

QUANTIFICAÇÃO DO FATOR SOLAR DE VÃOS ENVIDRAÇADOS NO VERÃO

NUNO JOAQUIM DE SOUSA VIEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JULHO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família.

“Nothing behind me, everything ahead of me, as is ever so on the road.”
Jack Kerouac

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao Professor Doutor Vasco Peixoto de Freitas, não só pela excelente orientação e partilha de conhecimento que me concedeu no decurso este trabalho, mas também pela sua disponibilidade e boa disposição com que se fez sempre acompanhar.

A todos os Professores que contribuíram para o meu crescimento e aprendizagem ao longo do curso.

Aos meus amigos e colegas com quem partilhei os últimos anos e que sem eles a vida académica não teria sido uma jornada tão entusiasmante, enriquecedora e inesquecível.

Agradeço à Joana por nunca me ter falhado e por me ter sempre feito acreditar no meu valor.

À minha mãe e ao meu pai, pela dedicação e amor que me nutrem desde o dia em que nasci, para que nada me faltasse e para que tudo estivesse ao meu alcance.

Por fim, ao meu irmão Francisco, o meu mentor e companheiro de estrada.

RESUMO

Os vãos envidraçados são elementos integrantes da fachada dos edifícios, responsáveis pelas transferências de calor entre o ambiente interior e o exterior, assim como agentes principais no conforto térmico e eficiência energética do edifício. A sua arquitetura tem vindo a sofrer alterações ao longo das últimas décadas, como o aumento da sua área e novas soluções construtivas. Contudo, é importante que nos casos de reabilitação urbana se preserve a arquitetura das fachadas, sem colocar em causa a funcionalidade e o conforto da habitação.

A regulamentação térmica tem também sofrido mudanças, com um uso crescente de energias renováveis e uma maior racionalização dos consumos. É importante distinguir que as diretrizes a seguir para construção nova são diferentes das que se seguem para reabilitação urbana, existindo uma regulamentação diferente para cada situação.

A presente dissertação propõe-se a estudar uma metodologia de quantificação do fator solar de vãos envidraçados no verão, com uma aplicação a um caso prático de reabilitação urbana, com o objetivo de avaliar os valores máximo admissíveis de fator solar definidos no Decreto-Lei nº. 95/2019. O caso prático corresponde a um edifício, originalmente localizado na zona histórica do Porto, onde foram estudadas as variáveis pelo qual depende o $g_t máx$ para cada vão envidraçado. Provocou-se uma variação da sua inércia térmica, da orientação das fachadas e da sua zona climática para obter uma visão abrangente das diferentes soluções construtivas que são possíveis implementar nos seus vãos envidraçados.

No final deste trabalho, poder-se-á concluir sobre a adequabilidade do Decreto-Lei nº. 95/2019 e será redigida uma proposta de um novo quadro de valores máximos admissíveis de fator solar. Esta dissertação oferece também um contributo em relação a procedimentos de controlo de qualidade dos vãos envidraçados em serviço, a realizar na fase pós-obra.

PALAVRAS-CHAVE: Fator Solar, Vãos Envidraçados, Conforto Térmico, Reabilitação Urbana, Regulamentação

ABSTRACT

Glazed spans are an integral part of the facade of buildings, responsible for the heat transfers between the interior and the exterior environment, being the main agents regarding the thermal comfort of its users and the energy efficiency of the building. The architecture of the glazed spans has undergone changes over the last few decades with the increase in its area and different construction solutions. However, it is fundamental that in cases of urban rehabilitation the architecture of the facades is preserved without jeopardizing the functionality and comfort of the building.

The regulation of thermal power has also undergone changes, with new energy requirements such as the increasing use of renewable energies and a greater rationalization of energy consumption. It is important to distinguish that the same guidelines to be followed for new construction are not the same for urban rehabilitation, existing different regulations for each of them.

The present dissertation proposes to study a methodology for quantifying the solar factor of glazed spans in the summer and subsequently apply it to a practical case of urban rehabilitation, in order to evaluate the maximum permissible values of solar factor defined in the Decree-Law n.º 95/2019. In a study of a practical case of a building, originally located in the historic area of Porto, the variables on which the $g_t máx$ depends were put to test. Changes were made in the thermal inertia of the building, the orientation of the facades and its climatic zone, in order to obtain a comprehensive view of the different construction solutions that can be implemented in its glazed openings.

At the end of this work, conclusions on the suitability of the Decree-Law n.º 95/2019 on this matter will be drawn and a proposal will be written for a new table of maximum permissible values of solar factor in the summer. Also, this dissertation offers a contribution regarding the necessity of quality control procedures that can be carried out after the construction of the building, to complete the study of the solar factor.

KEY-WORDS: Solar Factor, Glazed Spans, Thermal Comfort, Urban Rehabilitation, Regulation

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
2. REGULAMENTAÇÃO E VÃOS ENVIDRAÇADOS	3
2.1. EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DA TÉRMICA.....	3
2.1.1. ÂMBITO NACIONAL.....	3
2.1.2. ÂMBITO EUROPEU.....	3
2.2. MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	4
2.2.1. Ganhos solares de vãos envidraçados.....	4
2.2.2. Fator solar.....	5
2.2.3. Coeficiente de transmissão térmica.....	5
2.3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	6
2.3.1. COMPOSIÇÃO DO VÃO ENVIDRAÇADO.....	6
2.3.2. VIDRO.....	6
2.3.2.1. Tipos de vidro.....	7
2.3.2.2. Vidros múltiplos.....	9

2.3.3. CAIXILHARIAS.....	9
2.3.4. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR.....	11
3. QUANTIFICAÇÃO DO FATOR SOLAR.....	17
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
3.2. MÉTODO EXPERIMENTAL.....	17
3.3. EN NP 410 – CÁLCULO NUMÉRICO.....	19
3.3.1. INTRODUÇÃO.....	19
3.3.2. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS SOLARES DOS ENVIDRAÇADOS.....	19
3.3.2.1. Fator de transmissão luminosa	19
3.3.2.2. Fator de reflexão luminosa	20
3.3.3. FATOR DE TRANSMISSÃO TOTAL DE ENERGIA SOLAR - FATOR SOLAR.....	21
3.3.3.1. Divisão de fluxo de radiação solar incidente	21
3.3.3.2. Fator de transmissão direta da energia solar	22
3.3.3.3. Fator de reflexão direta da energia solar.....	22
3.3.3.4. Fator de absorção direta da energia solar.....	23
3.3.3.5. Fator de transmissão secundária de calor para o interior	23
3.4. DESPACHO Nº. 15793-K/2013 – CÁLCULO NUMÉRICO.....	25
3.5. WINDOW 7.7. – PROGRAMA DE CÁLCULO NUMÉRICO.....	27
3.5.1. ÂMBITO.....	27
3.5.2. ESTRUTURA DO PROGRAMA	28
3.5.3. DADOS DE ENTRADA.....	28
3.5.4. DADOS DE SAÍDA.....	32
3.6. CONCLUSÃO.....	33

4. CATÁLOGO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	35
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
4.2. TIPIFICAÇÃO DE VIDROS E PROTEÇÕES SOLARES	35
4.2.1. VIDROS.....	35
4.2.2. PROTEÇÕES SOLARES EXTERIORES.....	38
4.2.3. PROTEÇÕES SOLARES INTERIORES.....	40
4.3. COR DA SUPERFÍCIE EXTERIOR DA PROTEÇÃO SOLAR	42
4.4. FATOR SOLAR DAS PROTEÇÕES SOLARES	42
4.5. CATÁLOGO DE FATORES SOLARES DE DIFERENTES VÃOS ENVIDRAÇADOS	44
4.6. VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL DE FATOR SOLAR - $gTm_{\text{Áx}}$	45
4.6.1. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	45
4.6.1.1. Zona climática	46
4.6.1.2. Inércia térmica.....	47
4.6.1.3. Razão entre a área de envidraçado e área de pavimento	49
4.6.1.4. Orientação do vão envidraçado	49
4.6.2. DECRETO-LEI Nº. 95/2019.....	50
4.7. CONCLUSÃO	51
5. MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO CATÁLOGO	53
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	53
5.2. GUIA DE UTILIZAÇÃO PARA A ESCOLHA DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS	53
5.3. CONCLUSÃO	55

