

VIDROS EM FACHADAS

Vasco Peixoto de Freitas

Prof. Catedrático

Laboratório de Física das Construções

FACULDADE DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE DO PORTO

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO


LFC

SUMÁRIO

- I. VIDRO EM FACHADAS
- II. PROPRIEDADES DOS VIDROS
- III. QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO
- IV. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA
- V. CONCLUSÕES

I

VIDRO EM FACHADAS

PASSADO - PRESENTE - FUTURO



PASSADO - PRESENTE - FUTURO



U. PORTO

FEUP
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

LFC

PRESENTE - FUTURO



U. PORTO

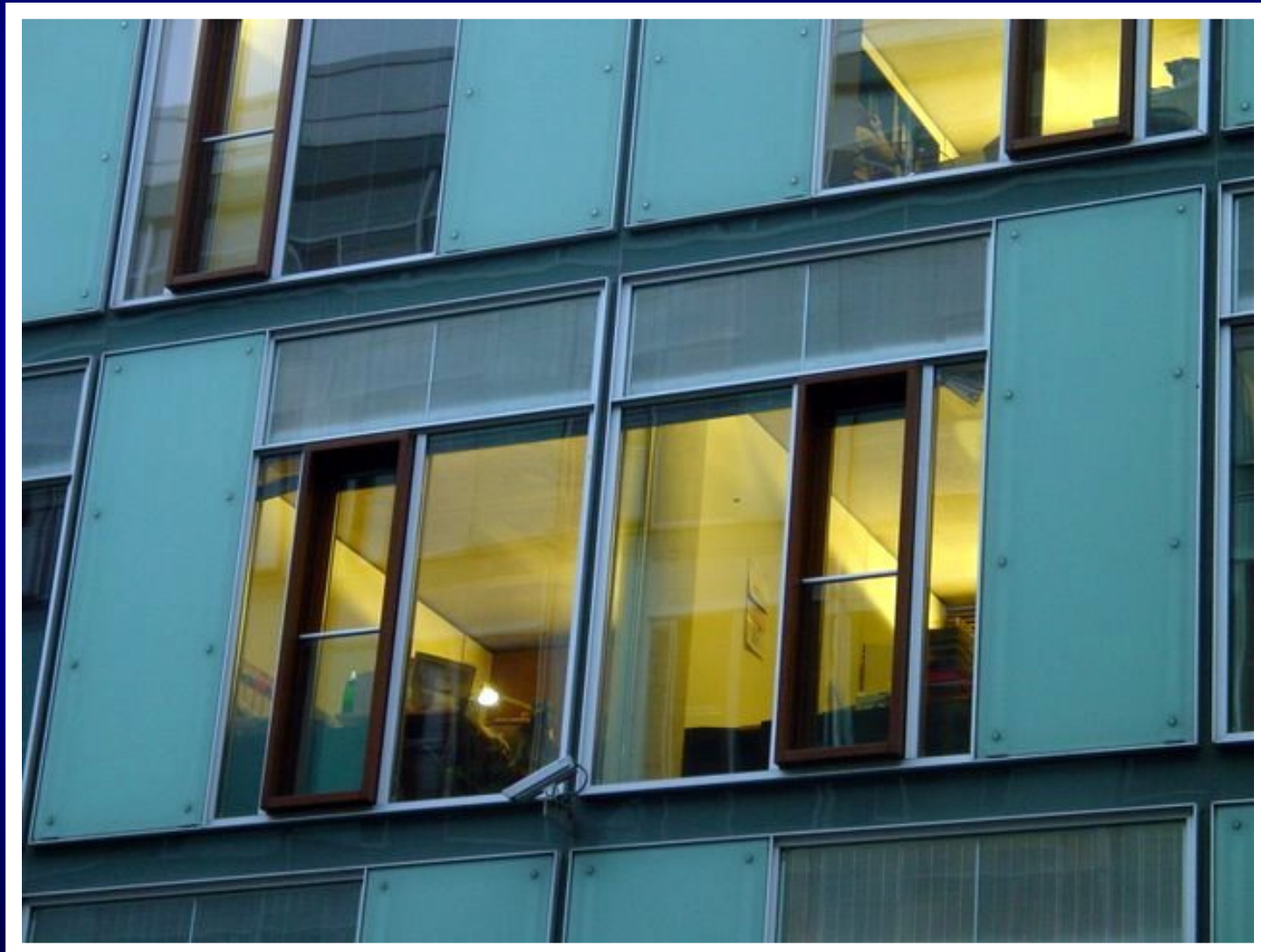
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

