



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS
Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes
e Instalações

Proc. 0809/11/17795

ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO

**Contribuições para o projeto de norma de “Seleção
de caixilharia em função da sua exposição”**

Estudo realizado no âmbito do PIP

Lisboa • maio de 2013

I&D EDIFÍCIOS

RELATÓRIO 148/2013 – DED/NAICI

**ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO**
**Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função
da sua exposição”**

RESUMO

No âmbito dos trabalhos da CT 98, que se encontra a preparar o projeto de norma Portuguesa para a especificação das características de desempenho da caixilharia em função da sua exposição, foi efetuada a elaboração do texto preliminar do capítulo sobre as características de desempenho térmico. Neste documento apresenta-se a proposta do LNEC.

ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO
Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função da sua
exposição”

SPECIFICATION OF THERMAL PERFORMANCE OF WINDOWS, PEDESTRIAN
DOORSETS AND CURTAIN WALLS WITH GLASS
Proposal to the draft standard about “Selection based on their exposure”

CARACTÉRISTIQUES DE PERFORMANCES THERMIQUES DE FENÊTRES,
PORTES EXTERIEURS POUR PIETONS ET FAÇADES LÉGÈRES
Contributions pour le projet de norme de “Sélection en fonction de leur exposition”

**ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO**
Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função
da sua exposição”

ÍNDICE

1 - ASPETOS GERAIS	1
2 - METODOLOGIA PARA DEFINIR O COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA CAIXILHARIA.....	2
2.1 - Isolamento térmico da envolvente	2
2.2 - Balanço térmico da fachada	4
2.2.1 - Aplicável a vidro duplo incolor.....	4
2.2.2 - Vidros não incolores.....	8
3 - FATOR SOLAR	10
BIBLIOGRAFIA.....	11
ANEXO A - PROPOSTA PARA A ESPECIFICAÇÃO DAS CARATERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO	12
1 - DESEMPENHO TÉRMICO	12
1.1 - Aspectos gerais.....	12
1.2 - Coeficiente de transmissão térmica.....	13
1.3 - Fator solar.....	16
REFERÊNCIAS.....	16

**ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO**
**Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função
da sua exposição”**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Variação do coeficiente de transmissão térmica da janela para assegurar um nível de isolamento térmico equivalente ao da fachada de referência	3
Figura 2 - Variação do coeficiente de transmissão térmica da janela protegida por persiana de baixa permeabilidade ao ar para assegurar um nível de isolamento térmico equivalente ao da fachada de referência.....	4
Figura 3 - Coeficiente de transmissão térmica equivalente associado aos ganhos solares ($\eta_{\text{médio}}$).....	5
Figura 4 - Coeficiente de transmissão térmica equivalente associado aos ganhos solares ($\eta_{\text{mínimo}}$)	6
Figura 5 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vão não sombreados ($\eta_{\text{mínimo}}$)	7
Figura 6 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos não sombreados ($\eta_{\text{médio}}$).....	7

**ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO**
**Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função
da sua exposição”**

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Coeficientes de transmissão térmica de referência para elementos exteriores.....	2
Quadro 2 - Fator de utilização de ganhos de calor.....	5
Quadro 3 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos que não são sombreados	8
Quadro 4 - Fator de utilização de ganhos de calor relacionado com diversos fatores solares.....	9
Quadro 5 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos que não são sombreados	9
Quadro 6 - Valor máximo do fator solar do vão g_{max}	10

**ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
JANELAS, PORTAS E FACHADAS LEVES COM VIDRO**
**Contribuições para o projeto de norma de “Seleção de caixilharia em função da
sua exposição”**

1 - ASPETOS GERAIS

No âmbito dos trabalhos da CT 98, que se encontra a preparar o projeto de norma Portuguesa destinada a apoiar a especificação das características de desempenho da caixilharia em função da sua exposição, foi efetuada a revisão do capítulo sobre as características de desempenho térmico. No anexo A apresentam-se as contribuições do LNEC.

Parte relevante destas contribuições resultam de estudos realizados no LNEC [1], [2], [3] e [4].

De forma a permitir uma seleção simples das características de desempenho térmico das janelas, na ausência de informação específica do projeto de desempenho térmico dos edifícios, recomenda-se que sejam selecionadas características compatíveis com o nível de isolamento térmico de referência para fachadas indicado no RCCTE [5], com base nos princípios definidos no capítulo 2 deste documento.

2 - METODOLOGIA PARA DEFINIR O COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA CAIXILHARIA

2.1 - Isolamento térmico da envolvente

Como foi referido no ponto anterior, para permitir uma seleção simples das características de desempenho térmico das janelas, recomenda-se que sejam selecionadas características compatíveis com o nível de isolamento térmico de referência para fachadas indicado no RCCTE [5]. No RCCTE, a solução de referência, que permite dispensar a verificação detalhada nas habitações unifamiliares com área útil menor que A_{mv} (50 m^2), implica, entre outros fatores:

- que a área de janelas não exceda 15% da área útil de pavimento;
- que os coeficientes de transmissão térmica não sejam superiores aos indicados no Quadro 1, para os elementos opacos exteriores e para os envidraçados exteriores.

Estas condições para o nível de isolamento e para a área envidraçada foram adotadas para estabelecer os valores limites das necessidades nominais de referência de aquecimento N_i . No cálculo de N_i não foram incluídos os ganhos solares através dos vãos envidraçados [6].

