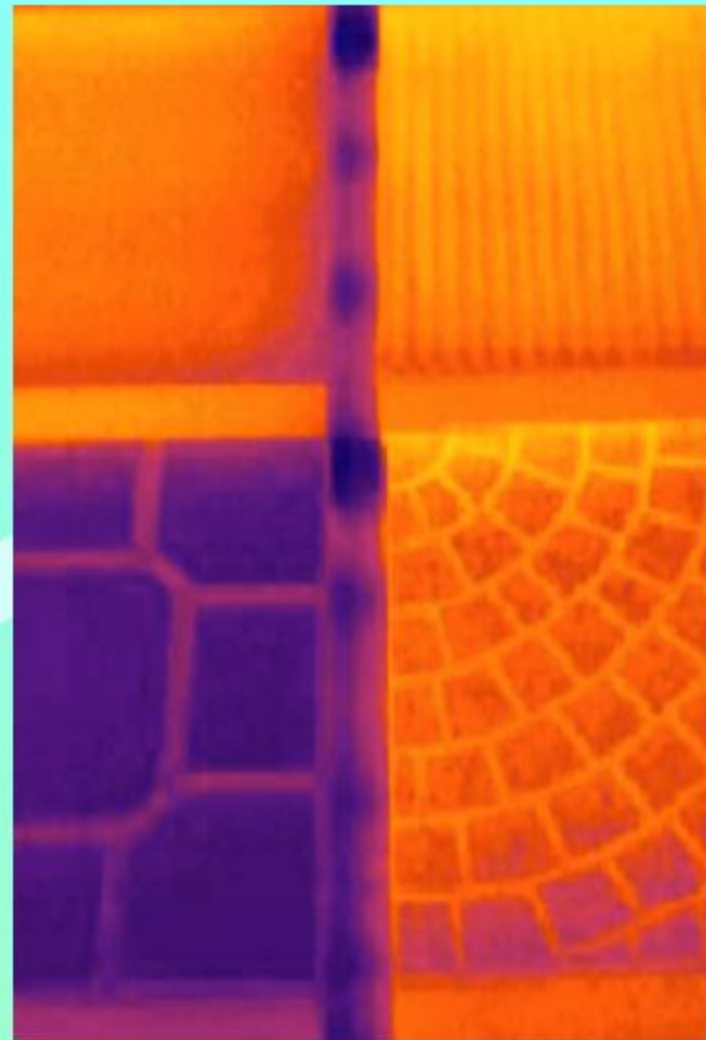
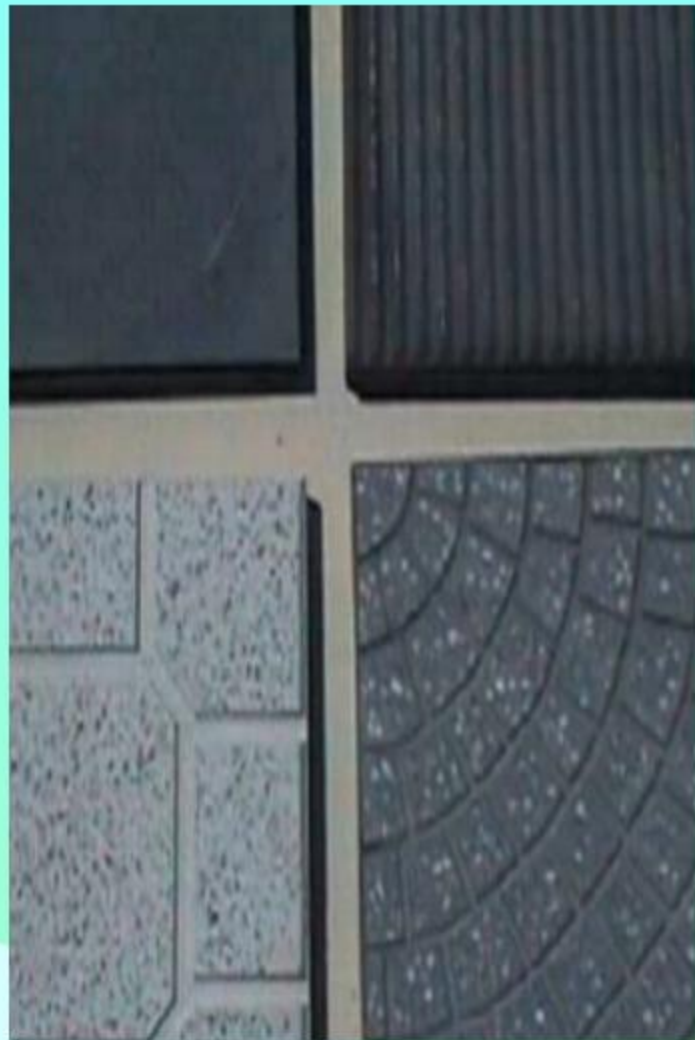
**Sede da Indústria Lupo - Araraquara, SP**