LFC

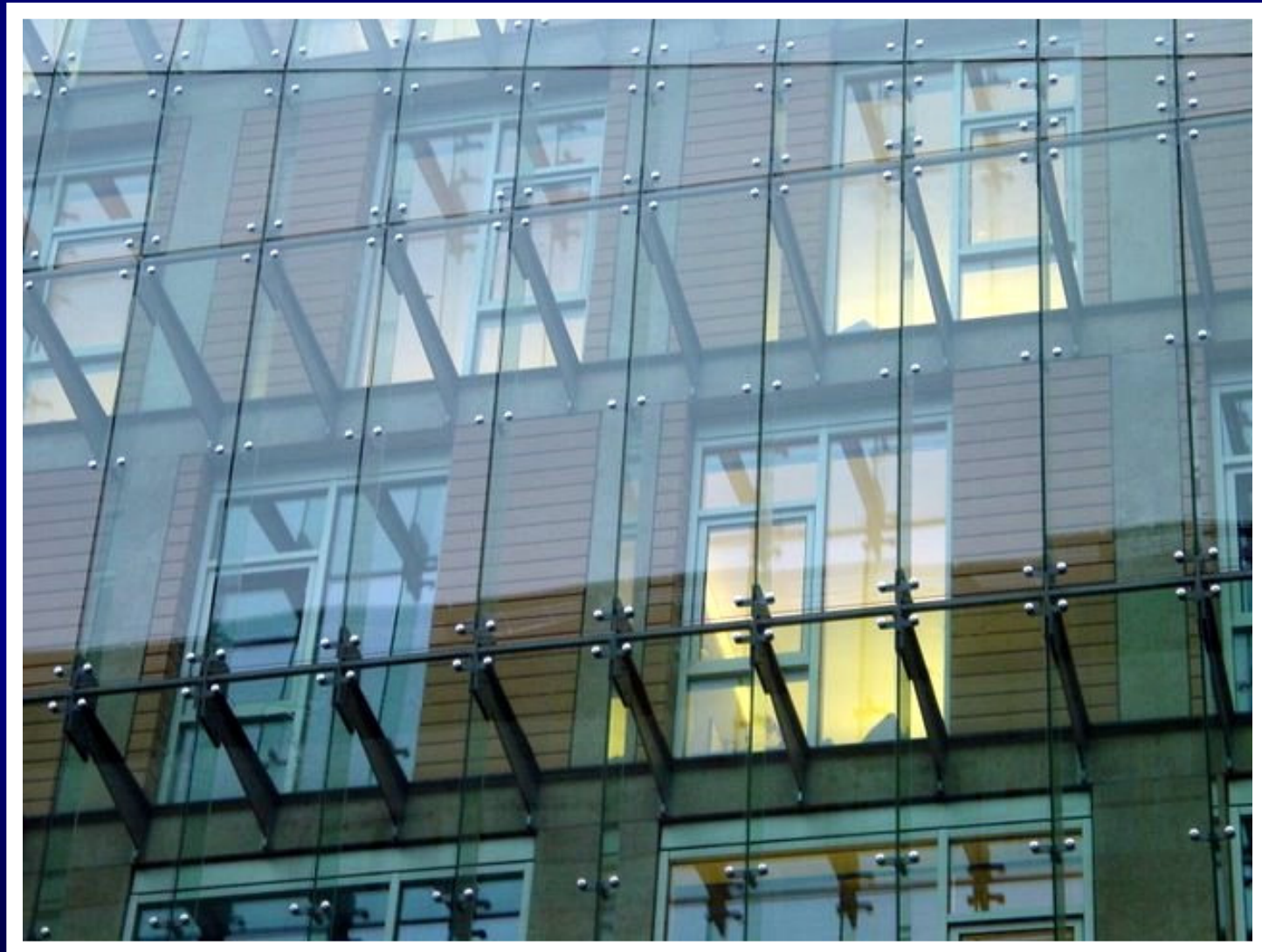
FACHADAS DO FUTURO



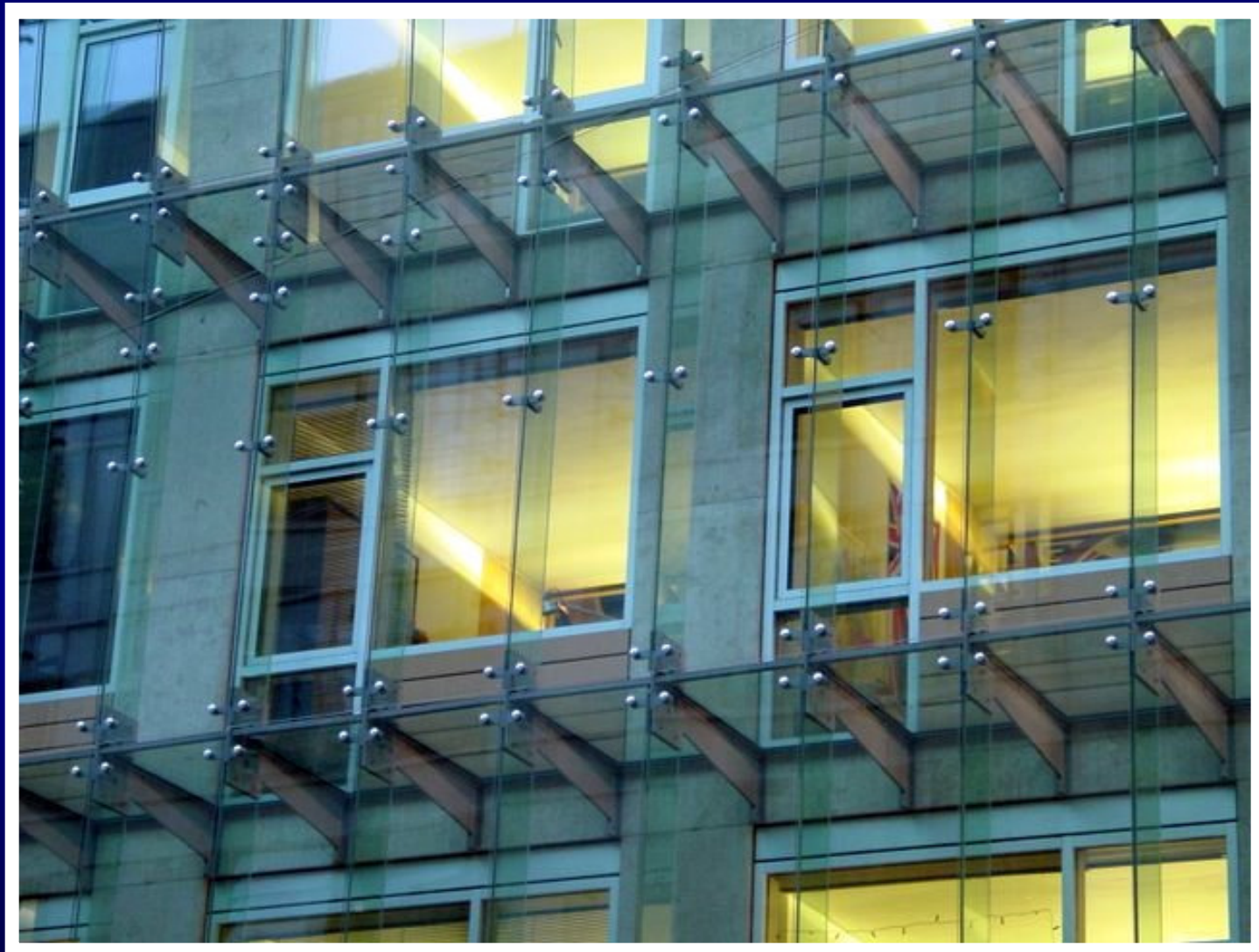
FACHADAS DO FUTURO



FACHADAS DO FUTURO



FACHADAS DO FUTURO



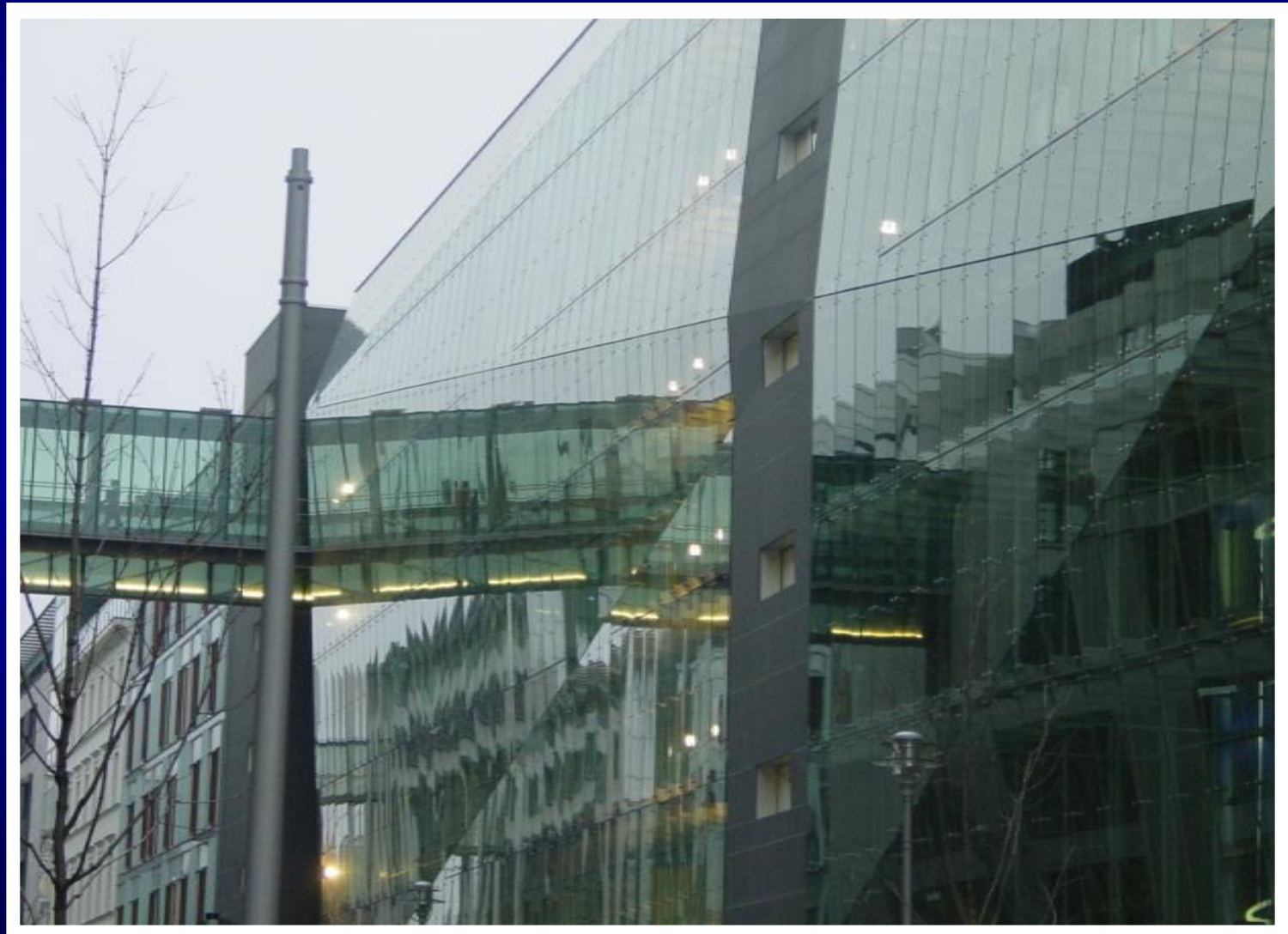
FACHADAS DO FUTURO



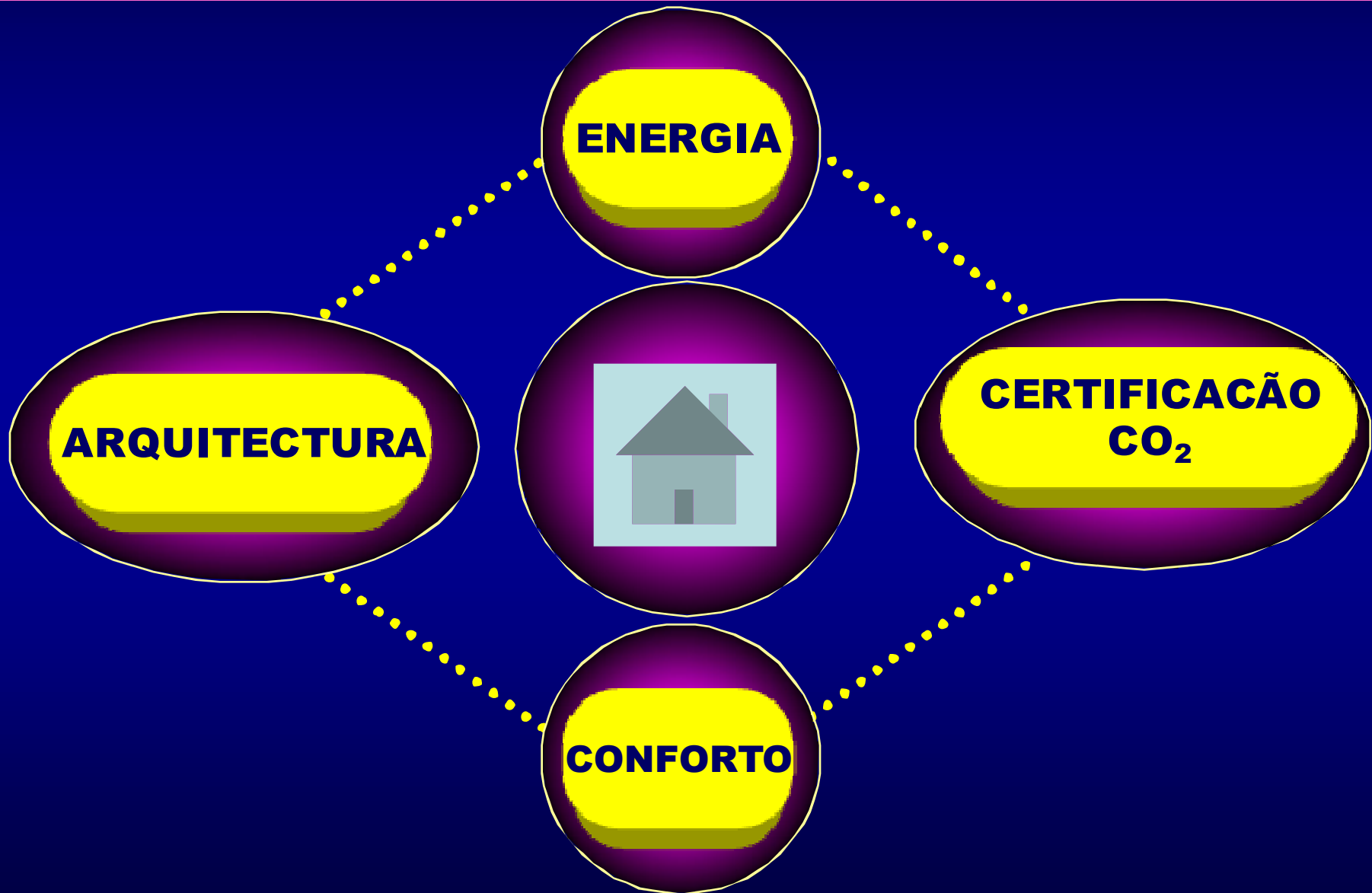
FACHADAS DO FUTURO



FACHADAS DO FUTURO



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

SCE
(DL78/2006)

Sistema Nacional de
Certificação Energética
e da Qualidade do Ar
Interior nos Edifícios



RSECE
(DL79/2006)

Regulamento dos
Sistemas Energéticos de
Climatização em Edifícios

RCCTE
(DL80/2006)

Regulamento das
Características de
Comportamento
Térmico dos Edifícios

Certificação Energética

$$R = N_{tc} / N_t$$

Edifícios existentes

Edifício novos

Classe energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Certificado Energético - RCCTE

A classe energética do edifício é: $N_{tc}/N_t = 2,40/4,50 = 0,53$

1. Etiqueta de desempenho energético

INDICADORES DE DESEMPENHO			CLASSE ENERGÉTICA	
Necessidades anuais globais estimadas de energia útil para climatização e águas quentes	73,5	kWh/m ² .ano		B
Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes	2,4	kgep/m ² .ano		
Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes	4,5	kgep/m ² .ano		
Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à en. primária para climatização e águas quentes	19,4	toneladas de CO ₂ equivalentes por ano		

SUSTENTABILIDADE....