6.APLICAÇÃO DO CATÁLOGO AO CASO PRÁTICO	57
6.1. DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS – DECRETO-LEI Nº. 95/2019	57
6.1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	57
6.1.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	58
6.1.3. IDENTIFICAÇÃO DE VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	59
6.1.4. CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO.....	59
6.1.5. RAZÃO DE ÁREA DE ENVIDRAÇADO POR ÁREA DE PAVIMENTO.....	60
6.1.6. VALORES MÁXIMO ADMISSÍVEIS DE FATOR SOLAR – gT_{máx}	61
6.1.6.1. Zona climática de verão – V1	61
6.1.6.2. Zona climática de Verão – V2	64
6.1.6.3. Zona climática de Verão – V3	67
6.2. CONTROLO DE QUALIDADE - MEDIÇÃO DO FATOR SOLAR <i>IN SITU</i>	69
6.3. SÍNTESE	70
6.3.1. PROPOSTA DE NOVO QUADRO DE VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS DE FATOR SOLAR.....	71
7. CONCLUSÃO	75
7.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Decomposição da radiação solar incidente num vão envidraçado [2].....	5
Figura 2 - Elementos constituintes de um vão envidraçado [43].....	6
Figura 3 - Exemplo de vidro espelhado [17].....	7
Figura 4 - Exemplo de vidro temperado [13].....	8
Figura 5 - Exemplo de vidro laminado [25].....	8
Figura 6 - Comportamento do vidro de baixa emissividade [12].....	9
Figura 7 - Exemplo de caixilharia de madeira [10].....	10
Figura 8 - Exemplo de caixilharia de alumínio [14].....	10
Figura 9 - Exemplo de caixilharia em PVC [9].....	11
Figura 10 - Exemplo de caixilharia mista [15].....	11
Figura 11 - Exemplo de estore exterior [37].....	12
Figura 12 - Exemplo de estore veneziano [36].....	13
Figura 13 - Exemplo de portada interior [30].....	13
Figura 14 - Exemplo de tela de rolo interior [34].....	14
Figura 15 - Exemplo de película de vidro [33].....	14
Figura 16 - Exemplo de cortina de tecido [17].....	15
Figura 17 - Decomposição das trocas de calor num vão envidraçado [55].....	18
Figura 18 - Calorímetro usado para o método experimental [42].....	18
Figura 19 – Piranómetro [20].....	19
Figura 20 - Divisão do fluxo de radiação incidente [46].....	22
Figura 21 - Ilustração da condutância térmica [46].....	24
Figura 22 - Manual do vidro <i>Saint-Gobain</i> 2000 [41].....	25
Figura 23 - <i>Environmental Conditions Library - WINDOW 7.7.</i>	28
Figura 24 - <i>Glass Library - Window 7.7.</i>	29
Figura 25 - <i>Gap Library - WINDOW 7.7.</i>	29
Figura 26 - <i>Glazing Sysytem Library - WINDOW 7.7.</i>	30
Figura 27 - <i>Frame Library - WINDOW 7.7.</i>	30
Figura 28 - <i>Divider Library - WINDOW 7.7.</i>	31
Figura 29 - <i>Shading Layer Library - WINDOW 7.7.</i>	31
Figura 30 - <i>Window Library - WINDOW 7.7.</i>	32
Figura 31 - Dados de saída do vão envidraçado no programa <i>WINDOW 7.7.</i>	32

Figura 32 - Zonas climáticas de inverno [50].....	46
Figura 33 - Zonas climáticas de verão [50]	46
Figura 34 - Elementos da envolvente de uma fração autónoma [50].....	47
Figura 35 - Visualização da folha de cálculo <i>Excel</i>	54
Figura 36 - Observação das fachadas do edifício	58
Figura 37 – Piso-tipo para o caso de estudo.....	58
Figura 38 - Legenda dos vãos envidraçados do piso-tipo.....	59
Figura 39 - Cenários possíveis na zona climática V1.....	59
Figura 40 - Cenários possíveis na zona climática V2.....	60
Figura 41 - Cenários possíveis na zona climática V3.....	60

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão [4]	26
Quadro 2 - Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar [4].....	26
Quadro 3 - Tipificação de vidros	36
Quadro 4 - Tipificação de proteções solares exteriores.....	38
Quadro 5 - Tipificação de proteções solares interiores.....	40
Quadro 6 - Cor da superfície exterior da proteção solar e respetivo coeficiente de absorção [50]	42
Quadro 7 - Valores correntes de fator solar de vãos envidraçados e dispositivos de proteção solar com vidro duplo incolor [4]	43
Quadro 8 - Valores correntes de fator solar de vãos envidraçados e dispositivos de proteção solar com vidro simples incolor [4].....	44
Quadro 9 - Catálogo de fatores solares de vãos envidraçados	45
Quadro 10 - Classes de inércia térmica [50].....	47
Quadro 11 - Cálculo da massa superficial de EL1 [50].....	48
Quadro 12 - Cálculo da massa superficial de EL2 [50].....	48
Quadro 13 - Cálculo da massa superficial útil [50].....	49
Quadro 14 - Relação entre área de envidraçado e área de pavimento [3]	49
Quadro 15 - Valores máximos admissíveis de fator solar [3].....	50
Quadro 16 - Célula da folha de cálculo <i>Excel</i> responsável por ativar o catálogo segundo um gtm_{\max}	54
Quadro 17 - Catálogo de soluções construtivas permitidas e não permitidas para um $gtm_{\max} = 0,35$	55
Quadro 18 – Razão de área de envidraçado por área de pavimento dos vãos do caso prático	60
Quadro 19 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V1	61
Quadro 20 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,2	62
Quadro 21 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	62
Quadro 22 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,4	62
Quadro 23 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	63
Quadro 24 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,6	63
Quadro 25 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	64
Quadro 26 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V2	64
Quadro 27 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,15	65
Quadro 28 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	65

Quadro 29 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,35	66
Quadro 30 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	66
Quadro 31 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V3.....	67
Quadro 32 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,10	67
Quadro 33 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	68
Quadro 34 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,30	68
Quadro 35 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas	68
Quadro 36 - Proposta de novo quadro de valores máximos admissíveis de fator solar	72

SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

$g_{\perp,vi}$ – Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão

g_T – Fator solar global

$g_{t,máx}$ – Fator solar máximo admissível

g_{Tvc} – Fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção totalmente ativados

M_{si} – Massa superficial útil (kg/m^2)

m_t – Massa total (kg/m^2)

R_{eE} – Reflexão energética (%)

e – Espessura (mm)

r – Fator de correção

R – Resistência térmica ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

U – Coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \cdot K$)

I_t – Inércia térmica

CEN – Comité Europeu de Normalização

DL – Decreto-Lei

EFTA – *European Free Trade Association*

EN – *European Norm*

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

ESECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FS – Fator solar

GEE – Gases de Efeito Estufa

NP – Norma Portuguesa

PVC – Policloreto de vinilo

PVD – *Physical Vapor Deposition*

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SHGC – *Solar Heat Gain Coefficient*

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

UE – União Europeia

UV – Raios Ultravioleta

VE – Vão Envidraçado

Ref – Referência

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

O vão envidraçado tem um papel importante num edifício, tanto pela luz natural que este permite, como pela sua presença dominante na fachada e conseqüente peso arquitetónico. Desta forma, é possível encontrar diferentes tamanhos e soluções construtivas de vãos envidraçados no mercado. Para além da sua influência estética, é também importante reter o seu impacto no comportamento térmico do edifício e no conforto dos seus utilizadores.