Quadro 1 - Coeficientes de transmissão térmica de referência para elementos exteriores

Zona climática	I1	I2	I3	RA
Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	1,40
Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	0,80
Envidraçados	4,30	3,30	3,30	4,30

Devido à diferença de isolamento térmico entre as paredes e os envidraçados e ao efeito dos ganhos solares, regista-se um impacto muito importante da área das janelas no comportamento térmico dos edifícios [3]. Assim, nesta proposta de método simplificado considerou-se importante incrementar o nível de desempenho térmico da caixilharia quando ocorre o aumento da área envidraçada acima do valor de referência de 15% da área útil de pavimento. Para esse efeito, admitiu-se que o compartimento tem uma profundidade igual ao dobro do pé-direito. Assim, sempre que a área envidraçada seja superior a 15% da área de pavimento, para assegurar um nível de isolamento térmico da fachada equivalente ao do edifício de referência do RCCTE o valor do coeficiente de transmissão térmica da janela deve satisfazer à inequação (1).

$$U_{\text{wdn}} \leq \frac{0,15 \times U_{\text{wdn ref}} + \left(\frac{A_{\text{env}}}{A_u} - 0,15\right) \times U_{\text{p ref}}}{\frac{A_{\text{env}}}{A_u}} \quad (1)$$

Em que:

U_{wdn} - é o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);

$U_{\text{wdn ref}}$ - é o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite de referência do vão envidraçado ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);

U_p - é o coeficiente de transmissão térmica das zonas opacas verticais ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);

A_{env}/A_u - é a relação entre a área dos vãos envidraçados e a área útil de pavimento.

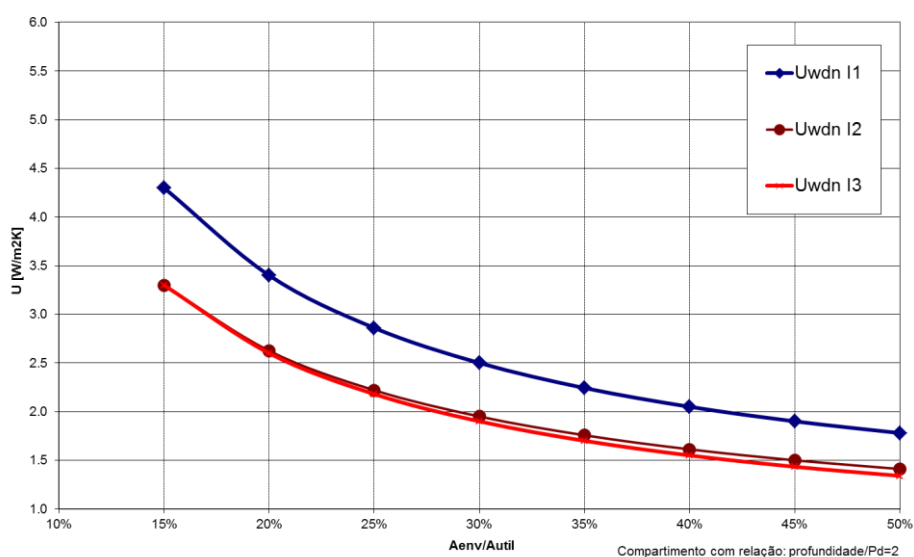


Figura 1 - Variação do coeficiente de transmissão térmica da janela para assegurar um nível de isolamento térmico equivalente ao da fachada de referência

Se for ido em conta que os valores da Figura 1 correspondem ao coeficiente de transmissão térmica médio dia noite e que a janela se encontra protegida por uma persiana com baixa permeabilidade ao ar, então o valor máximo admissível para o coeficiente de transmissão térmica da janela pode ser superior e deve estar de acordo com o indicado na Figura 2.

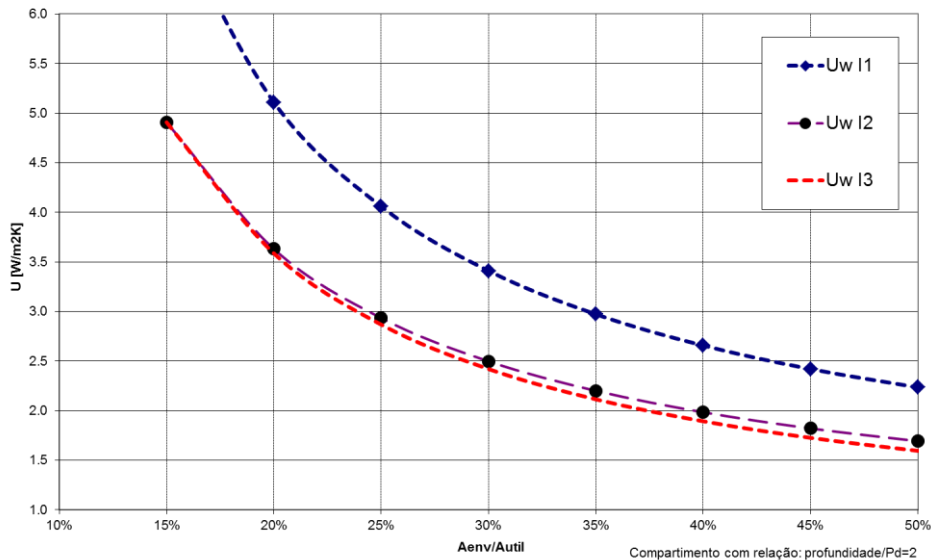


Figura 2 - Variação do coeficiente de transmissão térmica da janela protegida por persiana de baixa permeabilidade ao ar para assegurar um nível de isolamento térmico equivalente ao da fachada de referência