# Latitude e Percurso Aparente do Sol



# Absortância Solar e Temperaturas

## Impacto de cor e rugosidade de revestimentos



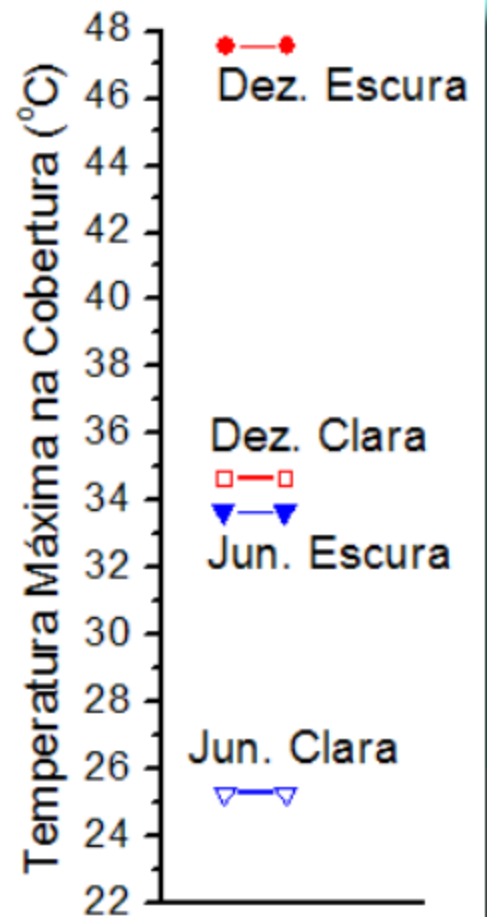
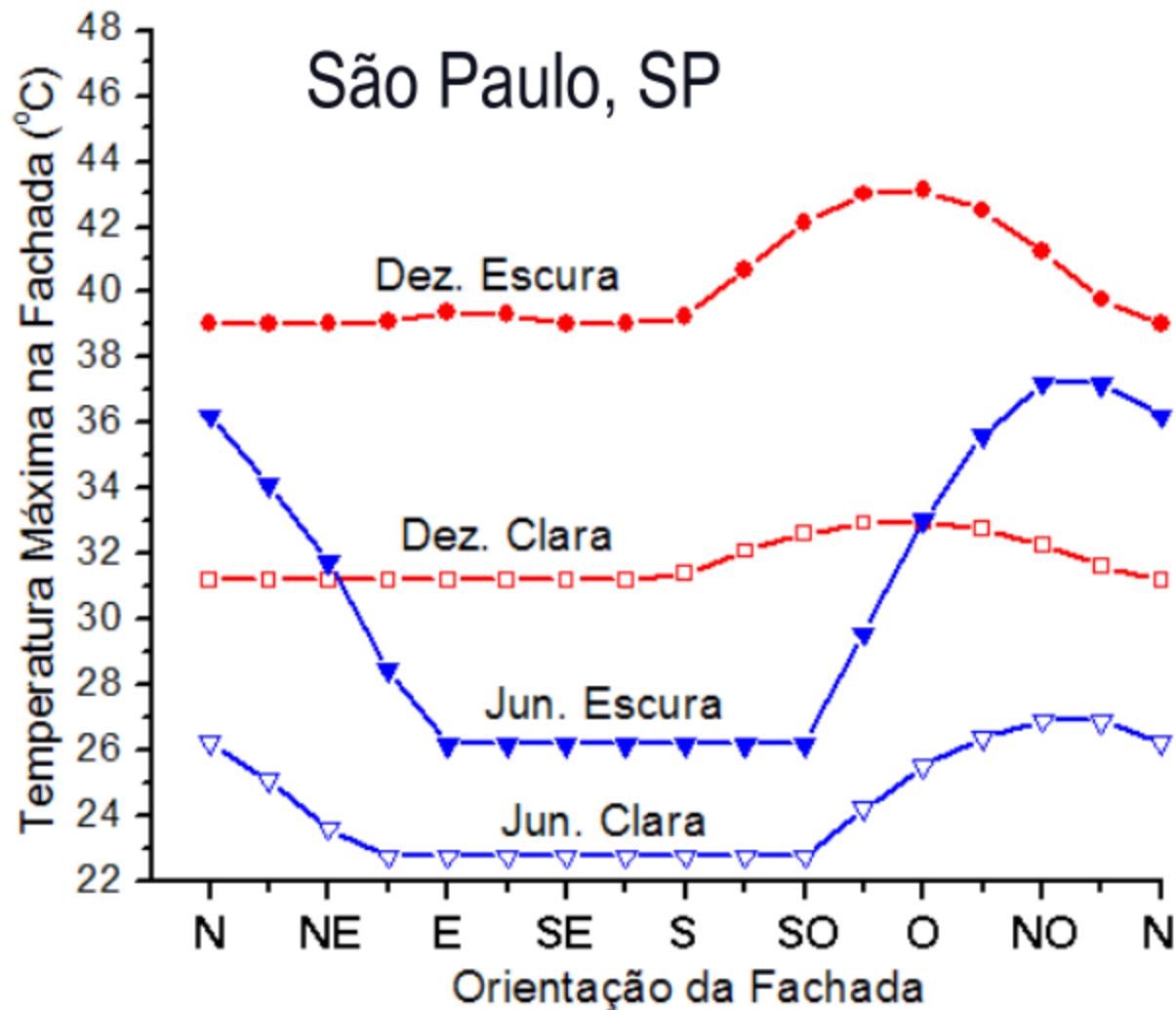
60°C