A eficiência energética está diretamente relacionada com as características apresentadas pelos vãos envidraçados, uma vez que existe transferência de calor entre o seu interior e o exterior, dependente do tipo de vidro usado, do material e cor da proteção solar, e também das perdas de calor inerentes a cada tipo de caixilharia. O comportamento de um vão envidraçado relativamente ao aquecimento e arrefecimento de um edifício reitera o maior ou menor gasto de energia pelo utilizador em sistemas técnicos para acomodar a temperatura interior, e é com a necessidade de reduzir esse consumo que as novas diretrizes da térmica de edifícios se preocupam. Esta responsabilidade ambiental resultou numa maior atenção por parte dos vários agentes da indústria da construção, para satisfazer as novas exigências regulamentares e os seus clientes.

O fator solar apresenta-se como uma das propriedades mais importantes a estudar sobre o desempenho de um vão envidraçado num edifício. Este valor é o quociente entre a radiação que é medida na face interior do vão e a medida na face exterior do mesmo, ou seja, qual a percentagem de radiação solar que incide no exterior e que o vão envidraçado permite que seja transferida para o interior. Posto isto, é vantajoso que no verão essa radiação seja impedida de penetrar na fração habitacional, proporcionando um ambiente mais confortável e evitando o uso de sistemas consumidores de energia para arrefecimento.

Embora a determinação do fator solar possa ser conseguida por diferentes caminhos, como será analisado nos capítulos seguintes, cada vão envidraçado terá de respeitar um valor máximo admissível imposto pelo Decreto-Lei nº. 95/2019, que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios. De referir que este estudo é realizado para o verão, por ser a estação mais gravosa na radiação solar incidente.

1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho tem como objetivo analisar de forma crítica e fundamentada o novo quadro de valores máximos admissíveis de fator solar propostos pelo Decreto-Lei n.º. 95/2019, que se aplica à reabilitação de edifícios.

Com a criação de um catálogo de soluções construtivas de vãos envidraçados associadas ao seu respetivo fator solar, será desenvolvida uma metodologia de dimensionamento de vãos envidraçados para aplicar a um caso prático de um edifício sujeito a reabilitação, segundo os valores máximos permitidos no mencionado Decreto. Este estudo terá em atenção a arquitetura original da fachada do edifício e servirá de base às conclusões retiradas sobre esta nova regulamentação.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho divide-se em 7 capítulos, desde a *Introdução*, onde se aborda o seu âmbito e os objetivos a que se propõe, até à *Conclusão*, cuja finalidade é retirar ilações sobre o trabalho e refletir sobre os seus possíveis desenvolvimentos futuros.

No segundo capítulo, *Regulamentação e vãos envidraçados*, explica o enquadramento do trabalho, fazendo referência à regulamentação pela qual incidirá a dissertação, os mecanismos de transferência de calor dos vãos envidraçados e as suas soluções construtivas, de modo a entender melhor o seu comportamento e influência nos edifícios.

Seguidamente, no capítulo 3, *Quantificação do fator solar*, são abordados os diferentes meios de quantificação do fator solar, desde os métodos de cálculo numérico aos experimentais, explicando o seu procedimento, de modo a ser possível avaliar o caminho mais vantajoso em diferentes situações e qual o que é utilizado para abordar este trabalho.

No capítulo 4, *Catálogo de soluções construtivas*, apresenta-se uma proposta de um catálogo de fatores solares de vãos envidraçados, de acordo com o mercado de vidros e proteções solares. Posteriormente, é feita a ligação deste catálogo com o quadro de $g_t máx$ do Decreto-Lei n.º. 95/2019, explicando quais as suas variáveis e a sua aplicabilidade prática.

No seguinte capítulo, *Manual de utilização do catálogo*, é explicado qual o procedimento da folha de cálculo *Excel*, usada para determinar as soluções construtivas de vãos envidraçados permitidas em reabilitação urbana, de acordo com o valor de fator solar máximo admissível que se define no Decreto-Lei n.º. 95/2019 e o catálogo do anterior capítulo.

Com esta metodologia implementada, no capítulo 6, *Aplicação do catálogo ao caso prático*, já é possível aplicá-la a um caso prático de um edifício da zona histórica do Porto, sujeito a diferentes combinações de variáveis, com o objetivo de validar a regulamentação em vigor. Com os resultados deste estudo, será plausível analisar se este documento está adaptado à realidade nacional de reabilitação urbana e averiguar a possibilidade de propor um novo quadro de $g_t máx$.

2

REGULAMENTAÇÃO E VÃOS ENVIDRAÇADOS

2.1. EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DA TÉRMICA

2.1.1. ÂMBITO NACIONAL

Ao longo do tempo, a consciencialização ambiental levou a que a nível nacional houvesse uma maior preocupação em racionalizar os consumos de energia e que esta fosse fornecida cada vez mais através de fontes renováveis. Desta forma, a legislação portuguesa tem como objetivo acompanhar estas novas preocupações e motivar uma evolução nesse sentido, começando com o Decreto-Lei nº. 40/90, que foi publicado no ano de 1990 e onde estas diretrizes começaram a ganhar força [52].

Posteriormente, foi no ano de 2006 que outras exigências foram tomadas em conta e com isso uma maior mudança no paradigma da térmica de edifícios a nível nacional, com o lançamento do Decreto-Lei nº. 78/2006, com a implementação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (SCE), do Decreto-Lei nº. 79/2006 que implementa o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios (ESECE) e também do Decreto-Lei nº. 80/2006 onde se aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [52].

Uns anos mais tarde, surgiu em 2010 a Diretiva 2010/31/UE conhecida por EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*, em que estas orientações de redução de consumo energético ganham mais peso e antevê a publicação do Decreto-Lei nº. 118/2013 em que atualiza o SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e também o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), resultando num importante passo no plano da eficiência energética [4].

Recentemente, no ano de 2019 as exigências térmicas aplicadas à reabilitação urbana foram reavaliadas com a saída do Decreto-Lei nº. 95/2019, que está atualmente em vigor. Este documento estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, numa altura em que é dada muita atenção a estas obras e que têm tido um grande crescimento, que remete à importância da necessidade de estabelecer as condições necessárias para garantir uma melhor habitabilidade e maior eficiência energética das habitações [3].

2.1.2. ÂMBITO EUROPEU

A nível europeu, destaca-se o CEN - Comité Europeu de Normalização, que foi fundado em 1961 pelos organismos nacionais europeus de normalização dos países da União Europeia e da EFTA - *European Free Trade Association*.

Os membros nacionais elaboram em conjunto Normas Europeias (EN) em vários setores, com o objetivo de desenvolver um mercado interno europeu de bens e serviços. Algumas normas são de aplicação voluntária, enquanto outras são integradas na legislação da União Europeia [19].

A União Europeia no ano de 2000 aprovou um plano de eficiência energética a aplicar em edifícios, resultando no nascimento dois anos mais tarde da Diretiva 2002/91/CE, que surgiu com a intenção de promover então um melhor desempenho térmico dos edifícios da Comunidade Europeia, não descurando da rentabilidade económica.

Posteriormente, em maio de 2010 a Diretiva 2010/31/EU, a EPBD surge com o plano de em 2020 ser alcançada uma redução de 20% em emissões de GEE, reduzir 20% o consumo de energia primária e que 20% do consumo final bruto da União Europeia seja fornecida através de fontes de energias renováveis [5].

A Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu relativa à eficiência energética, alterou as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revogou as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. Esta diretiva, estabeleceu um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União Europeia, a fim de assegurar a realização do objetivo da União Europeia, que consistia em atingir 20 % em matéria de eficiência energética até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio, para além dessa data [52].

Pouco tempo mais tarde, o Parlamento Europeu e o Conselho Europeu revogou e alterou diretivas passadas e determinou uma série de novas medidas de promoção de eficiência energética na União Europeia, com o objetivo de garantir que o que se propôs previamente a atingir em 2020 seria realizado com sucesso, assim como o seu futuro pós 2020.

Mais recentemente, já em 2018 o Parlamento Europeu e do Conselho Europeu publicou a Diretiva (UE) que veio com a intenção de alterar a Diretiva 2010/31/EU relativamente ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE em relação à eficiência energética dos mesmos, reunindo sistemas de controlo e automatização de modo a fiscalizar artificialmente os sistemas e avaliar tecnologicamente os índices de rentabilidade do edifício, cujas infraestruturas tem a nomenclatura de *e-mobility* [6].

2.2. MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

2.2.1. GANHOS SOLARES DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Como ilustra a Figura 1, os ganhos solares dos vãos envidraçados podem resultar por três caminhos distintos: radiação, convecção e condução.

A radiação acontece quando duas superfícies estão a temperaturas diferentes. De uma forma geral, a radiação total que incide num vão envidraçado é decomposta em três frações. Uma parte é transmitida instantaneamente para o interior, outra é imediatamente refletida para o exterior e sendo a terceira parte absorvida pelo vidro. Esta última parte que é absorvida pelo vidro será ainda dividida, pois uma parcela é enviada para o interior e outra segue para o exterior, devido a fenómenos de convecção e radiação [52]. A emissividade é uma característica da superfície dos corpos - quanto mais reduzida for a emissividade, mais reduzida é a transferência de calor por radiação [2].

A convecção é o comportamento das transferências de calor entre uma superfície sólida e um gás, quando estes apresentam diferenças de temperatura. Desta forma, se um fluido estiver a ser aquecido, são formadas correntes de convecção de modo a transferir calor até se atingir equilíbrio térmico [2].

Por fim, a condução é a transferência de calor através de elementos sólidos [2].

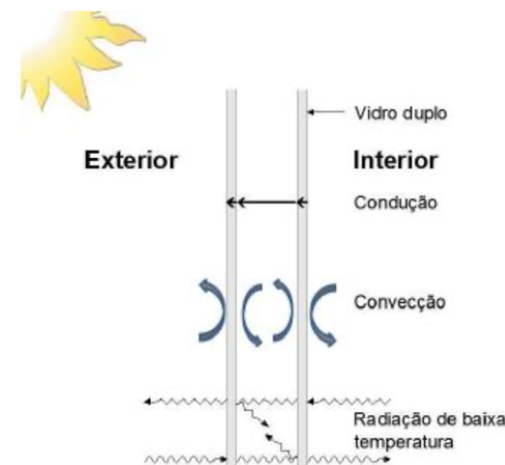


Figura 1 – Decomposição da radiação solar incidente num vão envidraçado [2]

2.2.2. FATOR SOLAR

O **fator solar** (FS) é um dos mais importantes índices de desempenho energético de vidros e janelas. Esta propriedade é dada como um número adimensional entre 0 e 1 e o valor pode ser especificado apenas para o vidro ou ser indicado para todo o conjunto do vão envidraçado [7]. O conhecimento do FS permite a elaboração de projetos de edificações melhores e mais eficientes.

Indicado correntemente pela letra *g*, o fator solar de um vão envidraçado é a razão entre a energia total que entra num local através desse vão e a energia solar incidente nele. Quanto mais baixo for o fator solar, menos importante são os ganhos solares [7]. Com a incidência direta de radiação em vãos envidraçados, é necessário escolher soluções de dispositivos de proteção solar que satisfaçam as exigências regulamentares do fator solar de modo a controlarem a radiação incidente no vidro.

Este valor depende do comportamento da proteção solar, em que na estação de aquecimento o fator solar é encontrado admitindo que os dispositivos de proteção solar móveis estão completamente abertos, com o objetivo de maximizar os ganhos solares por radiação. Por outro lado, os ganhos solares terão de ser menores na estação de arrefecimento de modo a evitar sobreaquecimento no interior do edifício, onde os dispositivos de proteção solar móveis encontram-se ativos numa fração tempo, dependendo a sua orientação [41].

2.2.3. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

O **coeficiente de transmissão térmica** de um elemento da envolvente é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente, por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa [50].

O coeficiente de transmissão térmica, U ($W/m^2.K$), de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela fórmula 2.1. [50].

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (2.1.)$$

Sendo:

R_j – Resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

R_{si}, R_{se} – Resistência térmica superficial interior e exterior, respetivamente ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

O valor de U é influenciado pela resistência das camadas do elemento, como os vidros, as suas espessuras e qual o tipo de gás presente entre os mesmos. Quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica, mais baixo será também o fluxo de calor [51].

2.3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

2.3.1. COMPOSIÇÃO DO VÃO ENVIDRAÇADO

A escolha dos vãos envidraçados é realizada com o objetivo de garantir o conforto térmico para o utilizador do edifício, controlar a incidência solar, fornecer soluções que garantam ventilação adequada e também que seja arquitetonicamente bem enquadrado. Para esse dimensionamento, há que ter em consideração os elementos constituintes dos vãos como representa a Figura 2 [43].

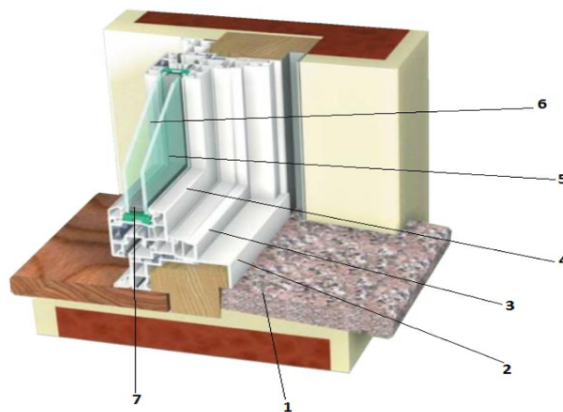


Figura 2 - Elementos constituintes de um vão envidraçado [43]

1. Peitoril;
2. Pré-aro;
3. Aro fixo;
4. Folha, caixilho ou aro móvel;
5. Vidro;
6. Caixa-de-ar;
7. Perfil intercalar ou espaçador.

2.3.2. VIDRO

O **vidro** é um material obtido a partir da fusão de algumas substâncias inorgânicas, em geral areia de sílica e óxidos metálicos secos pulverizados ou granulados. Durante o processo de fusão forma-se uma massa viscosa, transparente e homogênea a temperaturas superiores a $1.000\ ^\circ C$ [47].

2.3.2.1. Tipos de vidro

Os vãos envidraçados poderão ser munidos de diferentes tipos de vidro, ou simples ou múltiplos. A utilização dos primeiros tem vindo a diminuir, pelo que em regra geral são os vidros múltiplos – em particular, o duplo – que atualmente são mais utilizados pela sua elevada resistência térmica.

De referir também, que entre as folhas do vidro, está presente uma camada de ar e de gases – ar, argon, cripton ou xénon – com influência no comportamento do vão envidraçado. Contudo, os vidros triplos quando implementados, conseguem ainda uma passagem menor de luz solar [24].