II

PROPRIEDADES DOS VIDROS

EDIFÍCIOS TRADICIONAIS



CARACTERÍSTICAS EXIGÍVEIS

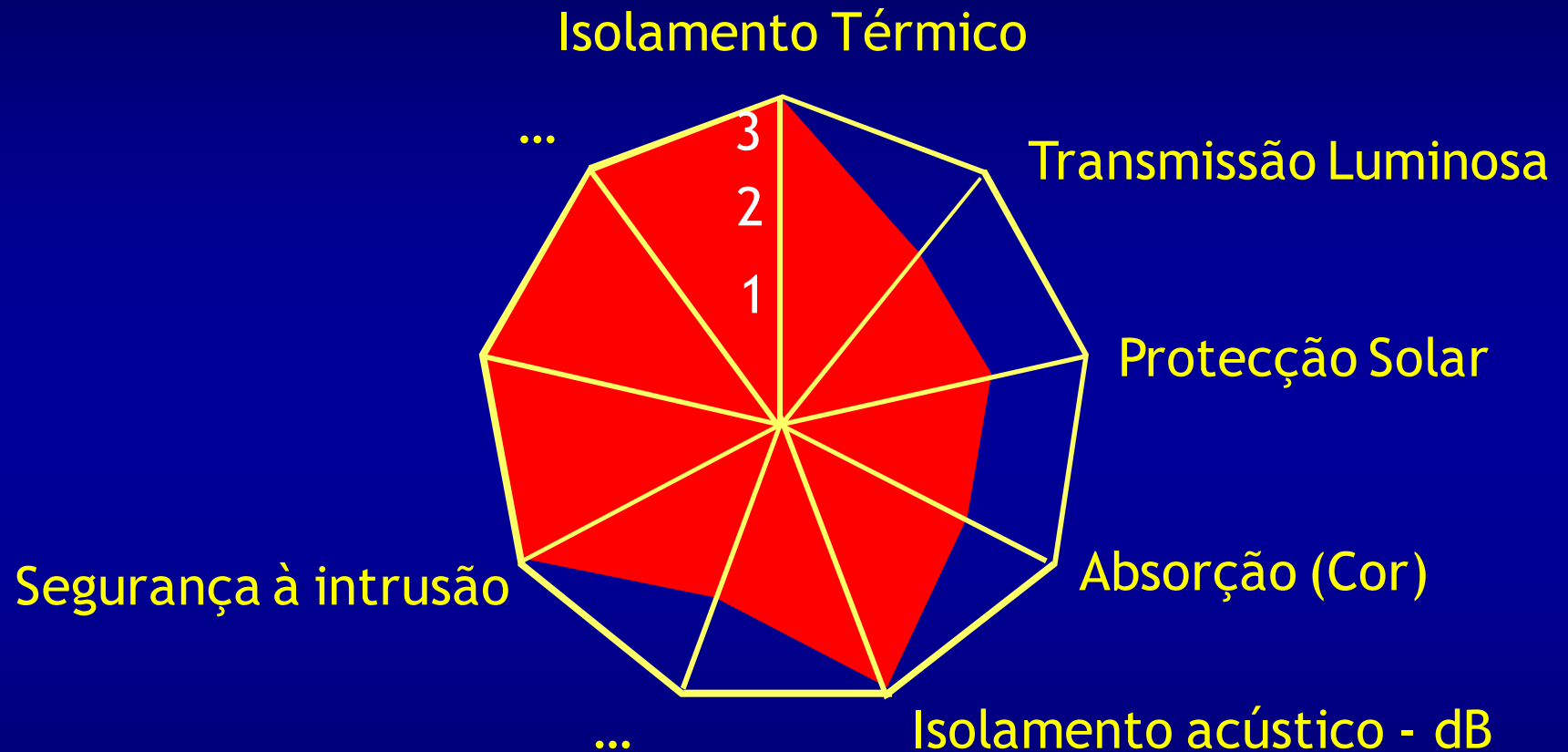
VIDROS

U - $W/m^2 \cdot ^\circ C$

FACTOR SOLAR %

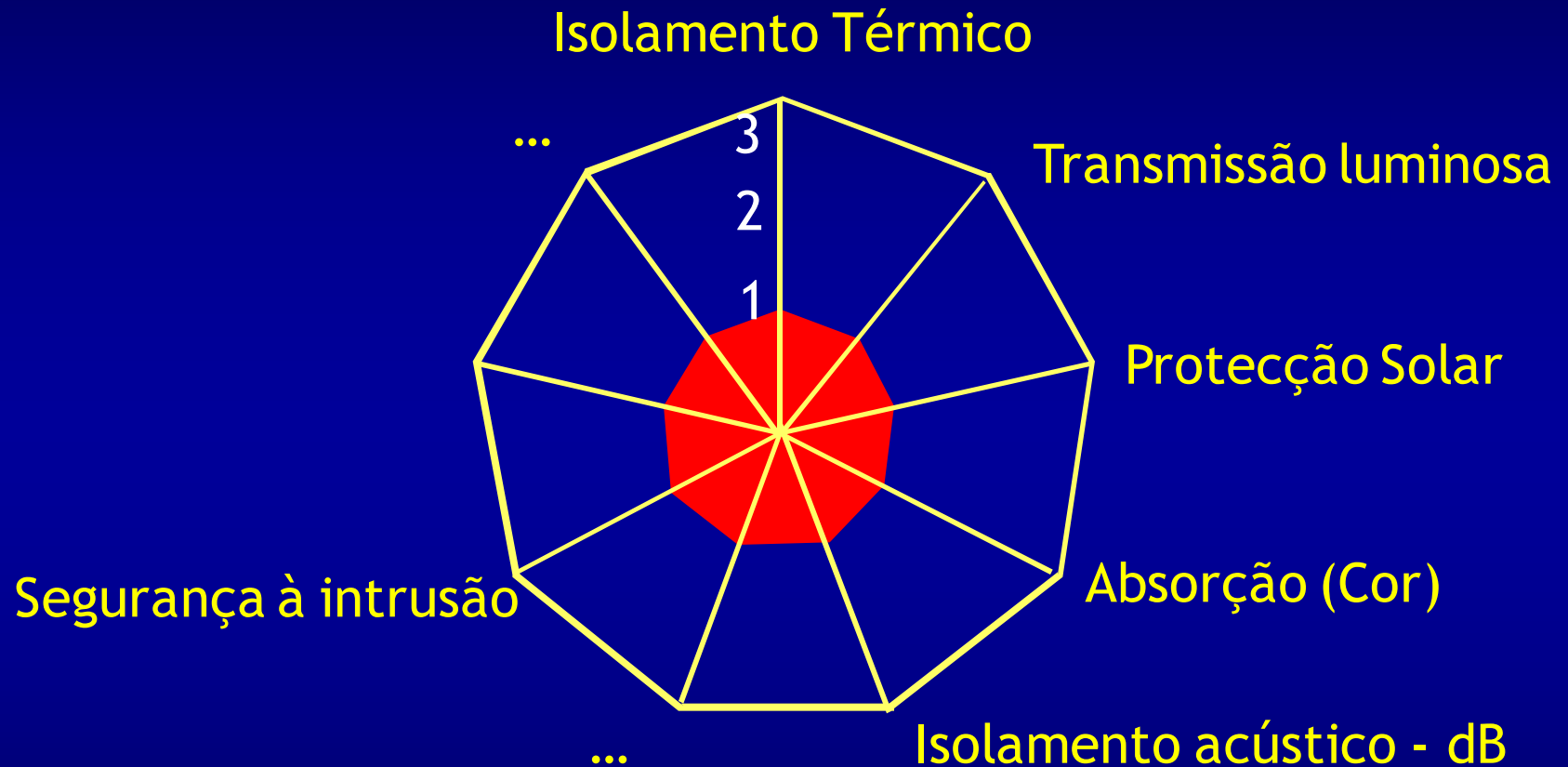
Transmissão luminosa...

PERFIL DE QUALIDADE - Passado



- 1 - Bom desempenho
- 2 - Suficiente
- 3 - Mau

PERFIL DE QUALIDADE - O Futuro...



U - Coeficiente de Transmissão Térmica

INVERNO

U - COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

U da CAIXILHARIA



Corte Térmico (Sim ou Não)

TIPO DE CAIXILHARIA

TIPO DE VIDRO

INVERNO

U - COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

U do VIDRO (U_v)



Câmara (Espessura e tipo de gás)

TIPO DE VIDRO...

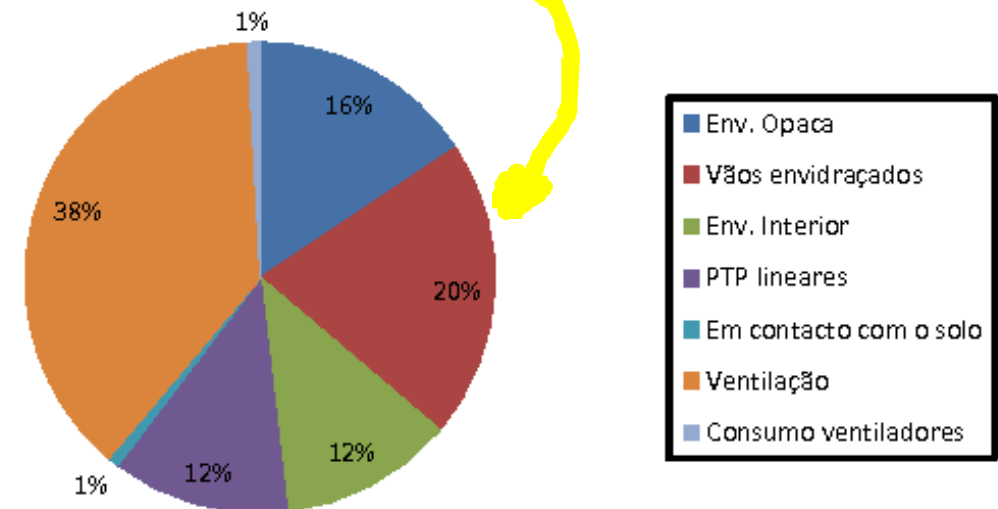
Protecção Solar

ESTUDO DE SENSIBILIDADE

R14 - Divisão das perdas pelos diferentes elementos: Env. Opaca, Env. Interior, Vãos envidraçados, Ventilação.

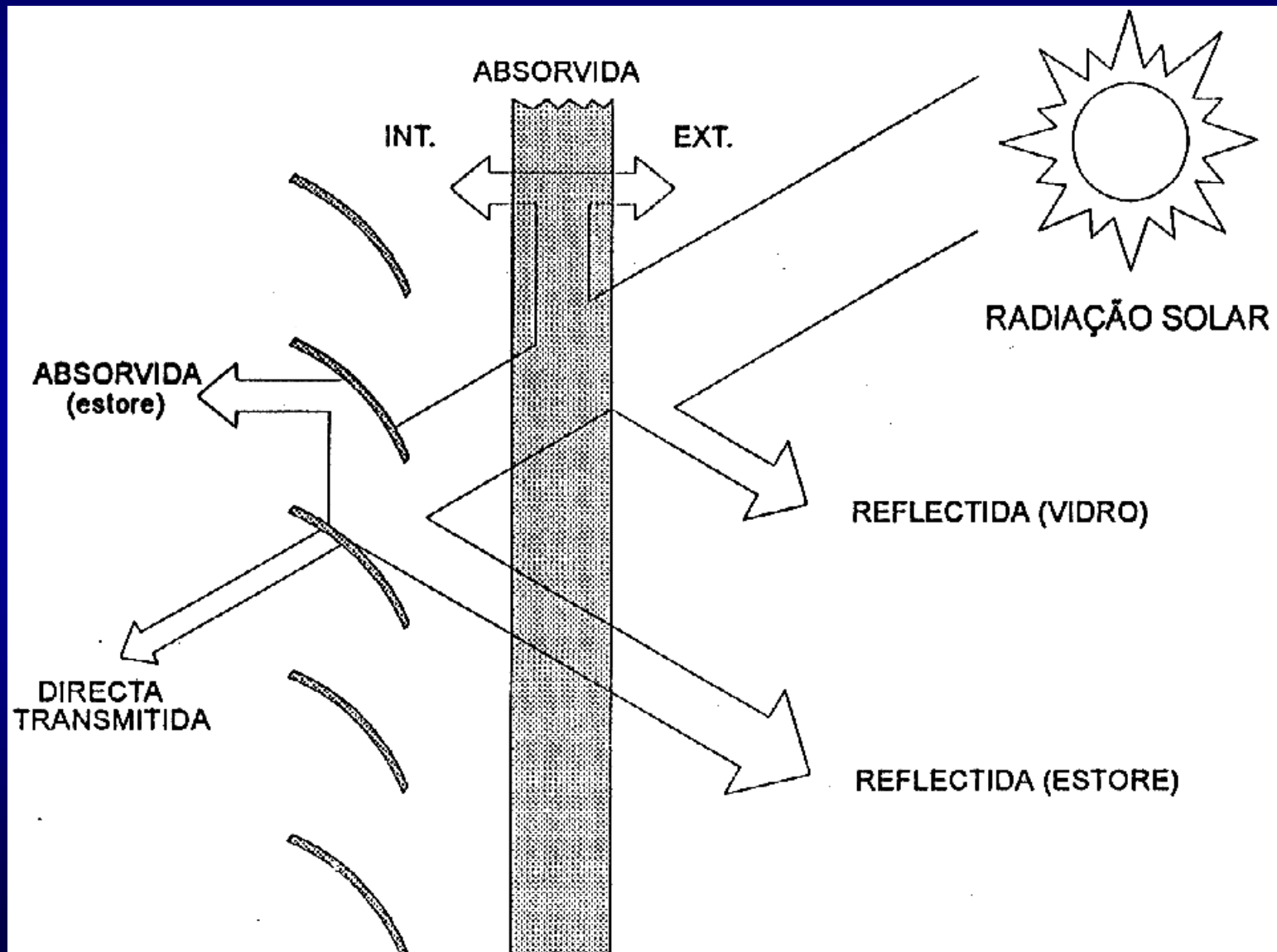
	kWh/m2.ano
Env. Opaca	13,28
Vãos envidraçados	17,41
Env. Interior	10,17
PTP lineares	10,37
Em contacto com o solo	0,66
Ventilação	32,23
Consumo ventiladores	0,73

Perdas médias pelos diferentes elementos



g_{\perp} - Factor Solar

Factor solar, g_{\perp}



Factor solar, g_{\perp}

g_{\perp} do vidro



Câmara (Espessura e tipo de gás)

TIPO de VIDRO...