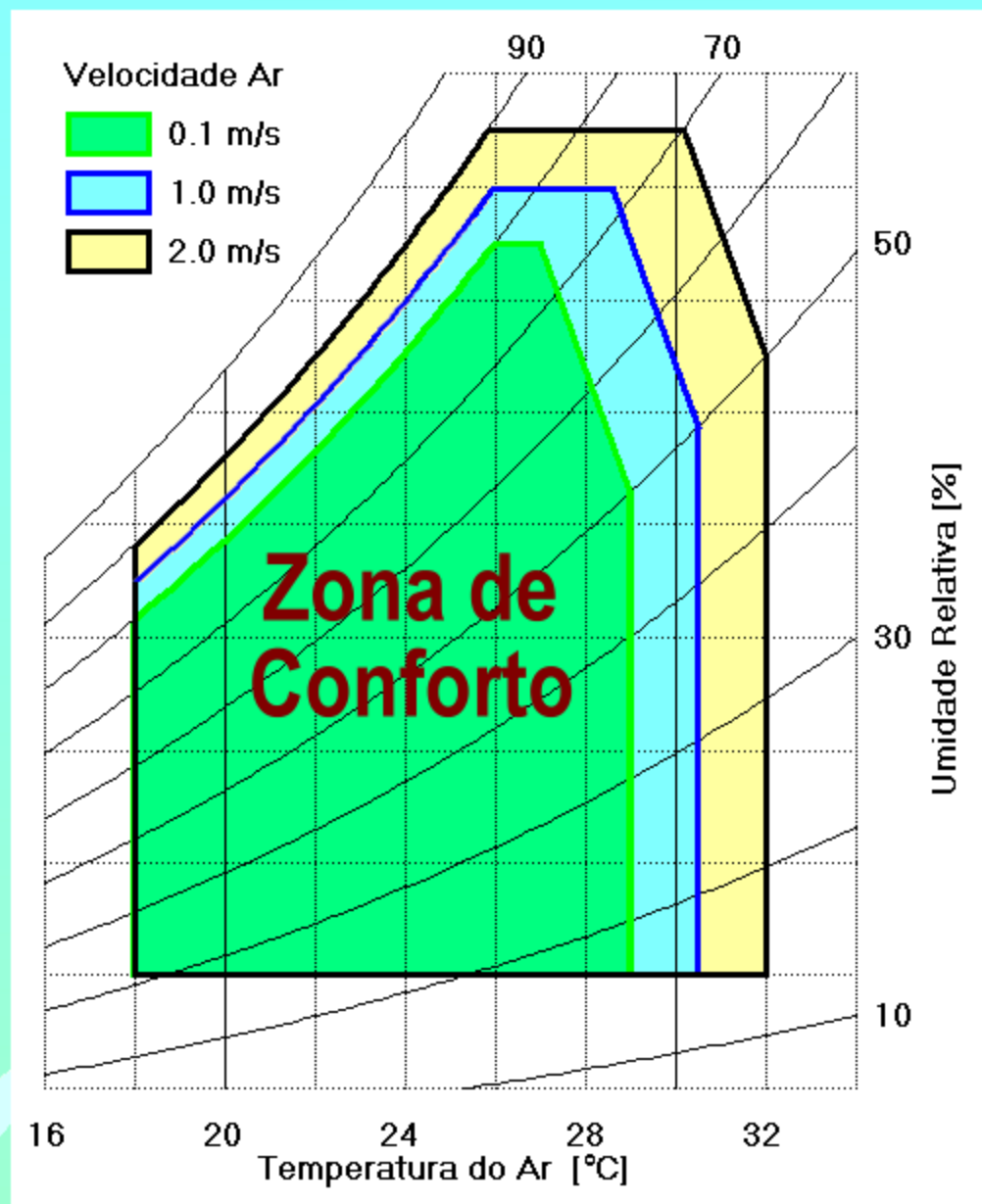
20°C

Imagens com luz visível e infravermelho

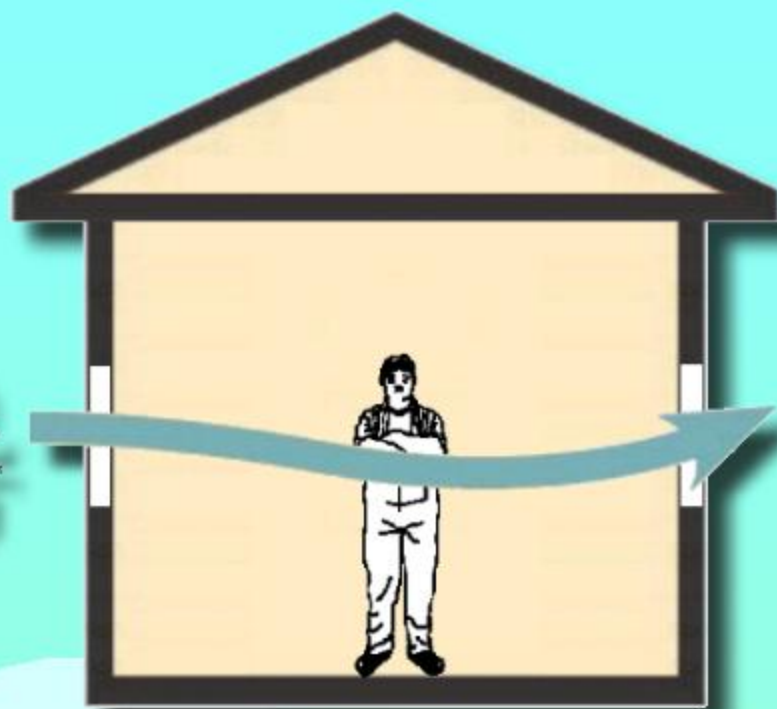
# Absortância Solar, Orientação e Temperaturas Superficiais