2.2 - Balanço térmico da fachada

2.2.1 - Aplicável a vidro duplo incolor

Atendendo a que nos envidraçados além das perdas térmicas por condução existem os ganhos solares, é possível exprimir a contribuição desses ganhos solares como um coeficiente de transmissão térmica equivalente dado pela expressão (2) [7].

$$U_{w \text{ eq gs}} = \frac{F_s \cdot F_g \cdot F_w \cdot g \times \eta \times E}{0,024 \times GD} \quad (2)$$

Em que:

$U_{w \text{ eq gs}}$ - é o coeficiente de transmissão térmica equivalente relacionado com os ganhos solares ($W/(m^2 \cdot K)$);

F_s - é o fator de obstrução;

F_g - é a fração envidraçada;

F_w - é o fator de correção da seletividade angular dos envidraçados;

g - é o fator solar do vidro;

η - é o fator de utilização dos ganhos solares;

E - é a energia da radiação solar incidente no envidraçado durante a estação de aquecimento (kWh/m^2);

GD - é o número de graus dias da estação de aquecimento.

Se for considerado que as fachadas devem conduzir a um balanço térmico equivalente ao das fachadas do edifício de referência, o coeficiente de transmissão térmica requerido para as janelas (Quadro 1 e Figura 1) poderá ser acrescido do valor correspondente ao do efeito dos ganhos solares dado pela expressão 2.

Assumindo que o vão envidraçado não tem sombras exteriores ($F_s=0,9$), que se trata de caixilharia com uma fração envidraçada (F_g) de 70%, de preenchimento de vidro duplo incolor ($F_w=0,90$, $g=0,63$), que existe um aproveitamento dos ganhos de calor dado pelo fator indicado no Quadro 2 de acordo com a zona climática, é possível estimar o efeito dos ganhos solares para as diversas zonas climáticas através da expressão 2. Os resultados dessa avaliação são apresentados na Figura 3 para $\eta_{\text{médio}}$ e na Figura 4 para o $\eta_{\text{mínimo}}$.

Quadro 2 - Fator de utilização de ganhos de calor

Zona climática	I1	I2	I3	Açores	Madeira
η (mínimo)	0,40	0,50	0,60	0,55	0,65
η (médio)	0,75	0,80	0,85	0,85	0,90

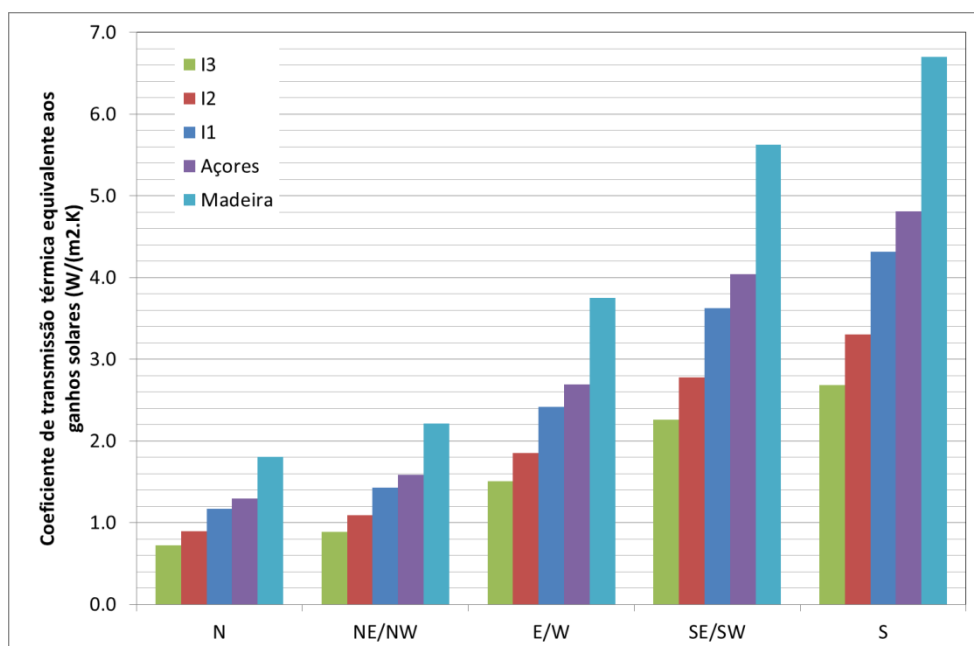


Figura 3 - Coeficiente de transmissão térmica equivalente associado aos ganhos solares ($\eta_{\text{médio}}$)