A seguir, serão discriminados os tipos de vidros duplos que se entendem como os mais relevantes para a presente temática [11]:

Os **vidros espelhados**, controlam a reflexão da luz e o calor, reduzindo até 80% da entrada de calor por radiação solar para o interior do ambiente, o que corresponde a um excelente isolamento térmico. Funciona como barreira contra os raios ultravioleta (UV) quando este é laminado e oferece maior privacidade para os ambientes interiores bloqueando a visão de quem está no exterior.



Figura 3 - Exemplo de vidro espelhado [17]

Com **vidros temperados**, não há necessidade de fechar os estores ou cortinas para proteger-se do calor, de olhares alheios e a luminosidade interior permanece inalterada. Existe uma grande procura por este vidro, sendo como primeiro critério de compra a capacidade de proteção solar, pois apesar de permitir a penetração da luz solar, estes filtram quase 100% UV e evitam ofuscamentos.



Figura 4 - Exemplo de vidro temperado [13]

O **vidro laminado** é composto por duas ou mais placas de vidro unidas com uma tela de *polivinil burital* ou PVB, e é essa película que lhe dá uma ótima resistência e segurança. Este material oferece boa resistência a impactos acidentais, um bom isolamento acústico e é também um excelente aliado contra os raios ultravioleta.

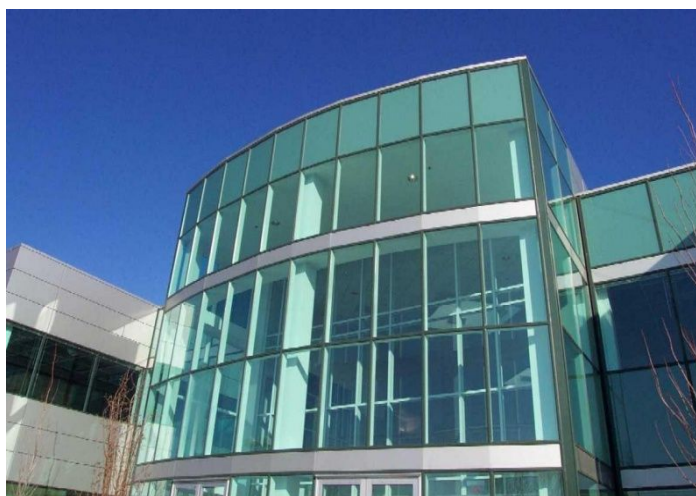


Figura 5 - Exemplo de vidro laminado [25]

Por fim, os **vidros de baixa emissividade** (*Low E*), durante as suas fabricações são munidos de uma película de óxido metálico que permite reduzir as perdas térmicas ou os ganhos solares através do envidraçado, não afetando a transmissão de luz solar no edifício.

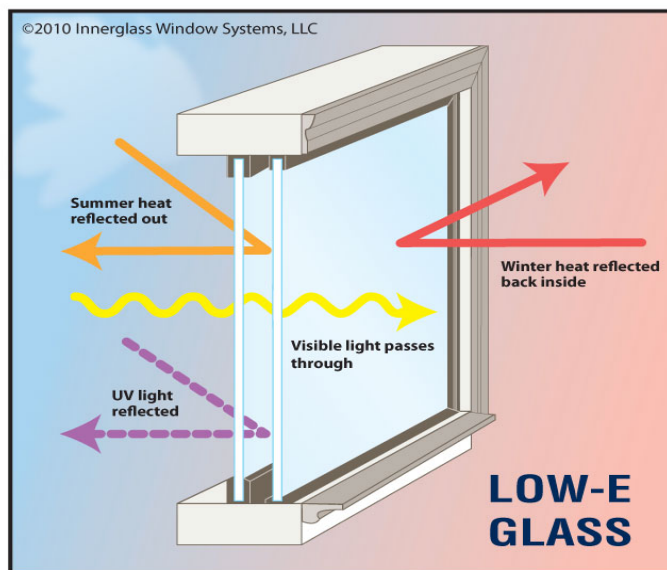


Figura 6 - Comportamento do vidro de baixa emissividade [12]

2.3.2.2. Vidros múltiplos

Entre as folhas dos vidros múltiplos, existe um espaço de ar que é composto por ar atmosférico normal com oxigênio e azoto, de modo a ajudar no comportamento térmico que o vão envidraçado vai desempenhar. Para que este seja superior, é possível que esse espaço de ar seja preenchido com diferentes gases densos, como o argônio, o cripton e o xénon, que apresentam uma baixa condução de calor, que conseqüentemente resulta em melhores condições de isolamento devido à redução das trocas de calor. A grande desvantagem destes gases é a sua viabilidade econômica, pois apresentam preços elevados em relação ao ar atmosférico [24].

2.3.3. CAIXILHARIAS

A caixilharia é uma tecnologia que tem como função assegurar o suporte dos painéis de vidro e isolar acusticamente e termicamente o edifício. Existem diferentes materiais que compõem as caixilharias, como é apresentado de seguida [48]:

Começando pela **madeira**, tendo sido este dos primeiros materiais utilizados no fabrico de caixilharias devido à sua abundância na natureza e facilidade de trabalhar. Como principais características do material é a sua durabilidade quando bem cuidada e o bom comportamento térmico para benefício dos edifícios. Com a evolução dos tempos, as caixilharias de madeira começaram a ser alvo de alterações e combinações com materiais sintéticos. Atualmente, este material tem vindo a sofrer uma diminuição em detrimento do alumínio e do PVC.



Figura 7 - Exemplo de caixilharia de madeira [10]

Mais recentemente, existem as caixilharias **metálicas**, que podem ser compostas por ferro ou alumínio, sendo o primeiro mais caro e de difícil manuseio, que a somar à ineficácia do seu isolamento térmico e acústico, resulta numa baixa utilização em edifícios. Em contrapartida, o alumínio é leve, resistente, apresenta generosa durabilidade e uma manipulação fácil, existindo numa vasta gama de opções estéticas para o cliente. Contudo, existem também desvantagens, como a sua alta condutibilidade térmica, que resulta numa deficiência na proteção no edifício. De salientar que no capítulo de caixilharias de alumínio, é possível dividir em dois subcapítulos – com corte térmico e sem corte térmico.



Figura 8 - Exemplo de caixilharia de alumínio [14]

As caixilharias **sem corte térmico**, apresentam uma tecnologia de alumínio simples, ao invés que as caixilharias **com corte térmico** apresentam dois perfis de alumínio, independentes entre si, apenas com uma ligação em poliamida com o objetivo de fornecer um melhor isolamento térmico.

As caixilharias fabricadas em **plástico** – particularmente em PVC -, fornecem leveza e versatilidade, um bom isolamento, seja térmico e acústico, boa resistência ao choque, a agentes químicos e atmosféricos, e também é vantajoso para o ambiente por ser um material reciclável. Estas vantagens fazem com que este material seja muito procurado no mercado em detrimento dos demais estudados anteriormente.



Figura 9 - Exemplo de caixilharia em PVC [9]

Por fim, a caixilharia **mista ou composta**, que consegue misturar diferentes materiais dos acima referidos. Desta forma, a presente caixilharia visa beneficiar das qualidades de cada uma das vantagens atribuídas aos diferentes materiais que a constituem, tanto de carácter estético como técnico. Esta solução não é ainda abundante no mercado, mas tem vindo a aparecer em catálogos de forma gradual.