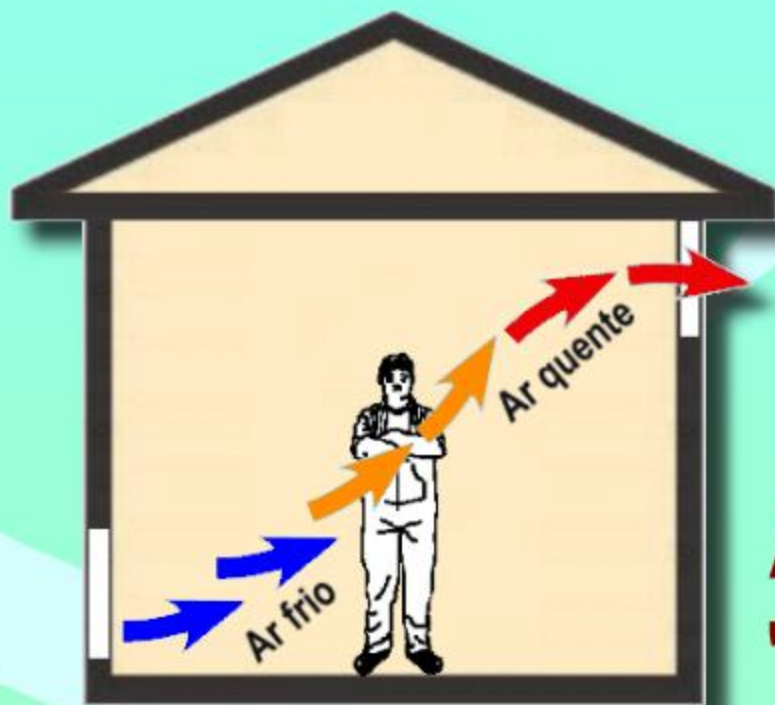
# O CONFORTO TÉRMICO E A IMPORTÂNCIA DA VENTILAÇÃO