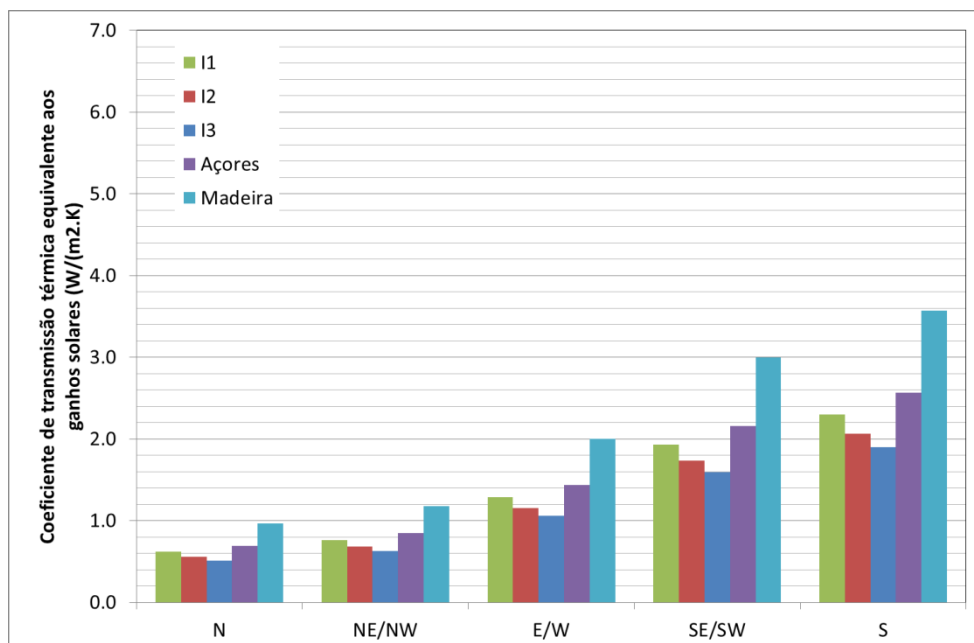


Figura 4 - Coeficiente de transmissão térmica equivalente associado aos ganhos solares ($\eta_{\text{mínimo}}$)

Da Figura 3 e da Figura 4 é perceptível o efeito e o potencial de aquecimento associado aos ganhos solares pelos envidraçados, principalmente nas fachadas do quadrante sul. Nas fachadas a norte o efeito dos ganhos solares (radiação difusa) corresponde a cerca de 0,4 a 1,0 $W/(m^2.K)$, podendo nos envidraçados expostos a sul os ganhos solares compensarem praticamente as perdas térmicas ($U_{w\text{eq}\text{gs}}=2,0$ a 4,0 $W/(m^2.K)$ e $U_{\text{wdn}}=3,3$ $W/(m^2.K)$). Da comparação dos resultados das figuras, verifica-se que dependendo da inércia térmica e do isolamento térmico da envolvente, os ganhos solares na situação mais conservativa ($\eta_{\text{mínimo}}$) se traduzem numa redução de $U_{w\text{eq}\text{gs}}$ em cerca de 30% a 50% face à situação menos conservativa de aproveitamento dos ganhos solares ($\eta_{\text{médio}}$).

De forma a ponderar de forma racional o efeito dos ganhos solares, considera-se que em todos os vãos existem pelo menos os ganhos solares associados à radiação difusa. Para os vãos não sombreados, foi calculado o potencial de aumento do coeficiente de transmissão térmica das janelas para permitir que exista um balanço térmico nas fachadas equivalente ao do edifício de referência do RCCTE. Os resultados são apresentados na Figura 5 e na Figura 6, para a condição mais conservativa do fator de utilização dos ganhos de calor ($\eta_{\text{mínimo}}$) e para uma situação média ($\eta_{\text{médio}}$). Com base nesses resultados é determinado o fator aditivo indicado no Quadro 3.

Para assegurar uma maior generalidade dos resultados, sempre que os envidraçados não sejam sombreados por elementos exteriores, considera-se que deve ser adotado o fator de utilização de ganhos solares mínimo indicado no Quadro 2, podendo o coeficiente de transmissão térmica U_w indicado no Quadro 1 e na Figura 1 ser acrescido do valor indicado no Quadro 3.

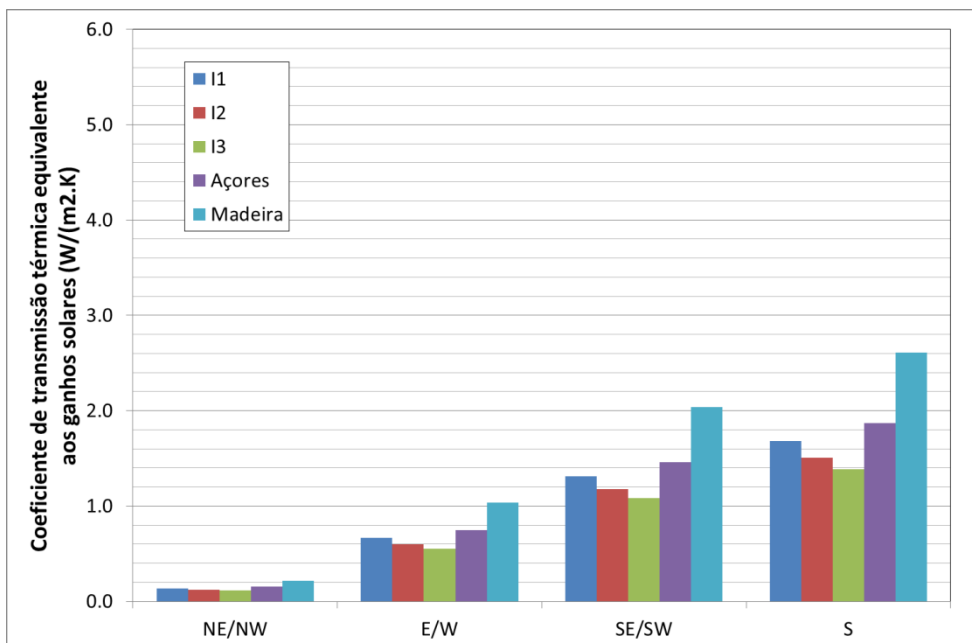


Figura 5 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vão não sombreados ($\eta_{\text{mínimo}}$)