III

QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO

É NECESSÁRIO QUANTIFICAR ...GANHOS TÉRMICOS

INVERNO e VERÃO



GANHOS SOLARES

INVERNO

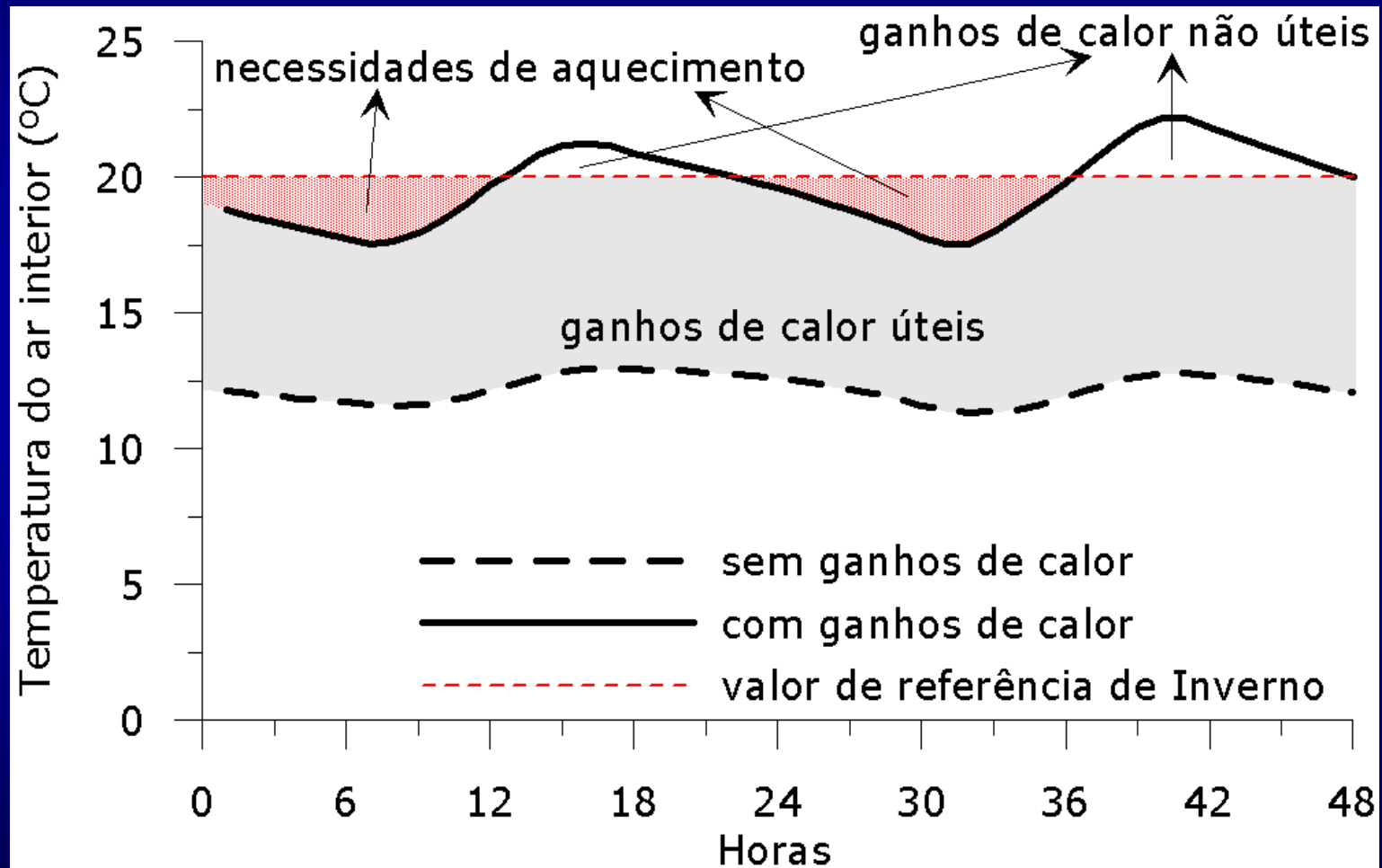
Ganhos térmicos na estação de aquecimento

- (kWh/m².ano)

$$Q_{gu} = \eta Q_g$$

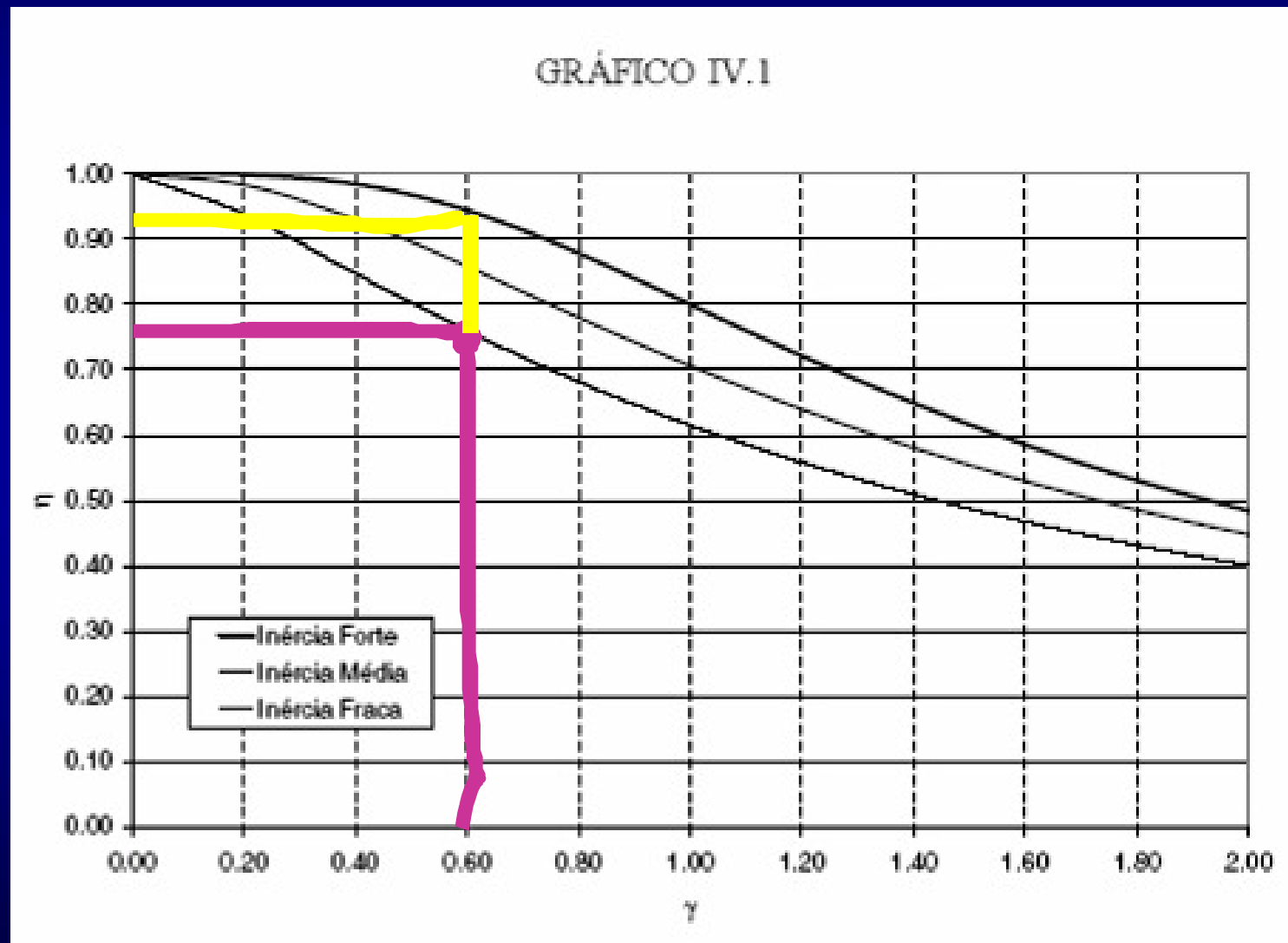
- Q_g - Ganhos térmicos brutos (kWh)
- Q_{gu} - Ganhos térmicos úteis (kWh)
- η - factor de utilização dos ganhos térmicos

Ganhos brutos vs ganhos úteis



Ganhos térmicos úteis

Factor de utilização



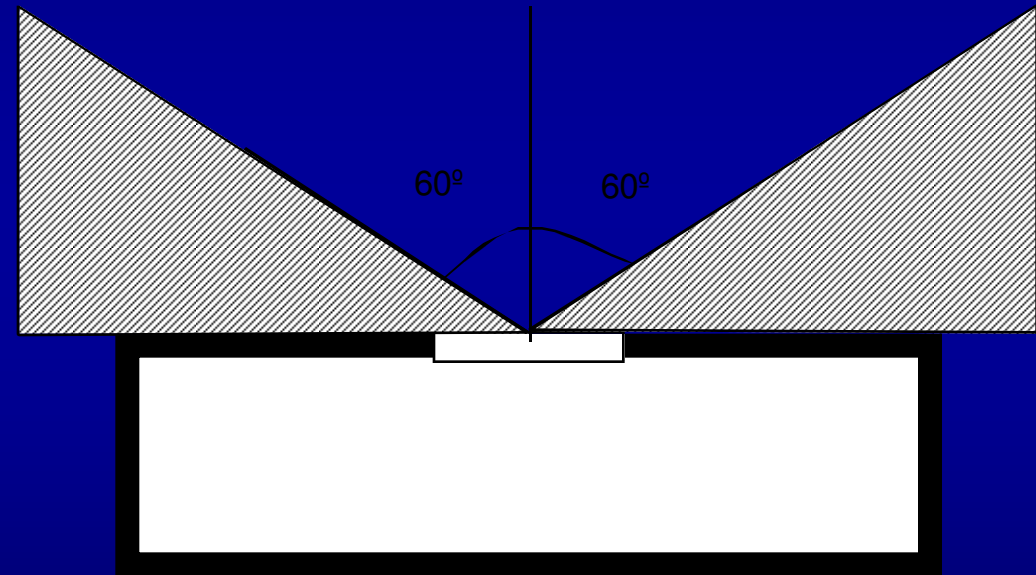
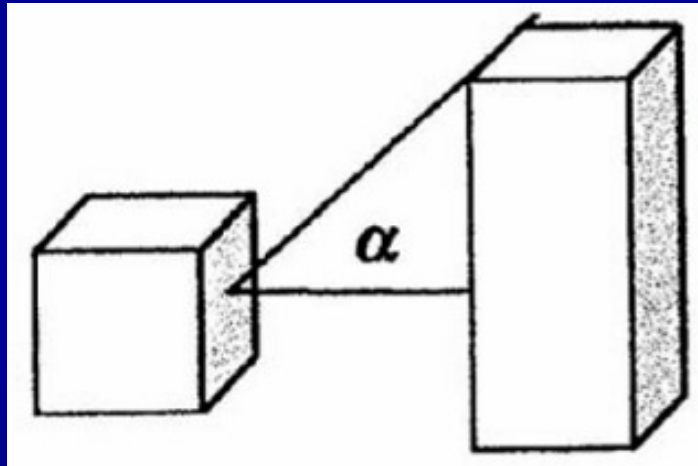
Ganhos solares - Inverno

$$Q_s = M. G_{sul} \cdot \sum_{j = N, NE, E...} [X_j \cdot \sum_{n - \text{cada v\~{a}o}} (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_n]$$