# PROCESSOS DE VENTILAÇÃO NATURAL

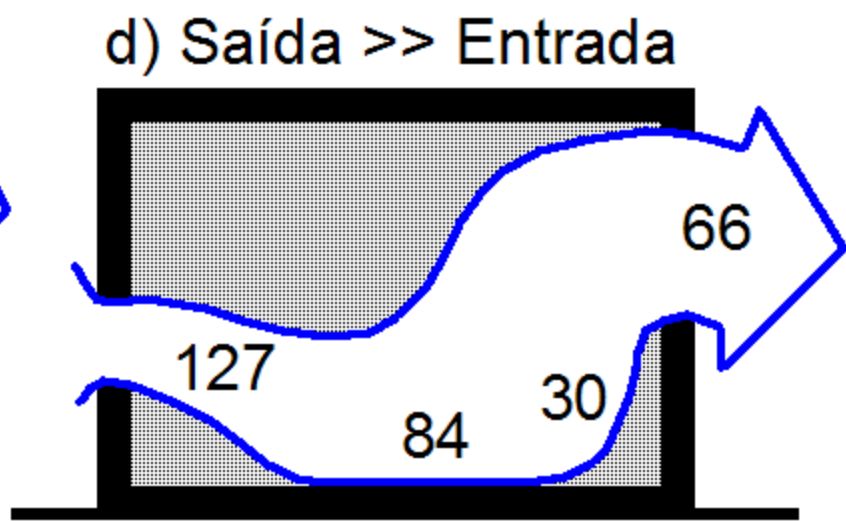
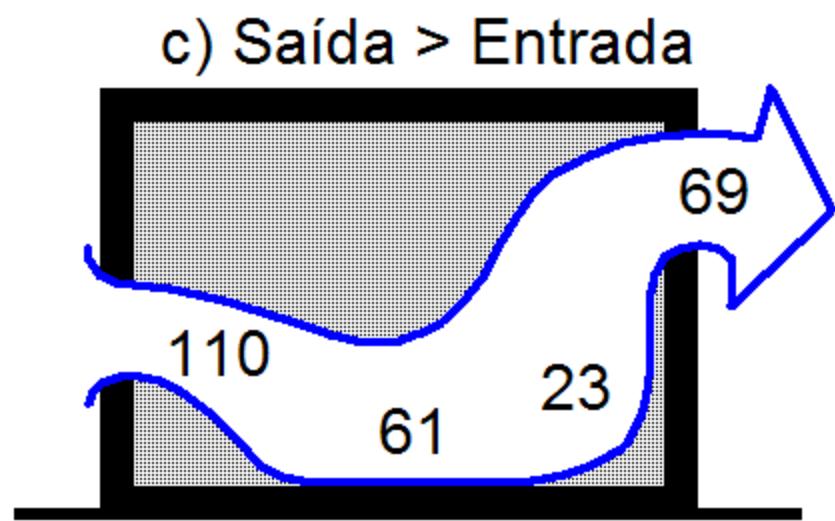