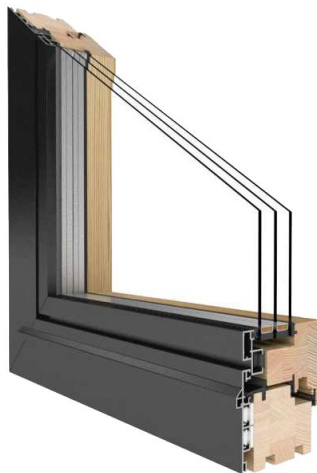


Figura 10 - Exemplo de caixilharia mista [15]

2.3.4. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR

A presença de vãos envidraçados serve para estabelecer a ligação entre o interior e o exterior do edifício, o que acarreta com as diferentes naturezas inerentes nesse ambiente, como a luz, a visibilidade dos espaços e as trocas de calor entre interior e exterior. Na estação de arrefecimento, é importante não permitir a transferência de calor do exterior para o interior, de modo a favorecer o conforto térmico dos

utilizadores. Na estação de aquecimento é importante proteger o interior do edifício das temperaturas baixas presentes no ambiente exterior e assim impedir perdas de calor.

A tecnologia responsável por essa regulação térmica são os dispositivos de proteção solar, que têm a capacidade de impedir trocas de calor indesejadas e aumentar a eficiência energética dos edifícios, pois reduzem o fator solar e o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado. Estes dispositivos podem apresentar uma série de características distintas, seja em material usado, a sua localização no vão envidraçado – exteriores, interiores ou intermédias - e se são fixos ou móveis. De seguida, serão apresentados os dispositivos mais comuns do mercado e respetivas características [48].

Começando pelo **estore ou persiana**, que pode ser colocado do lado exterior ou interior, ressalvando que apresentam mais eficácia do lado exterior pois impedem que os raios solares atinjam o vidro e que dessa forma diminuem o calor que entra para o espaço entre o vidro e a proteção. Em contrapartida, as proteções solares colocadas pelo interior, somente servem de proteção após os raios solares já terem atravessado o vidro e entrarem para o interior do edifício, proporcionando um efeito de estufa desagradável no que respeita o conforto do utilizador. Esta solução é constituída por uma série de réguas horizontais – de madeira, alumínio ou plástico -, móveis através de um rolo que é possível regular verticalmente.



Figura 11 - Exemplo de estore exterior [37]

Ainda na família dos estores, seguem-se os **estores venezianos**, que podem ser instalados no exterior e no interior do edifício, sendo que essa opção irá resultar numa escolha diferente dos materiais e dimensões das lâminas. Este sistema é também amovível, com a possibilidade de regular a incidência de luz através da orientação das lâminas, assim como fazer a recolha total ou parcial das mesmas através de um rolo que as recolhe mediante um processo manual ou automático.



Figura 12 - Exemplo de estore veneziano [36]

Outro dispositivo comum são as **portadas**, colocadas quer no interior como no exterior, sendo as de batente as mais usadas, que por norma conseguem selar completamente a entrada de luz solar e oferecer mais segurança ao edifício. Esta solução também é fabricada em diversos tipos de materiais – madeira, alumínio e plástico.



Figura 13 - Exemplo de portada interior [30]

Mais um dispositivo que funciona no interior e no exterior é a **tela de rolo**, amovível, flexível e com uma superfície regular. Também estes são mais eficazes na sua colocação pelo exterior, porque a sua utilização pelo interior tem apenas como função principal bloquear a entrada de luz e uma componente estética, existindo no mercado uma grande variedade de cores e padrões.

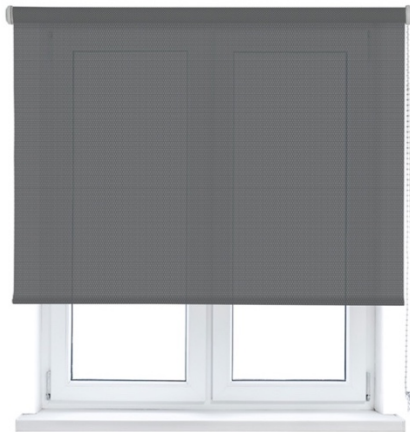


Figura 14 - Exemplo de tela de rolo interior [34]

As **películas**, que são cuidadosamente aplicadas sobre o vidro, funcionam como complemento de proteção no verão, reduzindo o calor solar e rejeitando os raios infravermelhos até 98%.

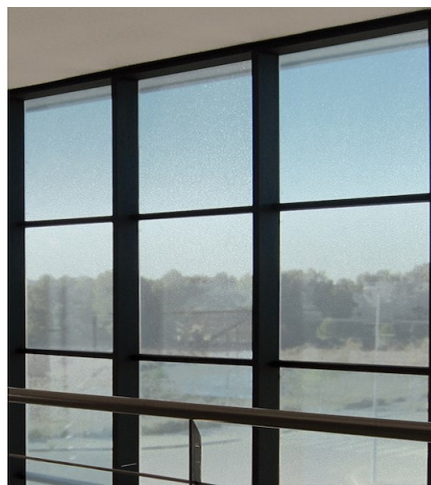


Figura 15 - Exemplo de película de vidro [33]

Por fim, existe o sistema de **cortinas de tecido** que é uma proteção usada pelo interior e regra geral está acompanhada de um outro dispositivo de proteção mais eficaz, pois a sua utilização é essencialmente por motivos de privacidade, para impedir a entrada da luz solar no edifício e por questões decorativas, daí também a sua existência em diferentes cores e padrões.



Figura 16 - Exemplo de cortina de tecido [17]

3

QUANTIFICAÇÃO DO FATOR SOLAR

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A quantificação do fator solar em vãos envidraçados pode resultar de diferentes metodologias, nomeadamente através do cálculo numérico ou da experimentação, sendo que cada um destes métodos está subdividido em vários formatos como será analisado mais adiante. O método de cálculo é utilizado na fase de conceção para dimensionar as soluções construtivas, enquanto que o método experimental é idealmente usado na fase pós-obra para realizar o seu controlo de qualidade ou em laboratório pelos investigadores e fabricantes para catalogarem os seus produtos.

Esta quantificação é importante para analisar a conformidade dos valores determinados na fase de projeto para haver garantias que estão em conformidade com a regulamentação térmica em vigor, para decidir quais as soluções construtivas que melhor se adequam e o maior conforto que podem trazer ao edifício.

As diferentes metodologias serão aprofundadas nos seguintes capítulos, com o objetivo de esclarecer a aplicabilidade e a funcionalidade de cada uma.

3.2. MÉTODO EXPERIMENTAL

Um dos caminhos para calcular experimentalmente o fator solar de vãos envidraçados obtém-se através da contabilização das trocas de calor, por radiação e convecção, assim como pela radiação que incide no vão. Como se pode verificar pela Figura 17, este é um método bastante complexo que envolve cálculo, uso de termopares e de piranómetros, e que por estas razões apresenta-se com pouco interesse prático para esta dissertação [39].

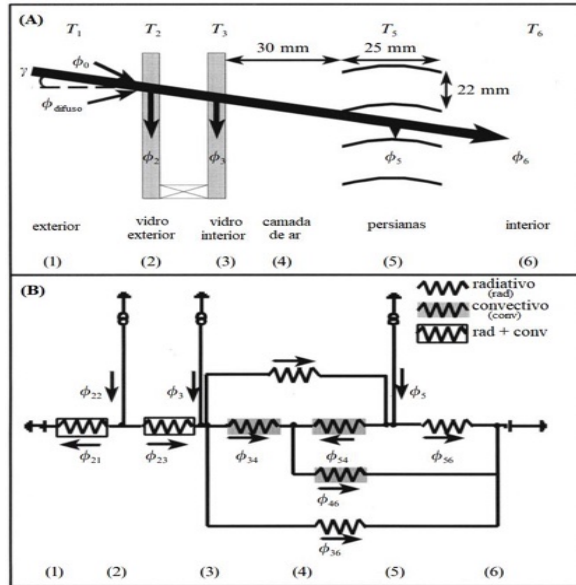


Figura 17 - Decomposição das trocas de calor num vão envidraçado [55]

O **calorímetro** é usado num outro método experimental possível de aplicar. Este é um aparelho utilizado *in situ* com a capacidade de calcular o calor específico de determinada substância, sendo possível através dele analisar as trocas de calor entre diferentes corpos a diferentes temperaturas. A quantidade de calor ganho é calculada tendo em conta a energia que a placa absorveu, as perdas de calor pelas paredes e considerando também as fugas de ar e energia elétrica [42].