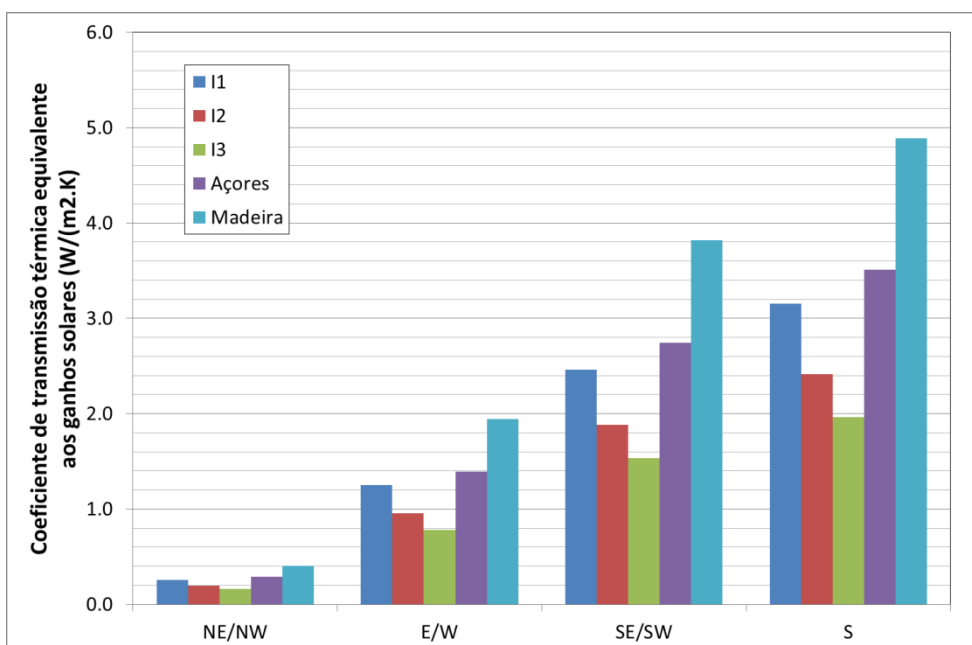


Figura 6 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos não sombreados ($\eta_{\text{médio}}$)

Quadro 3 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos que não são sombreados

Exposição	NE/NW	E/W	SE/SW	S
Fator aditivo $\eta_{\text{mínimo}}$	0,1	0,6	1,2	1,5
Fator aditivo $\eta_{\text{médio}}$	0,2	1,0	2,0	2,5

Exemplo:

Considerando que as janelas ocupam 15% da área de pavimento, do Quadro 1 resulta que estas deveriam ter um coeficiente de transmissão térmica não superior a $3,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ para um edifício que pertença à zona climática I2. Se essas janelas estiverem expostas a Sul e não tiverem sombras exteriores causadas por edifícios, palas ou outros elementos, então é possível aplicar o fator aditivo de 1,5 indicado no Quadro 3, sendo aceitável selecionar janelas com um coeficiente de transmissão térmica não superior a $4,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

O exemplo anterior evidencia o potencial de compensação (aumento) do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (U_w , U_{cw}) associados ao efeito dos ganhos solares e a um cálculo mais refinado do balanço térmico do edifício para suportar a especificação das características de desempenho térmico das janelas. Esta deverá ser a primeira hipótese a adotar, podendo na ausência de informação mais detalhada seguir-se a metodologia aqui proposta na secção 2.1, a que se poderá adicionar o fator aditivo do Quadro 3, quando os vãos não se encontram sombreados e apenas se pretende assegurar um balanço térmico equivalente ao do edifício de referência.

2.2.2 - Vidros não incolores

O exercício realizado na secção anterior é aplicável a vidro duplo incolor. Para avaliar o efeito de vidros com fator solar diferente no valor de $U_{eq\ gs}$, foi realizado um exercício semelhante ao anterior, considerando fatores solares de 0,45, 0,30 e 0,15. No Quadro 4 apresentam-se os valores do fator de utilização dos ganhos de calor obtidos com cada um dos 4 tipos de vidros, para um fator de utilização de ganhos de calor mínimo e médio. Dos resultados apresentados verifica-se que a redução do fator solar se traduz numa redução dos ganhos solares e numa redução da relação entre os ganhos e as perdas térmicas, que tem como consequência aumentar o fator de utilização dos ganhos de calor, como seria de esperar. No Quadro 5 apresenta-se o valor de $U_{eq\ gs}$ obtido para os quatro tipos de vidro. Uma análise dos resultados evidencia que não existe uma relação linear entre a redução do valor de $U_{eq\ gs}$ e a redução do fator solar do vidro. Contudo, para vidros com fator solar inferior ao do

vidro duplo incolor com cortina ($g=0,63$) verifica-se que se pode obter o $U_{eq\ gs}$ de forma aproximada com base na expressão (3).

$$U_{w\ eq\ gs} = U_{w\ eq\ gs\ vidro\ duplo\ incolor} \times \left(0,2 + 0,8 \frac{g}{0,63} \right) \quad (3)$$

Em que:

$U_{w\ eq\ gs}$ - é o coeficiente de transmissão térmica equivalente da janela com o vidro de baixo fator solar ($W/(m^2.K)$);

$U_{w\ eq\ gs\ vidro\ duplo}$ - é o coeficiente de transmissão térmica equivalente da janela com o vidro duplo incolor indicado no Quadro 3 ($W/(m^2.K)$);

g - é o fator solar do vidro.