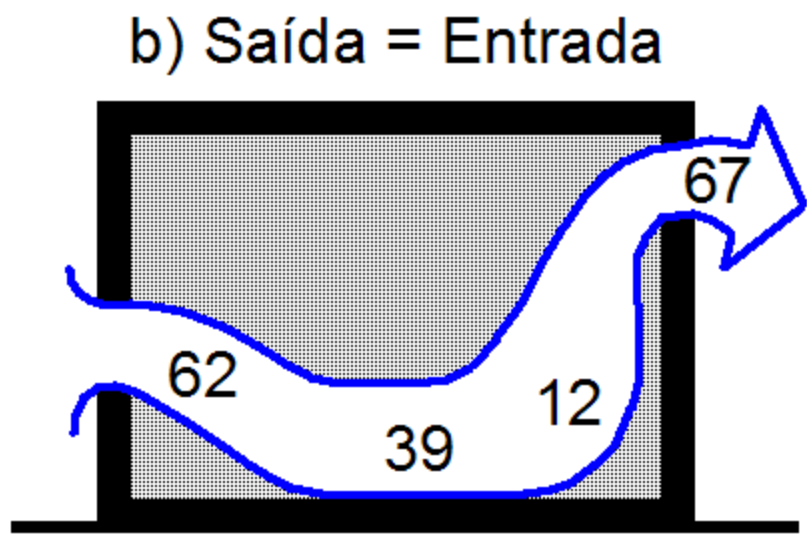
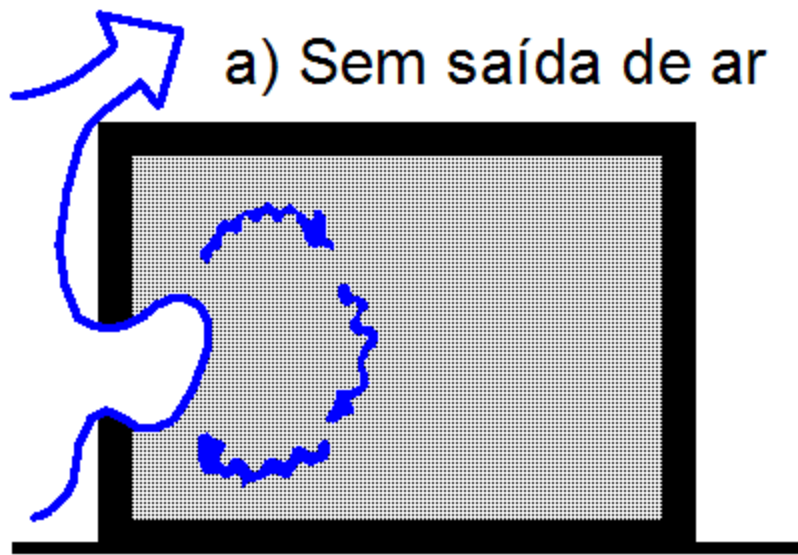