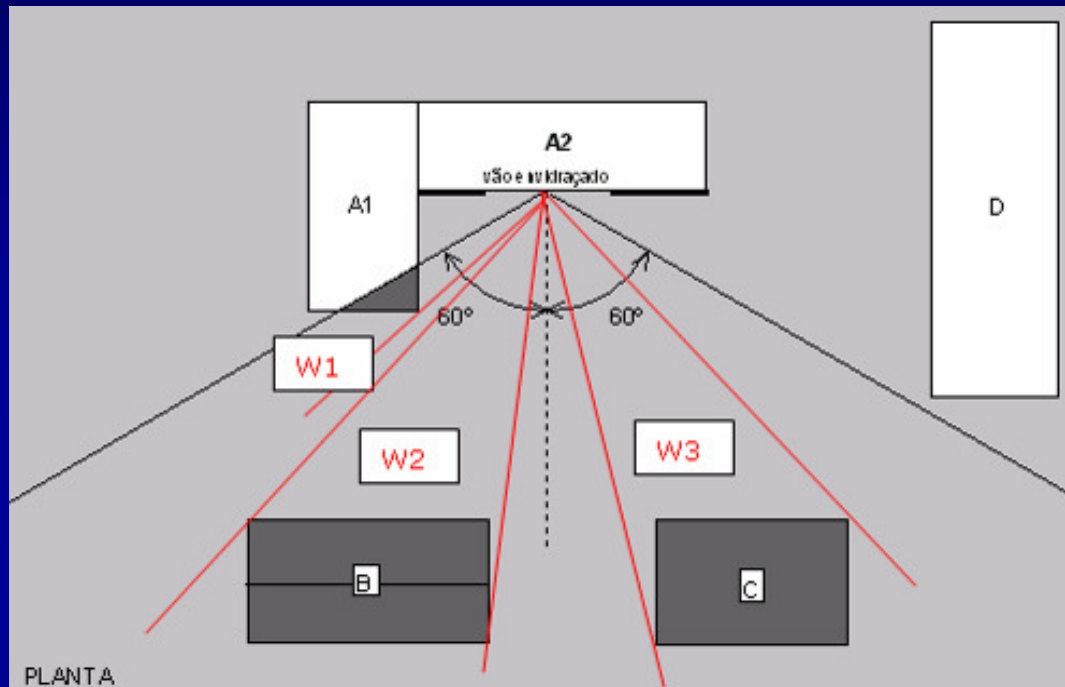


Factor de sombreamento do horizonte

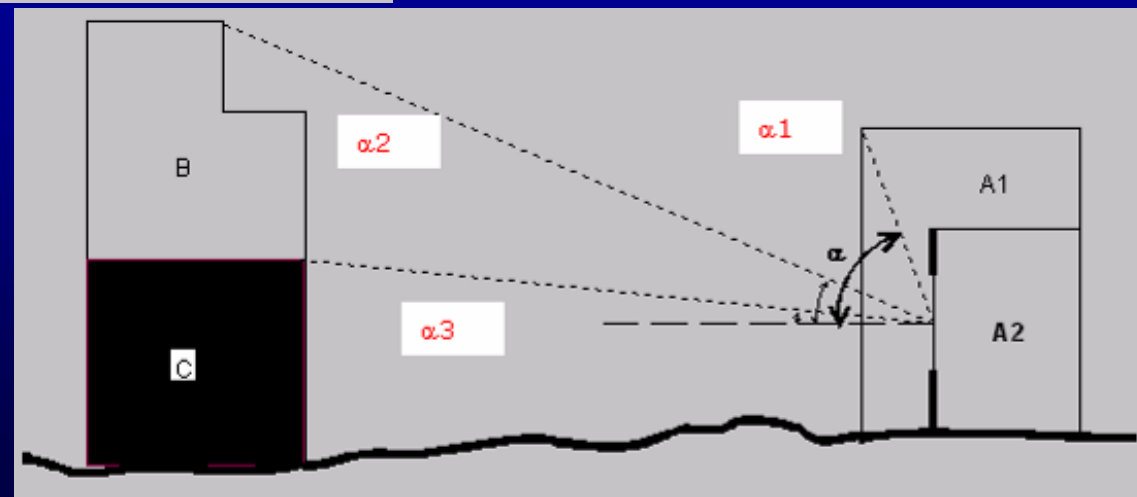
F_h



F_h - Exemplo

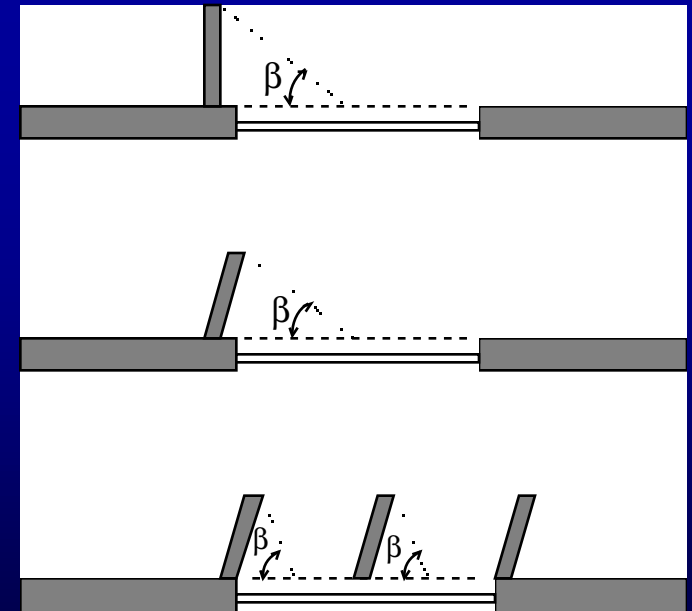
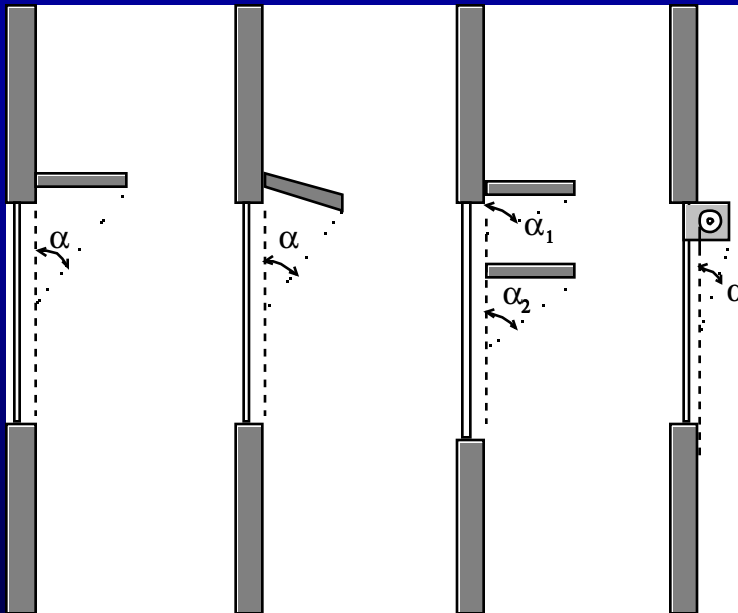


$$\alpha = \alpha_1$$



F_o e F_f

- pala horizontal (a) - factor F_o
- pala vertical (b) - factor F_f



Fracção envidraçada, F_g

Fracção envidraçada =
Área de vidro / Área total do vão.

QUADRO IV.5

Fracção envidraçada para diferentes tipos de caixilharia

Tipo de caixilharia	F_g	
	Caixilho sem quadricula	Caixilho com quadricula
Janelas de alumínio ou aço	0,70	0,60
Janelas de madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachadas-cortina de alumínio ou aço	0,90	

Factor de correcção da selectividade angular do vidro - F_w

- F_w DEPENDE DO ÂNGULO DE INCIDÊNCIA
- Estação de aquecimento:

$F_w = 0,90$ para vidro corrente, simples ou duplo

Tabela IV.41

Factor solar de alguns tipos de vidro ($g_{L,v}$)

Tipo	Factor solar
Vidro simples:	
Incolor:	
4 mm	0,88
5 mm	0,87
6 mm	0,85
8 mm	0,82
Colorido na massa (bronze, cinza, verde):	
4 mm	0,70
5 mm	0,65
6 mm	0,60
8 mm	0,55
Reflectante incolor:	
De 4 mm a 8 mm	0,60
Reflectante colorido na massa (bronze, cinza, verde):	
De 4 mm e 5 mm	0,50
De 6 mm e 8 mm	0,45
Vidro duplo:	
Incolor + incolor:	
(4 a 8) mm + 4 mm	0,78
(4 a 8) mm + 5 mm	0,75
Colorido na massa + incolor:	
4 mm + (4 a 8) mm	0,60
5 mm + (4 a 8) mm	0,55
6 mm + (4 a 8) mm	0,50
8 mm + (4 a 8) mm	0,45
Reflectante incolor + incolor:	
(4 a 8) mm + (4 a 8) mm	0,52
Reflectante colorido na massa + incolor:	
(4 e 5) mm + (4 a 8) mm	0,40
(6 e 8) mm + (4 a 8) mm	0,35
Tijolo de vidro (incolor e sem relevos)	0,57

Factor solar de alguns tipos de vidro

Factor solar - VIDRO E PORTECÇÃO



Factores solares de vãos com vidro incolor e protecção solar

QUADRO V.4

Valores do factor solar de vãos com protecção solar activada a 100% e vidro incolor corrente (g_l)

Tipo de protecção	Vidro simples — Cor da protecção			Vidro duplo — Cor da protecção		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Protecções exteriores:						
Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
Persiana:						
Réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Estore veneziano:						
Lâminas de madeira	—	0,11	—	—	0,08	—
Lâminas metálicas	—	0,14	—	—	0,09	—
Estore:						
Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Protecções interiores:						
Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Cortinas:						
Opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
Ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Muito transparentes	0,70	—	—	0,63	—	—
Portadas de madeira (opacas)	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Persianas de madeira	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Protecção entre dois vidros — estore veneziano, lâminas delgadas				0,28	0,34	0,40

GANHOS SOLARES

VERÃO

U. PORTO

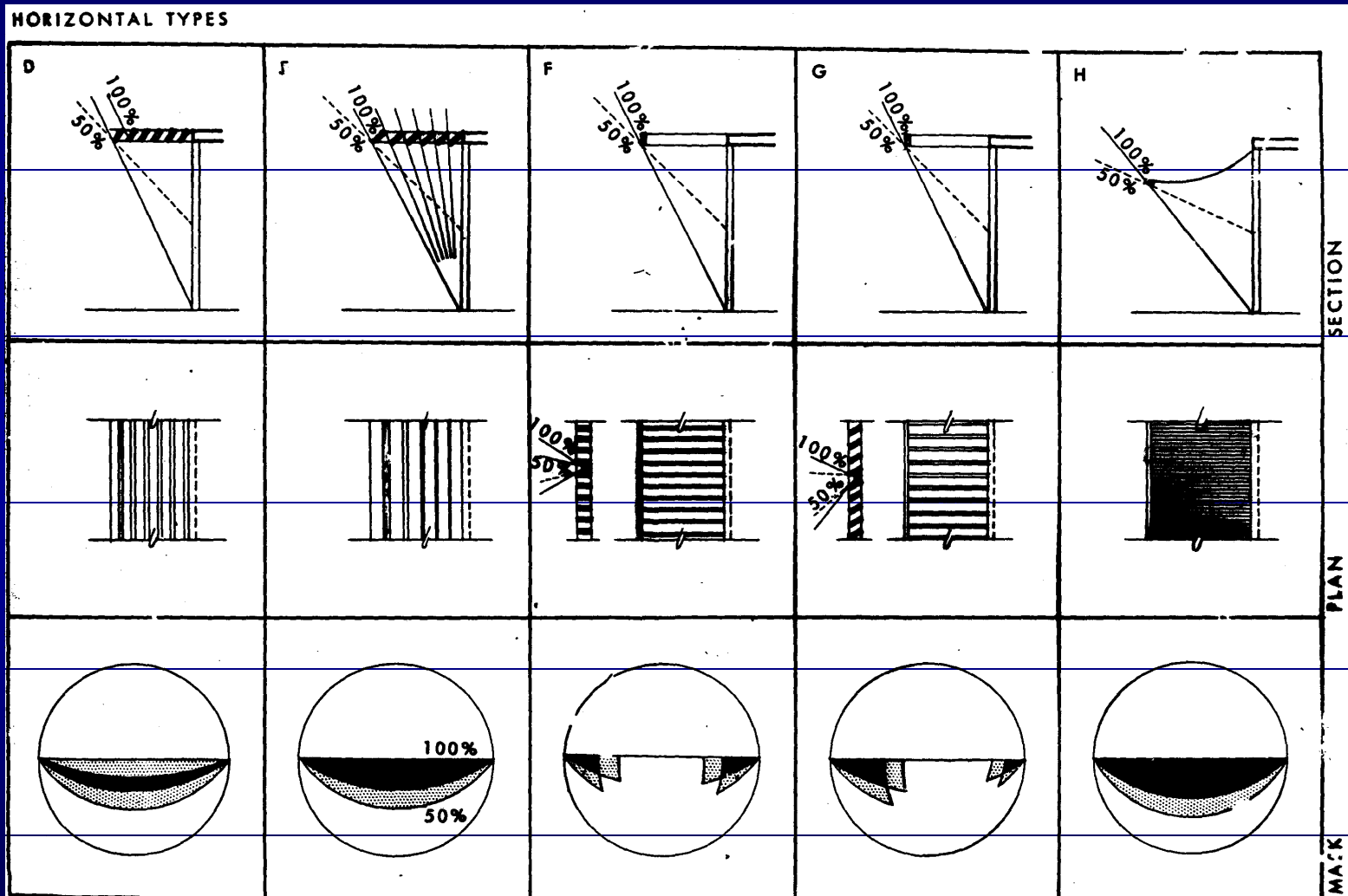
FEUP
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