Quadro 4 - Fator de utilização de ganhos de calor relacionado com diversos fatores solares

Zona climática	g	I1	I2	I3	Açores	Madeira
η (mínimo)	0,63	0,40	0,50	0,60	0,55	0,65
	0,45	0,50	0,60	0,70	0,65	0,70
	0,30	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80
	0,15	0,70	0,75	0,85	0,80	0,85
η (médio)	0,63	0,75	0,80	0,85	0,85	0,90
	0,45	0,75	0,80	0,90	0,90	0,90
	0,30	0,80	0,85	0,90	0,90	0,95
	0,15	0,85	0,85	0,90	0,90	0,95

Quadro 5 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo tendo em conta os ganhos solares em vãos que não são sombreados

Exposição	g	NE/NW	E/W	SE/SW	S
Fator aditivo $\eta_{mínimo}$	0,63	0,1	0,6	1,2	1,5
	0,45	0,1	0,5	1,0	1,3
	0,30	0,1	0,4	0,7	1,0
	0,15	0,1	0,2	0,4	0,6
Fator aditivo $\eta_{médio}$	0,63	0,2	1,0	2,0	2,5
	0,45	0,2	0,7	1,4	1,8
	0,30	0,1	0,5	1,0	1,3
	0,15	0,1	0,3	0,5	0,7

3 - FATOR SOLAR

Para reduzir o risco de sobreaquecimento interior, no RCCTE encontram-se definidos valores para o fator solar máximo admissível para vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem e sempre que não estejam orientados a norte (Quadro 6 [5]). Os requisitos de proteção solar aumentam com a redução da inércia térmica do edifício e com o aumento da severidade do clima exterior.

Quadro 6 - Valor máximo do fator solar do vão g_{\max}

Zona climática \ Classe de inercia térmica	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Os valores do Quadro 6 foram definidos considerando as áreas típicas de envidraçados de 15% da área útil de pavimento. Quando os envidraçados ocupam aproximadamente a totalidade da fachada exterior e correspondem a cerca de 40% da área de pavimento do espaço, apesar de ser satisfeito o limite deferido no Quadro 6 tal pode traduzir-se em ganhos de calor superiores ao dobro dos da situação de referência e conduzir a sobreaquecimento interior. Assim, como condição limite, considera-se que os valores do Quadro 6 se aplicam a vãos envidraçados que ocupam até 15% da área útil de pavimento do espaço que servem. Para vãos de dimensão superior, o fator solar máximo indicado no Quadro 6 deve ser reduzido de forma proporcional ao aumento da área envidraçada, de acordo com a expressão 4.

$$g < g_{\max} 0,15 \frac{A_u}{A_{\text{env}}} \quad (4)$$

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em janeiro de 2013

VISTOS


AUTORIA

O Chefe do Núcleo de Acústica Iluminação
Componentes e Instalações




João Carlos Viegas

O Diretor do Departamento de
Edifícios



Jorge M. Grandão Lopes



Armando Teófilo Pinto
Eng.º Mecânico
Investigador Auxiliar

BIBLIOGRAFIA

- [1] -Pinto, A.T. - **Comportamento térmico de caixilharia exterior. Coeficientes de transmissão térmica referentes ao mercado nacional.** Lisboa: LNEC, 2002. Relatório n.º 41/2002-NCCp.
- [2] -Pinto, A.T. - **Características térmicas de vãos envidraçados. Análise de aspetos específicos de conforto térmico.** Lisboa: LNEC, 2006. Relatório n.º 110/2006-NCI.
- [3] -Pinto, A.T. - **Aplicação da avaliação do ciclo de vida à análise energética e ambiental de edifícios.** Lisboa: IST, 2008. Dissertação de Doutoramento.
- [4] -Pinto, A.T. - **Reabilitação térmica e energética de vãos envidraçados.** Lisboa: LNEC, 2010. Caderno de edifício n.º 05.
- [5] -Decreto lei n.º 80/2008 - **Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios.** Lisboa: INCM, 2008.
- [6] -Camelo, S., *et al* - **Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios. Manual de apoio à aplicação do RCCTE.** Lisboa: INETI, 2006.
- [7] -Pinto, A. - **Balanço térmico de janelas na estação de aquecimento. Coeficiente de transmissão térmica eficaz de caixilharia, in XI Congresso Ibérico e VI congresso ibero-americano de energia solar.** Congresso organizado pela SPES, Vilamoura, 2002.

ANEXO A - PROPOSTA PARA A ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉRMICO

1 - DESEMPENHO TÉRMICO

1.1 - Aspetos gerais

As janelas, portas, fachadas leves com vidro e elementos de proteção dos vãos devem contribuir para assegurar condições de conforto térmico no interior dos edifícios e para reduzir as necessidades energéticas de climatização quando existem tais equipamentos ou instalações. Estes componentes da construção e respetivos elementos de proteção devem contribuir para que a temperatura superficial interior seja próxima da temperatura interior de conforto e assim limitar fenómenos de desconforto local, bem como a ocorrência de condensações superficiais.

Nas obras de edifícios novos ou sujeitos a grandes reabilitações, a especificação das características de desempenho térmico das janelas, portas e fachadas leves com vidro é baseada no balanço térmico e energético do edifício, cujos pressupostos podem ser encontrados no processo de verificação regulamentar (RCCTE, 2006) ou (RSECE, 2006). Nas restantes obras, a especificação das características térmicas deve basear-se nos princípios da regulamentação, dado que a caixilharia pode ter um impacto relevante nas condições de conforto térmico e nos consumos de energia de climatização.