O uso deste sistema pode ser realizado para estudar os fatores solar de diferentes vidros quando combinados com diferentes proteções solares ou isolados. Esta via possibilita que os vãos envidraçados sejam testados em diferentes localizações, sujeito a diferentes de radiação solar e seus ângulos de incidência, fornecendo um estudo mais alargado sobre o comportamento do vão. Contudo, é de salientar que a aplicação deste método é morosa e complexa.



Figura 18 - Calorímetro usado para o método experimental [42]

Outra via possível é pela utilização de um **piranómetro**, que é um equipamento usado para medir a radiação solar numa superfície plana e é projetado para medir a densidade de fluxo da radiação solar (W/m^2). Um piranómetro típico não requer nenhuma energia para operar [20]. Existe a possibilidade de medir a radiação solar na parte interior do envidraçado e posteriormente medir a radiação na parte exterior, ora com dispositivo de proteção ativo ou desativado, de modo a calcular o seu quociente e desta forma obter o valor do fator solar. O princípio de funcionamento de um piranómetro é assente na diferença de temperatura de duas superfícies [40]. O sensor é baseado numa termopilha protegida por uma cúpula de vidro e isso permite que o piranómetro opere em qualquer condição climática e seja colocado em qualquer lugar [40].



Figura 19 – Piranómetro [20]

3.3. EN NP 410 – CÁLCULO NUMÉRICO

3.3.1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de obter o valor de fator solar de vãos envidraçados através do seu cálculo numérico, foi desenvolvida a **EN NP 410 - Determinação de características luminosas e solares dos envidraçados**, onde é possível consultar o método standard de cálculo das características luminosas e solares, e conseqüentemente do fator solar. Esta mesma norma, incide em vãos envidraçados convencionais - vidros simples e múltiplos. É segundo esta metodologia que os fabricantes determinam o fator solar do vidro que estão a comercializar, presente nos seus catálogos comerciais [46].

3.3.2. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS SOLARES DOS ENVIDRAÇADOS

3.3.2.1. Fator de transmissão luminosa

A equação 3.1. permite determinar o **fator de transmissão luminosa (τ_V)** de um envidraçado.

$$\tau_V = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=780nm} D_{\lambda} \tau(\lambda) V(\lambda) \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=780nm} D_{\lambda} V(\lambda) \Delta(\lambda)} \quad (3.1.)$$

Onde:

$D\lambda$ é a distribuição espectral relativa do iluminante normalizado D65;

$\tau(\lambda)$ corresponde ao fator de transmissão espectral;

$V(\lambda)$ corresponde à eficiência luminosa relativa espectral para a visão fotópica;

$\Delta\lambda$ corresponde ao intervalo de comprimento de onda.

Os valores a atribuir a $D\lambda$, $V(\lambda)$ e $\Delta\lambda$ podem ser consultados na tabela 1 da referida norma.

Para **envidraçados duplos**, os fatores de transmissão espectral $\tau(\lambda)$ determinam-se pela equação 3.2.

$$\tau(\lambda) = \frac{\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho'_2(\lambda)} \quad (3.2.)$$

Onde:

$\tau_1(\lambda)$ e $\tau_2(\lambda)$ correspondem ao fator de transmissão espectral do vidro exterior e interior respectivamente;

$\rho'_1(\lambda)$ corresponde ao fator de reflexão espectral do vidro exterior, medido na direção oposta à radiação incidente;

$\rho_2(\lambda)$ corresponde ao fator de reflexão espectral do vidro interior, medido na direção da radiação incidente.

3.3.2.2. Fator de reflexão luminosa

Os valores para o **fator de reflexão luminosa (ρ_V)** podem ser obtidos pela equação 3.3.

$$\rho_V = \frac{\sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=780nm} D_{\lambda} \rho(\lambda) V(\lambda) \Delta(\lambda)}{\sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=780nm} D_{\lambda} V(\lambda) \Delta(\lambda)} \quad (3.3.)$$

Onde:

$D\lambda$, $V(\lambda)$ e $\Delta\lambda$ estão definidos no ponto 3.3.2.1.;

$\rho(\lambda)$ corresponde ao fator de reflexão espectral do envidraçado.

Para **envidraçados duplos**:

$$\rho(\lambda) = \rho(\lambda) + \frac{\tau_1^2(\lambda)\rho_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho'_2(\lambda)} \quad (3.4.)$$

Onde:

$\tau_1(\lambda)$, $\rho_2(\lambda)$ e $\rho'_1(\lambda)$ são definidos no ponto 3.3.2.1.;

$\rho_1(\lambda)$ corresponde ao fator de reflexão espectral do vidro exterior, medido na direção da radiação incidente.

3.3.3. FATOR DE TRANSMISSÃO TOTAL DE ENERGIA SOLAR - FATOR SOLAR

O **fator de transmissão total da energia (g)**, é determinado pela soma do fator de transmissão direta da energia solar (τ_e), com o fator de transmissão secundária de calor (q_i) do envidraçado relativamente ao interior.

$$g = \tau_e + q_i \quad (3.5.)$$

3.3.3.1. Divisão de fluxo de radiação solar incidente

O fluxo de energia solar incidente (φ_e), é dividido em três partes (Figura 20):

- a) Parcela transmitida ($\tau_e\varphi_e$);
- b) Parcela refletida ($\rho_e\varphi_e$);
- c) Parcela absorvida ($\alpha_e\varphi_e$);

Onde:

τ_e corresponde ao fator de transmissão direta da energia solar;

ρ_e corresponde ao fator de reflexão direta da energia solar;

α_e corresponde ao fator de absorção direta da energia solar.

As três características relacionam-se da seguinte maneira:

$$\tau_e + \rho_e + \alpha_e = 1 \quad (3.6.)$$

A parcela correspondente à absorção direta da energia solar ($\alpha_e\varphi_e$) é dividida em duas partes, energia enviada para o interior ($q_i\varphi_e$) e energia enviada para o exterior ($q_e\varphi_e$):

$$\alpha_e = q_i + q_e \quad (3.7.)$$

Sendo:

q_i e q_e correspondente ao fator de transmissão luminosa secundária de calor do envidraçado enviado para o interior e para o exterior respetivamente:

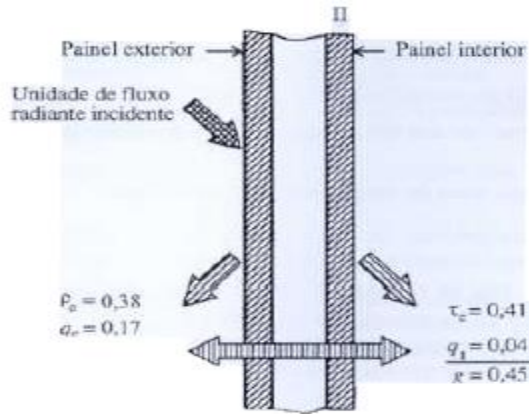


Figura 20 - Divisão do fluxo de radiação incidente [46]

3.3.3.2. Fator de transmissão direta da energia solar

O valor do **fator de transmissão direta da energia solar** (τ_e), é determinado pela equação 3.8.

$$\tau_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=2500nm} S_{\lambda} \tau(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=2500nm} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3.8.)$$

Onde:

S_{λ} é a distribuição espectral relativa da radiação solar;

$\tau(\lambda)$ é o fator de transmissão espectral do envidraçado;

$\Delta\lambda$ é o intervalo de comprimentos de onda.