**Ação Direta do Vento**



**Ação Térmica:  
"Efeito Chaminé"**

# Aberturas de Ventilação - Posição e Dimensão



# Desempenho de Janelas de Dormitório

Jardim Botânico, Rio de Janeiro



Tatuapé, São Paulo



**A) 1920: Janelas de Vilas Operárias**

**B**



**C**



**2011: Janelas usuais em Habitação Popular**

Possibilidades de Controle	A	B	C
Abertura de ventilação	100	60	50
Abertura de iluminação	100	50	50
Luz e ventilação (sem chuva)	100	-	-
Luz sem ventilação (inverno)	100	-	-
Escurecimento	100	100	-
Escurecimento + Ventilação	100	100	-
Atenuação de ruído	Sim	Não	Não



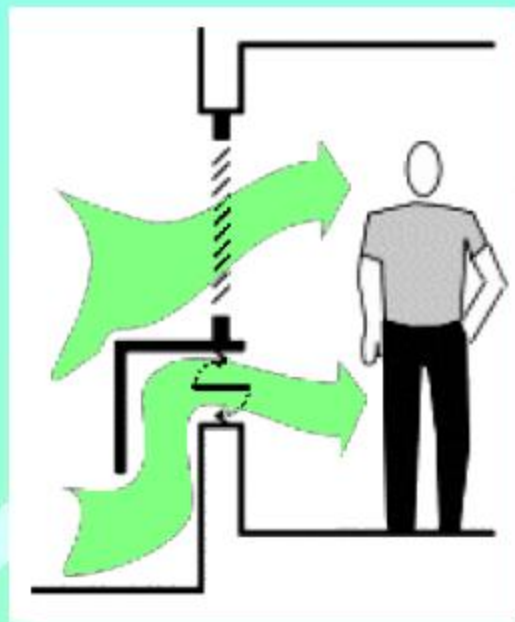
# Soluções que otimizam a Ventilação Natural