LFC

PROTECÇÃO SOLAR - FACTOR SOLAR



EFICÁCIA DE DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTO



177. D. Tilted louvers parallel to wall let in some sunrays at high altitudes, as shown in mask.

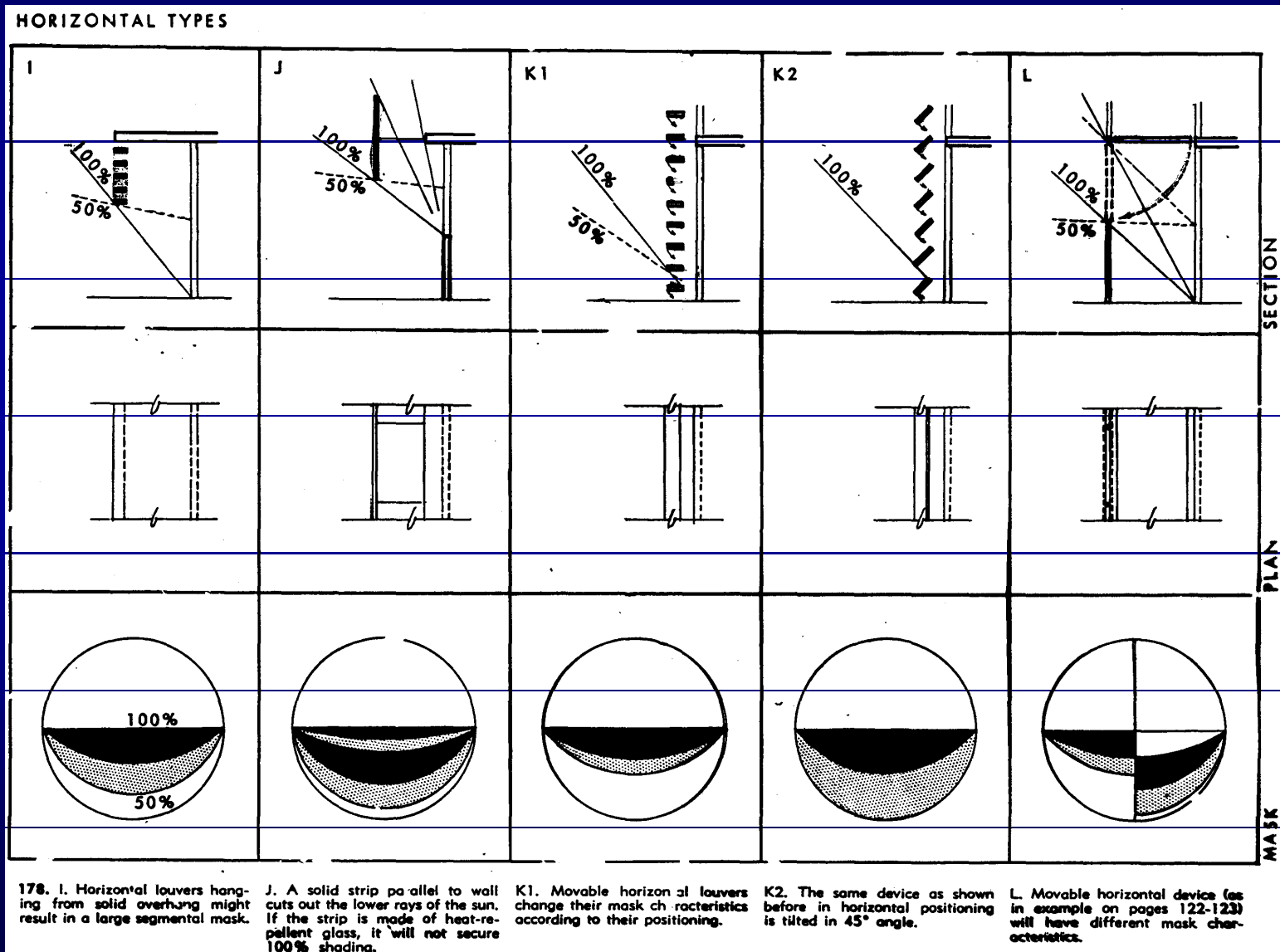
E. Tilted louvers parallel to wall, but unequal space, will secure 100% shading at high sun altitudes also.

F. Overhangs with louvers perpendicular to wall will cut out sunrays from the sides.

G. Tilted louvers perpendicular to wall will have the same characteristics as type F, but the mask will be asymmetrical.

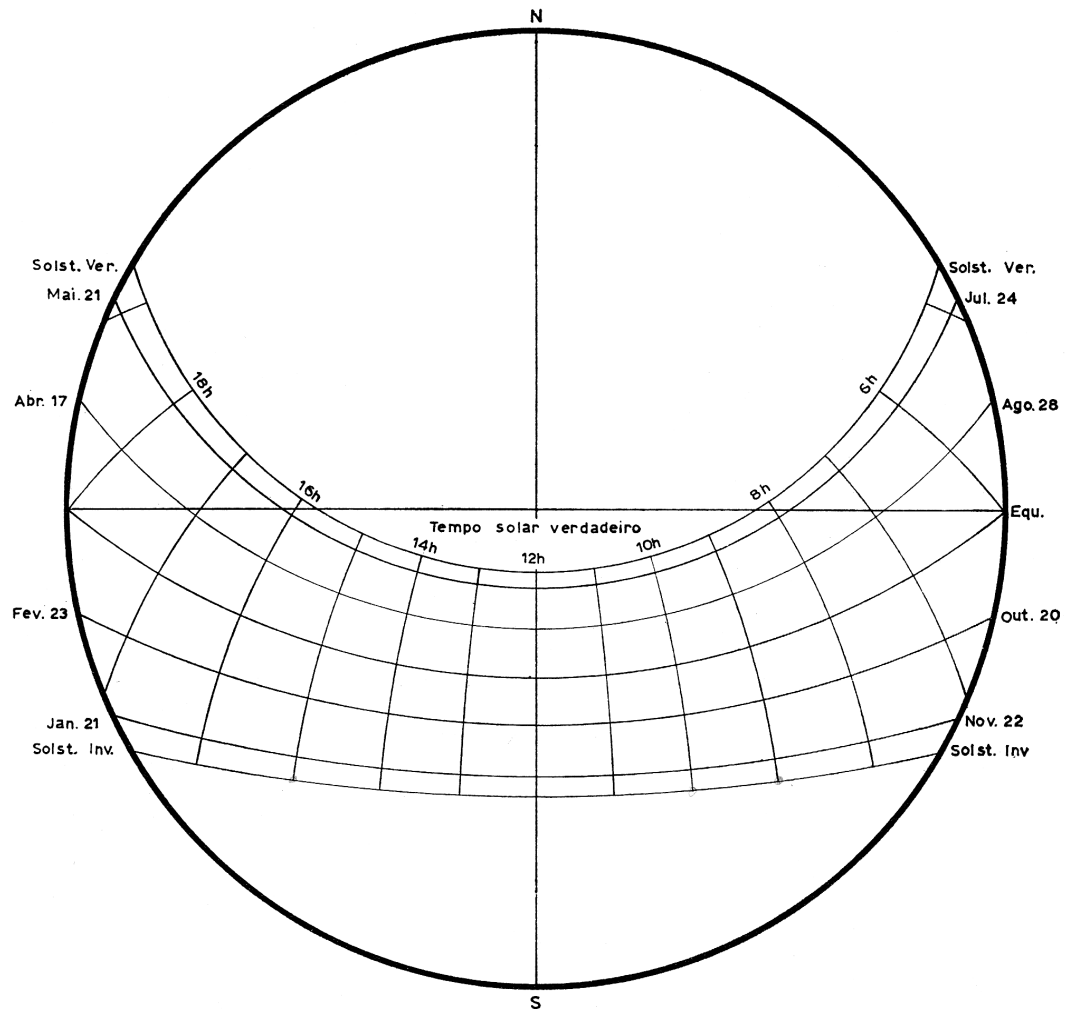
H. Canvas canopy will have same characteristics as a solid overhang.

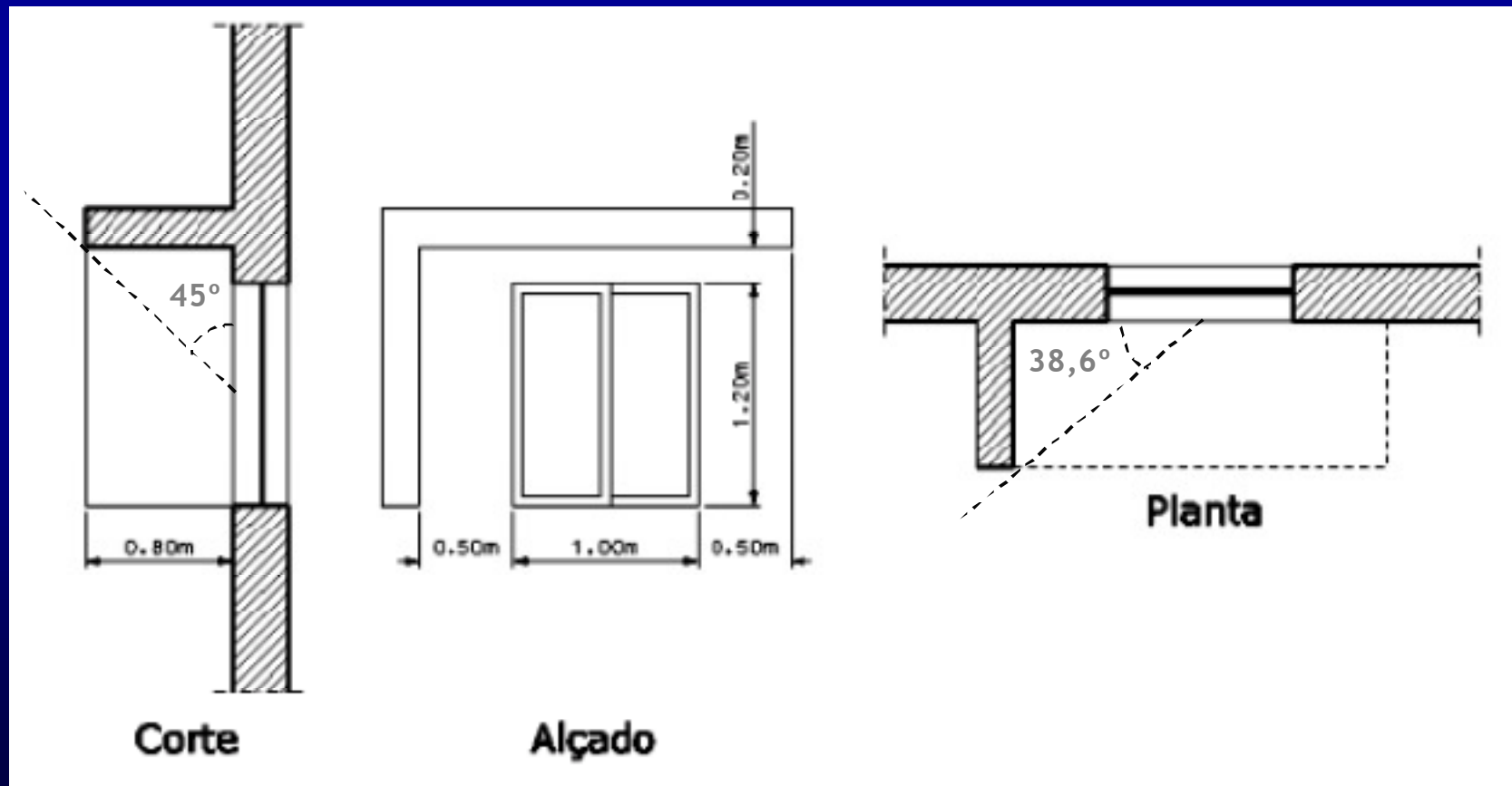
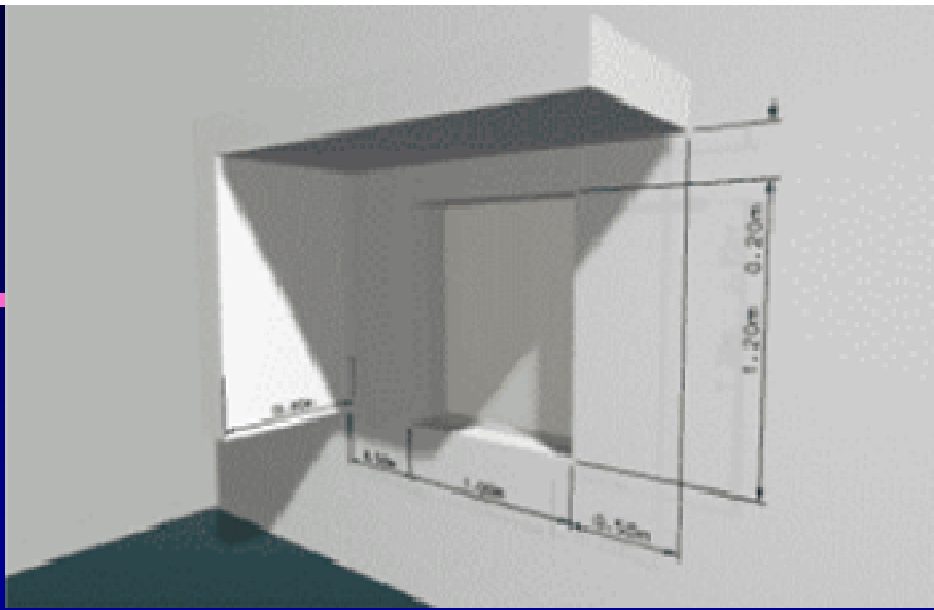
EFICÁCIA DE DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTO



GANHOS SOLARES

ANEXO 3.1 — PORTUGAL-NORTE (40,0° N a 42,2°)
CARTA SOLAR PARA A CIDADE DO PORTO (41,1° N)