Como características normalizadas de desempenho térmico das janelas, portas e fachadas leves com vidro, consideram-se:

- Coeficiente de transmissão térmica de janelas (U_w) que pode ser determinado por ensaio (EN 12567-1, EN 12567-2) ou por cálculo (EN ISO 10077-1 e EN ISO 10077-2).
- Coeficiente de transmissão térmica de portas (U_d) que pode ser determinado por ensaio (EN 12567-1, EN 12567-2) ou por cálculo (EN ISO 10077-1 e EN ISO 10077-2)
- Coeficiente de transmissão térmica de fachadas-cortina (U_{cw}) que pode ser determinado por cálculo (EN 13947).
- Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite de janelas¹ (U_{wdn}) que é determinado por cálculo (EN ISO 10077-1), com base nos valores de U_w e nos valores do isolamento térmico proporcionado pela janela com os dispositivos de oclusão do vão (U_{ws}).
- Fator solar do vidro (g) que é determinado por ensaio (EN 410).

¹ O valor do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite de janelas não se encontra incluído no âmbito da marcação CE de janelas e portas.

- Fator solar do vão (g_t) que considera o efeito do vidro e dos dispositivos de proteção solar e que é determinado por cálculo (EN 13363-1 e EN 13363-2).

As características de desempenho térmico destes componentes são relevantes nas situações em que estes servem espaços úteis nos quais se pretendem condições de conforto térmico. Efetivamente, existem situações em que pode não ser necessária caixilharia com características especiais de desempenho térmico, por exemplo:

- Portas e janelas que se destinam a permanecer grande parte do tempo abertas;
- Caixilharia de montras;
- Caixilharia que se destina a espaços do tipo armazéns, estacionamento, etc., sem ocupação humana e sem requisitos de controlo ambiental especiais.

As zonas climáticas utilizadas neste capítulo (I1, I2, I3, V1, V2 e V3) estão definidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE).

Caso os valores seguidamente recomendados não sejam adotados deverá ser realizado um estudo específico que evidencie que os valores característicos da caixilharia instalada são compatíveis com o cumprimento do RCCTE.

1.2 - Coeficiente de transmissão térmica

As exigências de isolamento térmico das janelas (U_w ou U_{wdn}), das portas (U_d) e das fachadas-cortina (U_{cw}) no caso de obras novas devem estar de acordo com as exigências que decorrem do processo de verificação regulamentar de eficiência energética dos edifícios.

Como referência para a especificação de características de desempenho, na ausência de um estudo mais detalhado e para locais em que as janelas tenham uma área até 15% da área de pavimento do compartimento que servem, podem ser adotados os valores máximos de U_{wdn} indicados no quadro 1 e que se referem ao coeficiente de transmissão térmica médio dia noite. No caso de espaços de habitação e locais com ocupação noturna relevante (por exemplo quartos de hotel, lares e enfermarias), se for admitido que os vãos irão ter um dispositivo de oclusão com permeabilidade ao ar baixa e que este dispositivo será fechado durante a noite, o valor do coeficiente de transmissão térmica das janelas (U_w) poderá ser superior. Nesse caso, esse coeficiente não deve exceder o valor U_w indicado no quadro 1, para manter a conformidade com o valor de referência de U_{wdn} do RCCTE.

Quando as janelas tiverem uma dimensão superior a 15% da área de pavimento do compartimento, o valor U deverá ser reduzido de acordo com o indicado na figura 1, para que seja mantido o nível de isolamento térmico de referência da fachada (conjunto formado pela parede e pela janela), face aos valores de referência

regulamentares. Nesta extrapolação foi considerado que a profundidade do espaço é duas vezes o seu pé-direito. Para espaços mais profundos U_{wdn} poderá ser superior ao valor indicado na figura 1 e para espaços de menor profundidade deverá ser menor.

Para as fachadas-leves com vidro apresentarem o mesmo nível de isolamento térmico das fachadas tradicionais, o seu coeficiente de transmissão térmica global não deve ser superior aos valores (U_{cw}) indicados no quadro 1, admitindo que o espaço tem uma profundidade não inferior a duas vezes o pé-direito.

Quadro 1 - Coeficiente de transmissão térmica de referência de janelas

Zona climática	I1	I2	I3	Arquipélagos dos Açores e Madeira
U_{wdn} [W/(m ² .K)] ou U_w [W/(m ² .K)] de janela sem dispositivo de oclusão de permeabilidade ao ar média	4,3	3,3	3,3	4,3
U_w [W/(m ² .K)] janela na qual será aplicado dispositivo de oclusão de permeabilidade ao ar baixa	6,3	4,4	4,4	6,3
U_{cw} [W/(m ² .K)]	1,8	1,4	1,3	2,3