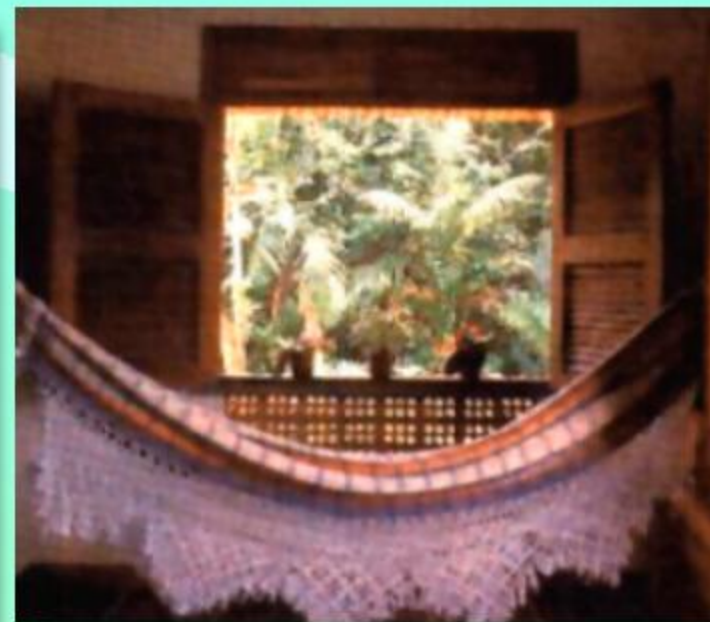
Através das portas



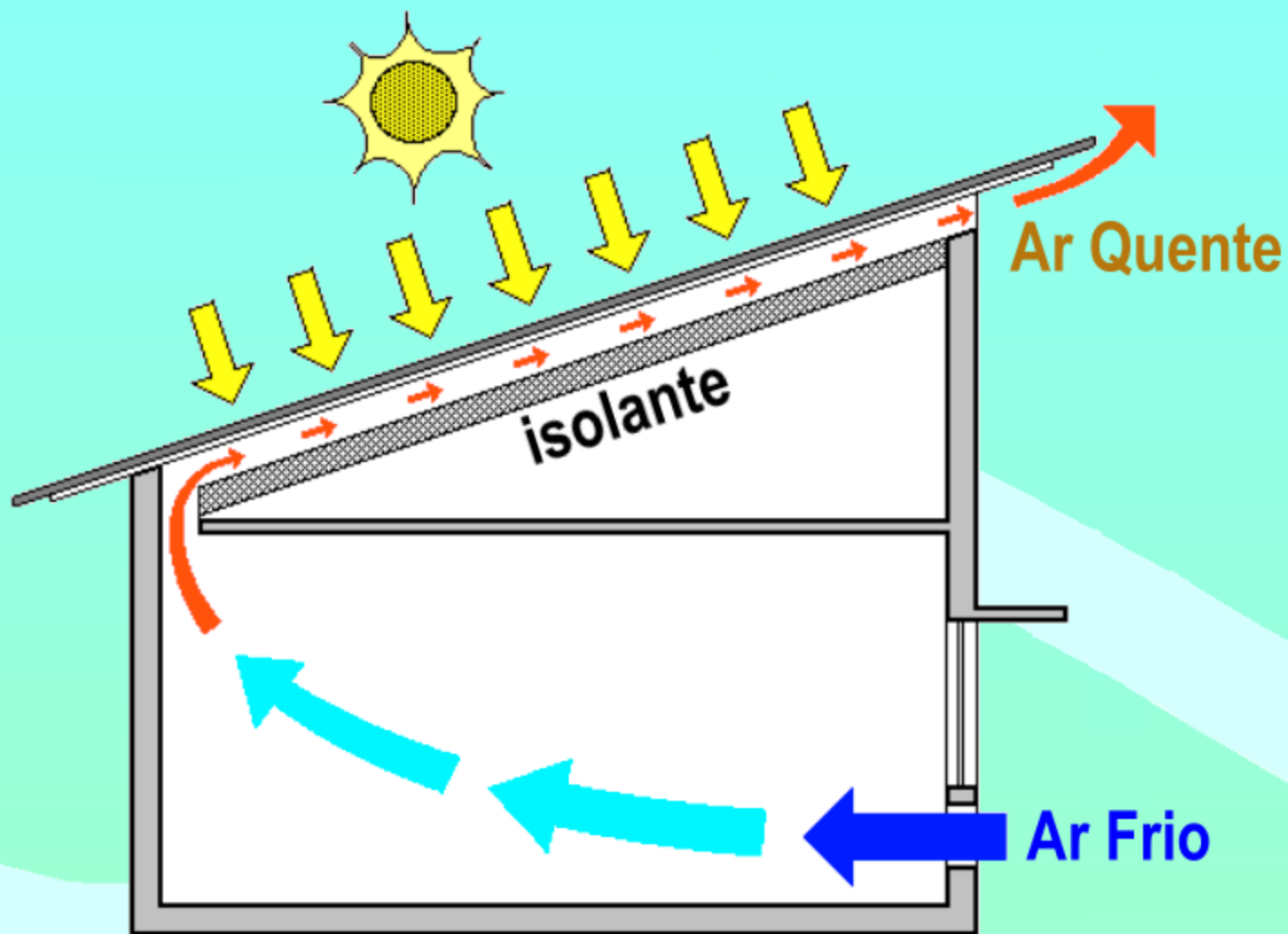
Cobogós



Peitoril Ventilado



# Sistema Passivo de Ventilação: Exaustão Através da Cobertura





“Os edifícios estarão bem adequados, se desde o princípio, se tem em conta o clima do lugar em que se constrói, porque não há dúvida de que devem ser distintos os edifícios que se fazem no Egito, dos que se fazem em Roma.”

Marco Vitruvio (Século I A.C.)