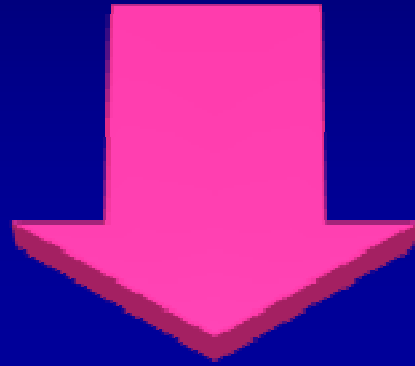




PROTECÇÃO SOLAR - PRÁTICA



PROTECÇÃO SOLAR



**QUAL A MELHOR POSIÇÃO DA
PROTECÇÃO?**

Factor solar mais adequado

PROTECÇÃO EXTERIOR

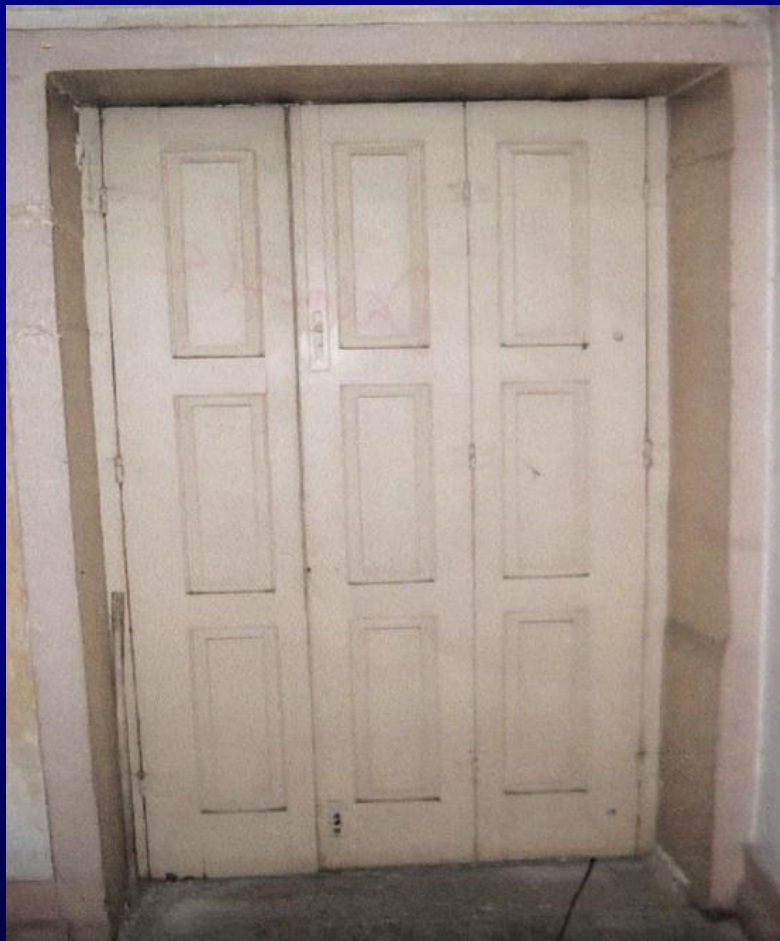


Factor solar mais adequado



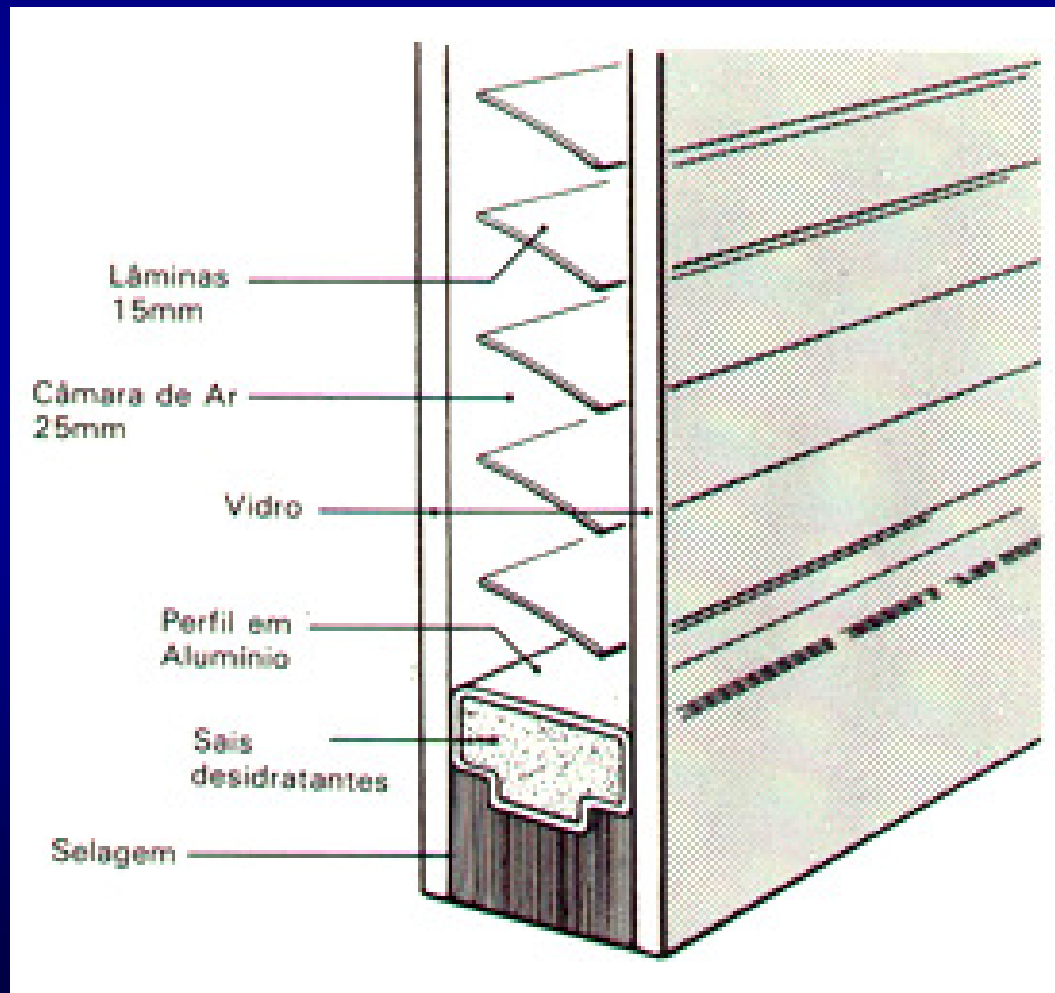
Factor solar

PROTECÇÃO INTERIOR



Outras Soluções

PROTECÇÃO ENTRE VIDROS



MULTIPLICIDADE DE SOLUÇÕES...



IV

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

EDIFICIOS RECENTES



EDIFÍCIOS “ANTIGOS”



CUSTO GLOBAL



CUSTO GLOBAL

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

$$C_g = C_0 + C_{exp}$$

C_g - Custo Global

C_0 - Custo Inicial

C_{exp} - Custo de Exploração

CUSTO GLOBAL

15 ANOS?



ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

Custo Inicial (C_0)

Tipo de Solução

$\Delta U \leftrightarrow \Delta \text{€}$

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA



ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA



ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

$$C_{e,n} = C_{e,i} \cdot (1 + \alpha')^n$$

$C_{e,i}$ - Custo actual da Energia [€/kWh]

α' - Taxa de variação do custo da energia

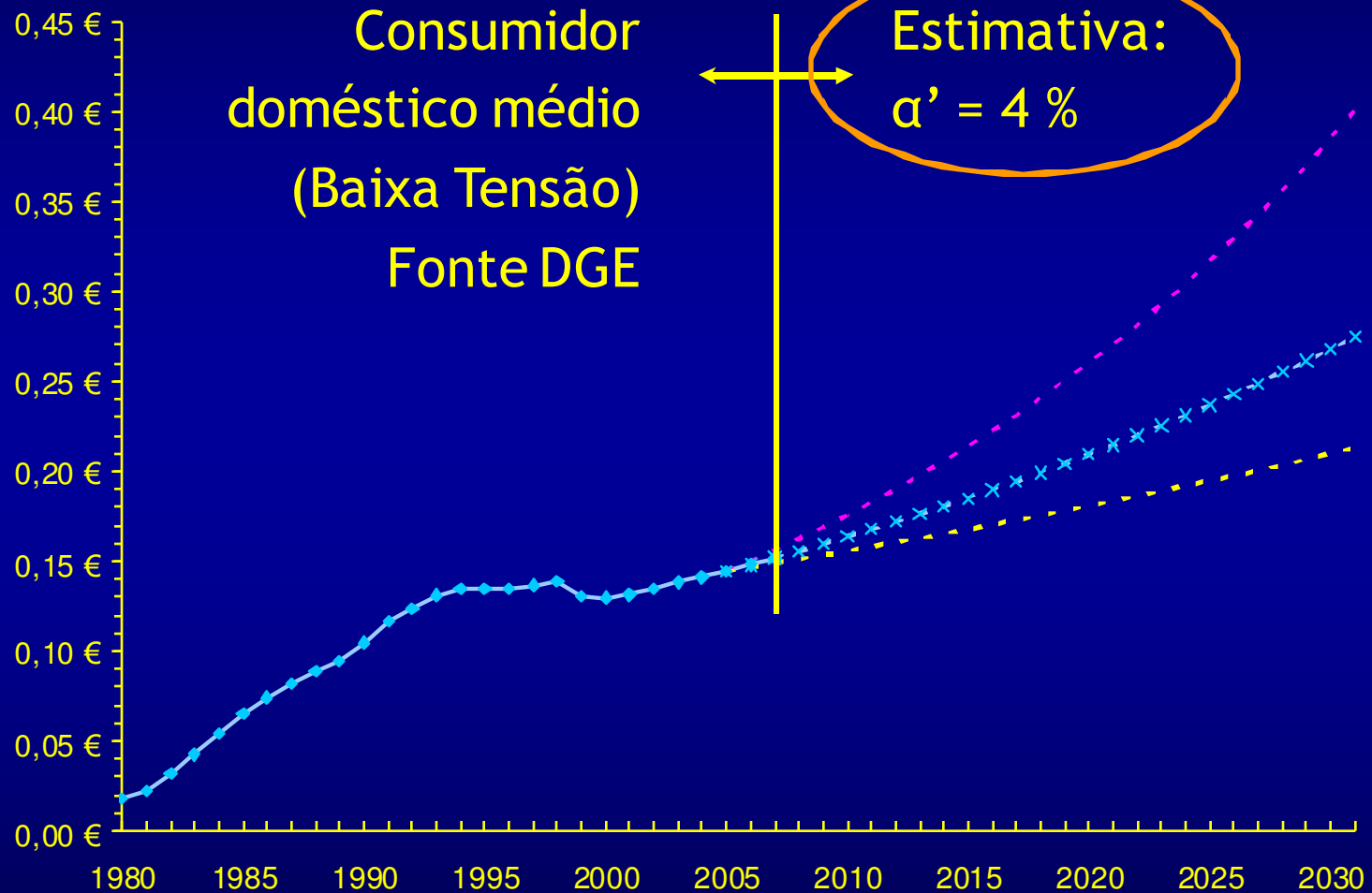


n - Ano n

NOTA: Considerando aquecimento contínuo com sistemas eléctricos de eficiência 100 %

CUSTO DA ENERGIA ELÉCTRICA

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA



ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

$$C_{\text{exp},n} = (Q \cdot C_{e,n}) / (1 + \alpha)^n$$

Q - Perdas de Energia [kWh]

$C_{e,n}$ - Custo da Energia no ano n [€/kWh]