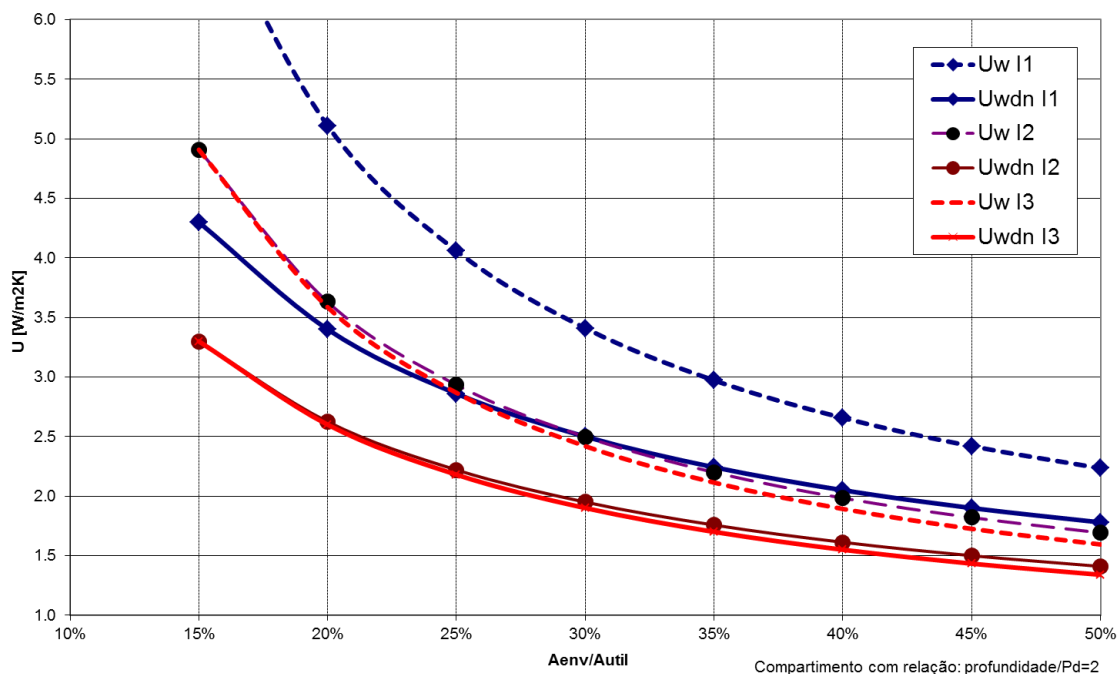


Figura 1 - Coeficiente de transmissão térmica de referência para janelas com área superior a 15% da área útil de pavimento

Se for pretendido evitar a ocorrência de condensações superficiais na caixilharia, para as condições interiores de 18°C e uma taxa de ventilação de 6 l/(s.pessoa), o coeficiente de transmissão térmica da caixilharia não deve exceder o valor indicado no quadro 2, considerando que os ocupantes são a principal fonte de libertação de vapor de água. Se for assegurada uma temperatura interior de 20°C e a taxa de ventilação referida anteriormente é suficiente que o coeficiente de transmissão térmica seja de 4,6 W/(m².K).

Quadro 2 - Valor máximo de U para reduzir o risco de condensação em zona corrente

Zona climática	I1	I2	I3
U [W/(m ² .K)]	3,5	2,9	2,9

No caso de janelas duplas, os valores de isolamento térmico de referência aplicam-se ao vão, o que significa que cada uma das janelas poderá ter um isolamento térmico inferior. Deve ser especificado o valor U_w de cada uma das janelas e das características do espaço de ar com base nos princípios definidos na norma EN ISO 10077-1. Procedimento semelhante pode ser adotado no caso de fachadas de dupla pele.

Caso os vãos não sejam sombreados exteriormente, tenham vidro duplo incolor (fator solar superior a 0,63) e se pretenda assegurar um balanço térmico equivalente ao da fachada de referência, o coeficiente de transmissão térmica do quadro 1 e da figura 1, pode ser acrescido do valor indicado no quadro 3. No caso de serem adotados vidros com fator solar inferior a 0,63 e superior a 0,10, deve ser utilizada a expressão 3 para determinar o fator aditivo a aplicar ao coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados.

Quadro 3 - Fator aditivo de correção do coeficiente de transmissão térmica mínimo de vãos que não são sombreados e com vidro duplo incolor

Exposição	NE/NW	E/W	SE/SW	S
Fator aditivo η _{mínimo}	0,1	0,6	1,2	1,5

$$U_{w \text{ eq gs}} = U_{w \text{ eq gs vidro duplo incolor}} \times \left(0,2 + 0,8 \frac{g}{0,63} \right) \quad (3)$$

1.3 - Fator solar

Na especificação das características de desempenho térmico da caixilharia deve estar incluído o fator solar do vidro. Nos edifícios dominados por necessidades de aquecimento, este parâmetro deve ser tanto maior quanto possível e nos edifícios dominados por necessidades de arrefecimento este parâmetro deve ser tão baixo quanto possível.

Para evitar o risco de sobreaquecimento interior não se encontram especificados limites para o fator solar do vidro, mas sim para o fator solar do vão, isto é, para o conjunto formado pelo vidro e pela proteção solar.

As exigências para o fator solar máximo do vão e do vidro no caso de obras novas devem estar de acordo com as exigências que decorrem do processo de verificação regulamentar de eficiência energética dos edifícios.

No perfil de requisitos da caixilharia exterior deve ser incluído o valor do fator solar do vidro a satisfazer ou a gama de valores satisfatória, pois um valor inferior penaliza o comportamento térmico na estação de aquecimento e um valor superior penaliza o comportamento térmico na estação de arrefecimento.

Na ausência de outra informação, para evitar o risco de sobreaquecimento interior devem ser considerados os limites para o fator solar do vão indicados no quadro 3, para os vãos não expostos a norte e sempre que a área dos vãos esteja compreendida entre 5% e 15% da área de pavimento do compartimento. Para vãos com dimensão superior a 15% da área de pavimento do compartimento que servem o valor do fator solar máximo indicado no quadro 3 deve ser reduzido proporcionalmente ao aumento da área envidraçada, de acordo com a expressão 1.

Quadro 3 - Valor máximo do fator solar do vão g_{max}

Zona climática \ Classe de inercia térmica	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

$$g < g_{max} \cdot 0,15 \frac{A_u}{A_{env}} \quad (1)$$

REFERÊNCIAS

RCCTE, 2006 - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-lei n.º 80/2006.

RSECE, 2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios. Decreto-lei n.º 79/2006.

Pinto, A.T. - Características térmicas de vãos envidraçados. Análise de aspetos específicos de conforto térmico. Lisboa: LNEC, 2006. Relatório n.º 110/2006-NCI.