α - Taxa de Capitalização



n - Ano n

CUSTO EXPLORAÇÃO NO ANO n

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

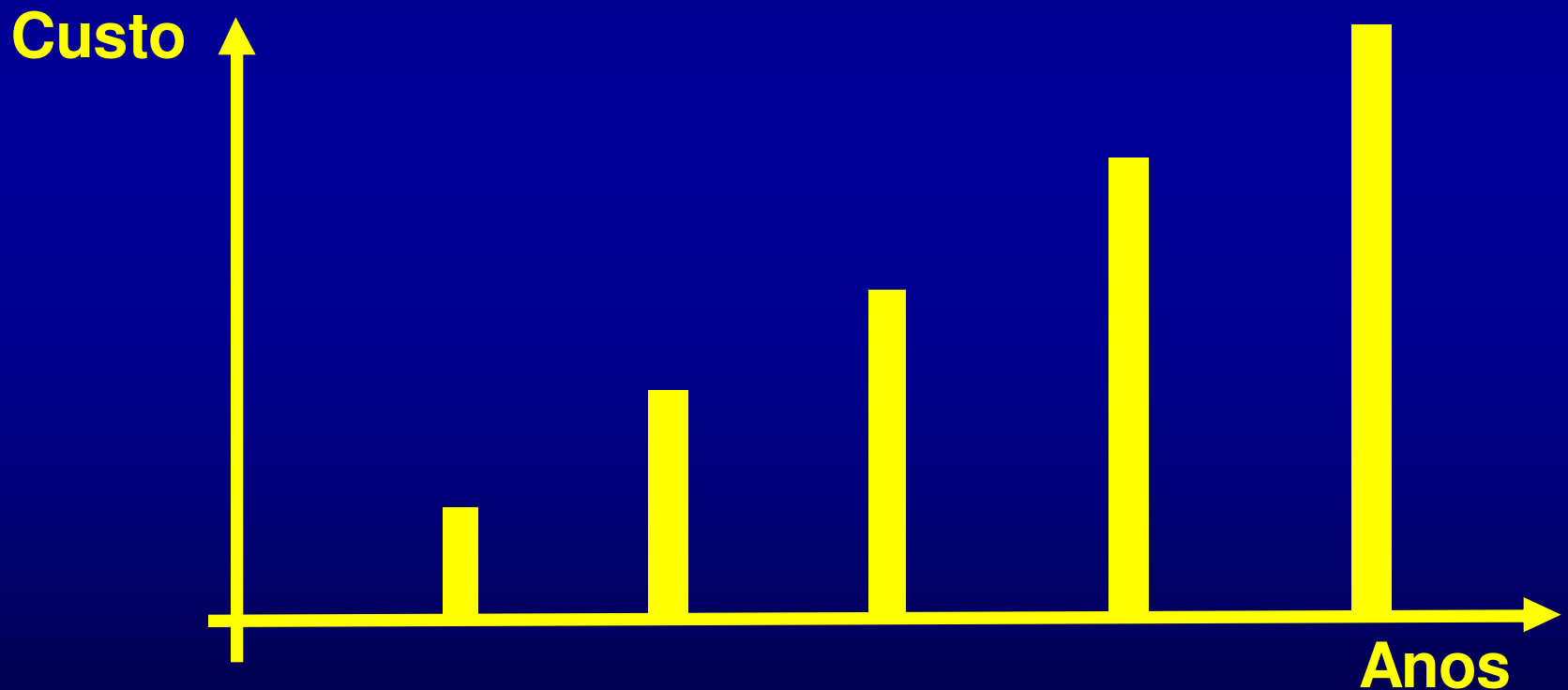


Fonte: Banco de Portugal

TAXA DE CAPITALIZAÇÃO

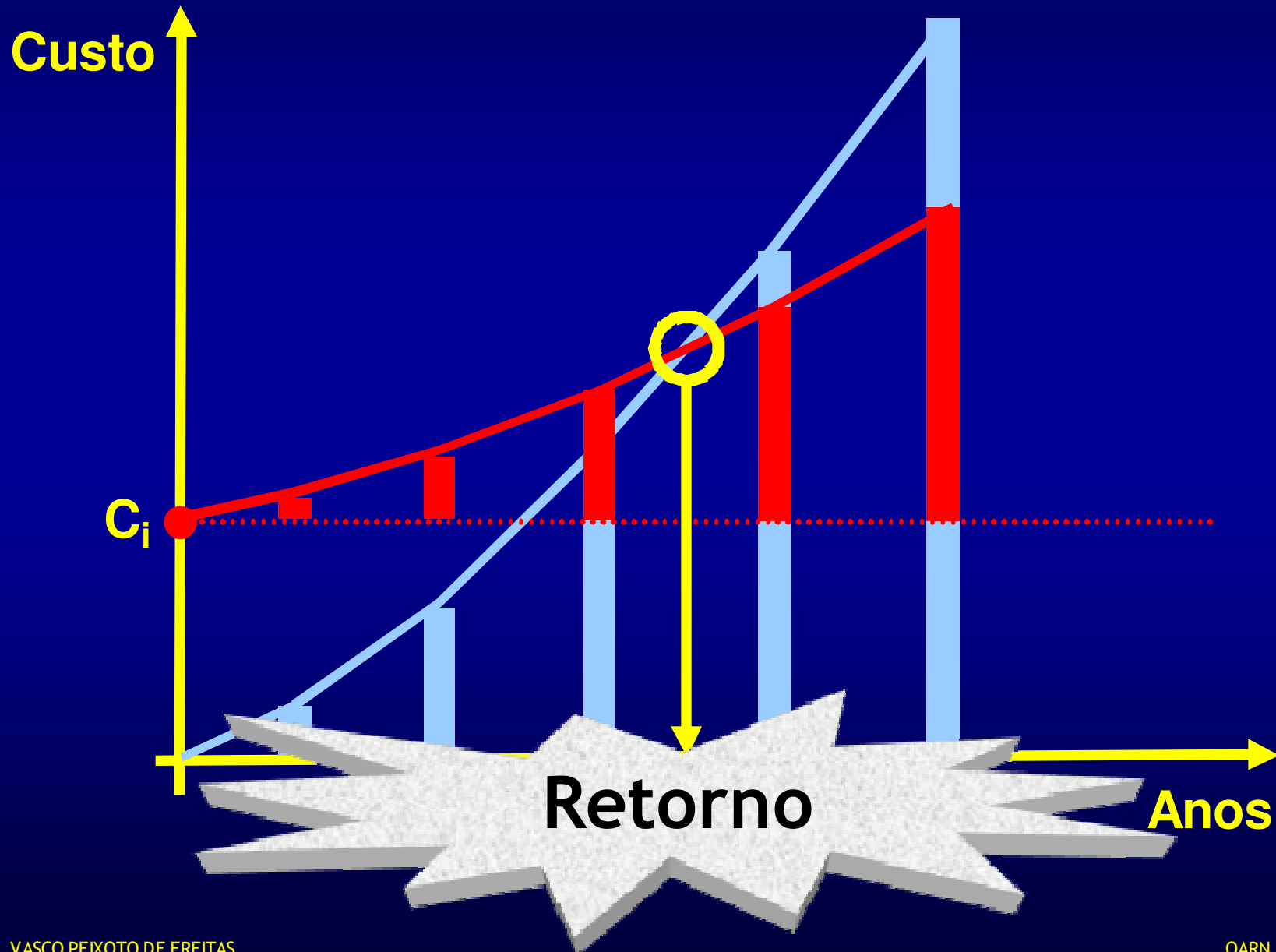
ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{exp},1} + C_{\text{exp},2} + \dots + C_{\text{exp},n}$$



CUSTO EXPLORAÇÃO

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA



EXEMPLO

OPTITERM - EXEMPLO

OPTITERM Aplicação

OPTITERM - EXEMPLO

VIDRO / CAIXILHARIA



RETORNO DO INVESTIMENTO

OPTITERM - EXEMPLO

1. ΔU VIDRO

2. $\Delta\epsilon$

3. CUSTO ENERGIA - VARIAÇÃO

4. GRAUS-DIAS - ZONA CLIMÁTICA

5. CUSTO DO DINHEIRO

OPTITERM - EXEMPLO

6. - VARIAÇÃO CUSTO DA ENERGIA

7. - CUSTO ACTUAL DA ENERGIA

8. CUSTO DO INVESTIMENTO (m^2)

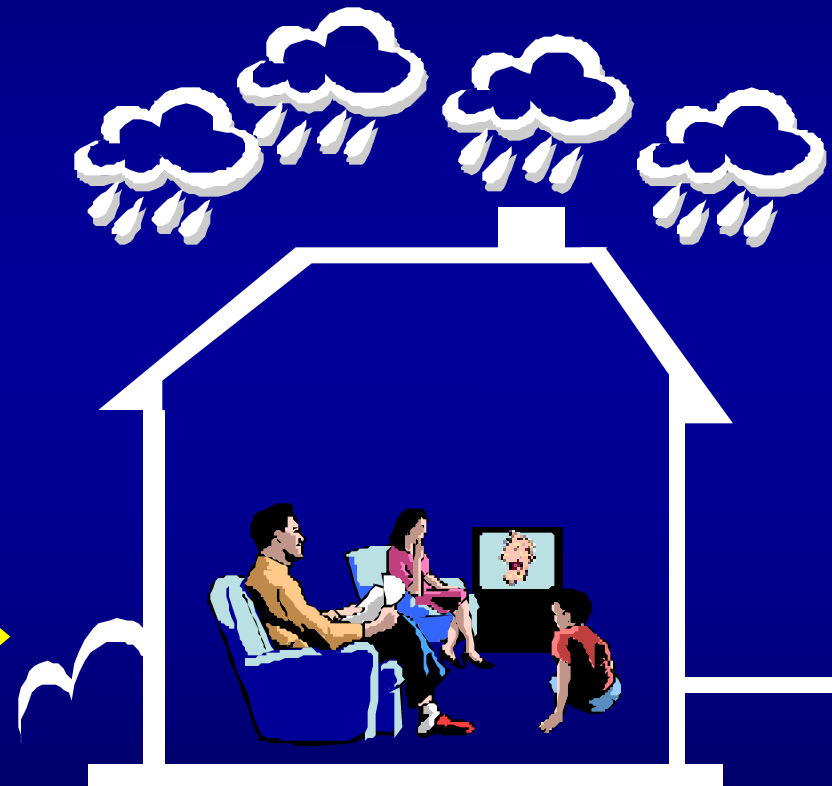
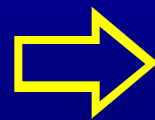
9. U - FINAL ($W/m^2.K$)

10 . PERIODO DE RETORNO

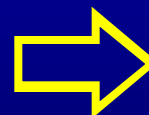
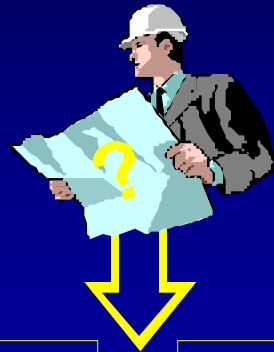
V

CONCLUSÕES

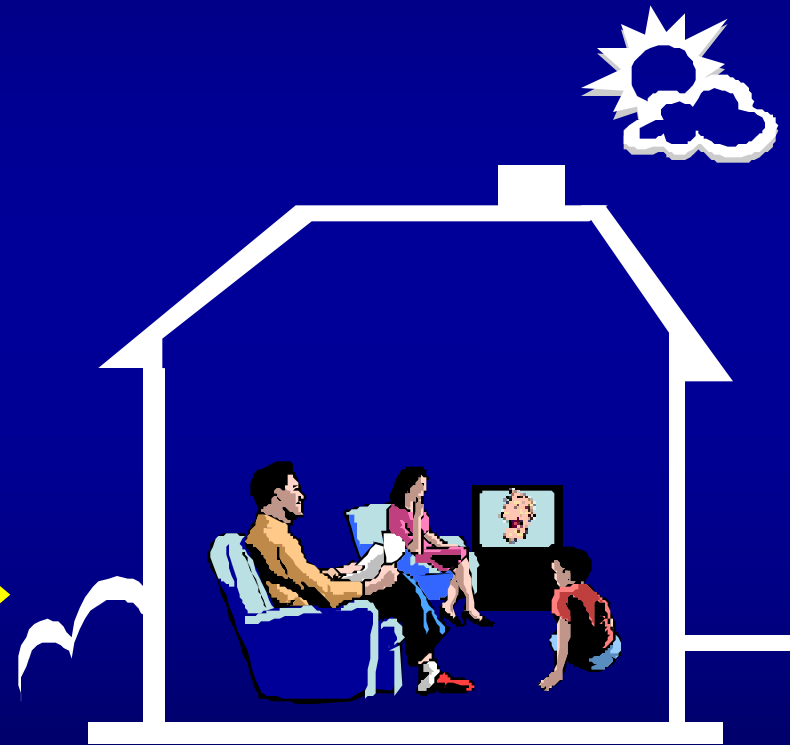
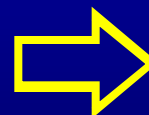
Conclusão



Conclusão



Conclusão



**EFICIENCIA
ENERGÉTICA e
CONFORTO**

Obrigado pela vossa atenção..