Para envidraçados múltiplos, o fator de transmissão espectral ($\tau(\lambda)$) é determinado segundo o ponto 3.3.2.1.

3.3.3.3. Fator de reflexão direta da energia solar

O valor do **fator de reflexão direta da energia solar** (ρ_e) de um envidraçado é determinado pela equação 3.9.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=2500nm} S_{\lambda} \rho(\lambda) \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=2500nm} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3.9.)$$

Onde:

S_{λ} é a distribuição espectral relativa da radiação solar;

$\rho(\lambda)$ é o fator de reflexão espectral do envidraçado;

$\Delta\lambda$ é o intervalo de comprimentos de onda.

Para envidraçados múltiplos o fator de reflexão espectral determina-se no subcapítulo 3.3.2.2.

3.3.3.4. Fator de absorção direta da energia solar

O valor deste fator (α_e) é determinado pelas equações (3.6.) e (3.7.) do subcapítulo 3.3.3.1.

3.3.3.5. Fator de transmissão secundária de calor para o interior

Para se determinar o fator de transmissão secundária de calor para o interior (q_i), é necessário saber os coeficientes de transmissão térmica exterior (h_e) e interior (h_i) das superfícies dos envidraçados.

Em condições médias, convencionais, obtém-se os seguintes valores normalizados:

$$h_e = 23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.10.)$$

$$h_i = 3,6 + \frac{4,4 \cdot \varepsilon_i}{0,837} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.11.)$$

Onde:

ε_i é a emissividade corrigida da superfície interior do envidraçado.

Para vidros sem revestimentos $\varepsilon_i = 0,837$, logo $h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Para **Envidraçados Simples**, o fator de transmissão secundária de calor para o interior (q_i) é determinado pela equação 3.12.

$$q_i = \alpha_e \frac{h_i}{h_e + h_i} \quad (3.12.)$$

Onde:

α_e é o fator de absorção direta de energia solar;

h_e e h_i são as condutâncias térmicas superficiais exterior e interior respetivamente.

Para **Envidraçados Duplos**, o fator de transmissão secundária de calor para o interior (q_i) é obtido pela equação 3.13.

$$q_i = \frac{\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2} + \frac{\alpha_{e2}}{\lambda}}{h_e}}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{\lambda}} \quad (3.13.)$$

Onde:

α_{e1} é o fator de absorção direta da energia solar do painel exterior dentro do envidraçado duplo;

α_{e2} é o fator de absorção direta da energia solar do painel interior dentro do envidraçado duplo;

Λ é a condutância térmica entre a superfície exterior e a superfície interior do envidraçado duplo (Figura 21).

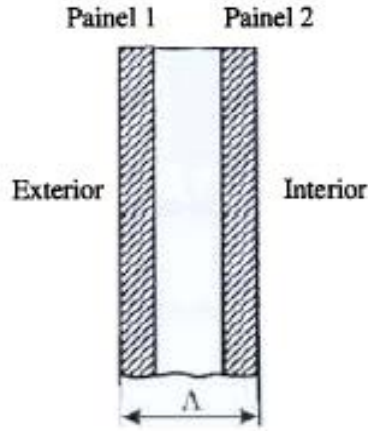


Figura 21 - Ilustração da condutância térmica [46]

Os valores de α_{e1} e α_{e2} podem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_{\lambda} [\alpha_1(\lambda) + \frac{\alpha'_1(\lambda)\tau_1(\lambda)\tau_2(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}] \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3.14.)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_{\lambda} [\frac{\alpha_2(\lambda)\tau_1(\lambda)}{1-\rho'_1(\lambda)\rho_2(\lambda)}] \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=300nm}^{2500nm} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3.15.)$$

Em que:

$\alpha_1(\lambda)$ é o fator de absorção espectral direta do painel exterior, medida na direção da radiação incidente, obtido pela equação:

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda) \quad (3.16.)$$

$\alpha'_1(\lambda)$ é o fator de absorção espectral direta do painel exterior, medido na direção oposta à da radiação incidente, dado pela equação:

$$\alpha'_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho'_1(\lambda) \quad (3.17.)$$

$\alpha_2(\lambda)$ é o fator de absorção espectral direta do segundo painel, medido na direção da radiação incidente, obtido pela equação:

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda) \quad (3.18.)$$

Os valores das condutâncias térmicas (Λ), são obtidos pelo método de cálculo dado pela EN 673 quando possível, ou então, pelo método de medição proposto nas EN 674, EN 675 ou EN 1098.

Após seguir todos os passos acima referidos, é possível obter o valor do fator solar do vidro. Este cálculo é bastante complexo, o que na fase de dimensionamento de vãos envidraçados não representa um problema para o projetista pois este é um dado já fornecido pelo fabricante do vidro, como se pode analisar no catálogo da *Saint-Gobain* 2000 na Figura 22.

PERFORMANCES DOS VIDROS					
6 SGG PLANILUX®					
SAINT-GOBAIN GLASS VISION					
Vidro incolor					
VIDRO SIMPLES					
SGG PLANILUX					
Espessura	mm	2	3	4	5
Peso	kg/m ²	5	7.5	10	12.5
Factores luminosos					
T/	%	91	90	90	89
R/E	%	8	8	8	8
R/I	%	8	8	8	8
UV	T _{UV}	%	70	64	56
Factores energéticos					
T _e	%	87	85	83	81
R _{eE}	%	8	8	8	7
R _{eI}	%	8	8	8	7
A _e	%	5	7	9	12
Factor solar					
	g _{EN 410}	0.88	0.87	0.85	0.84
	g _{ISO 9050 M1}	0.88	0.86	0.85	0.83
	Coef. de sombreamento	1.01	1.00	0.98	0.96

Figura 22 - Manual do vidro *Saint-Gobain* 2000 [41]

3.4. DESPACHO Nº. 15793-K/2013 – CÁLCULO NUMÉRICO

O valor de fator solar de vãos envidraçados pode ser calculado com recurso a quadros, como se encontram no Despacho nº. 15793-K/2013 do Decreto-Lei nº. 118/2013 de 20 de Agosto, que fornecem valores correntes do fator solar de várias composições típicas de vidros, simples ou duplos, quando estes mesmos valores não são fornecidos pelo fabricante, compreendendo vidros planos incolores, coloridos, refletantes e foscos – fator solar indicado como $g_{\perp,vi}$. Os valores fazem uma contabilização corrigida da incidência solar normal à superfície do vão, de acordo com a orientação [4]. O Quadro 1 corresponde ao presente quadro de $g_{\perp,vi}$ do despacho mencionado.

Quadro 1 - Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão [4]

Composição do vidro		$g_{\perp,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)
	Vidro Duplo (ext + int)	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm
Incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm		0,75
Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8 mm		0,60
Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8 mm		0,55
Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8 mm		0,50
Colorido na massa 8mm Incolor 4 a 8 mm		0,45
Refletante Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm		0,52
Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm		0,40
Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm		0,35
Tijolo de Vidro		0,57
Fosco		(1)

Posteriormente, é necessário traduzir a contabilização do fator solar dos dispositivos de proteção solar presentes no vão, seja móvel ou permanente e para vidros simples ou duplos.

Outra contabilização que está incluída nesta segunda tabela, é a cor da proteção – clara, média e escura –, que se define de acordo com o coeficiente de absorção da superfície exterior da proteção. Os valores do fator solar – g_{Tvc} – são distribuídos no Quadro 2 e correspondem ao FS da combinação das proteções solares com um vidro simples incolor corrente cujo $g_{\perp,vi}$ corresponde a 0,85 e um vidro duplo incolor corrente com um $g_{\perp,vi}$ de 0,75 [4].

Quadro 2 - Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar [4]

Tipo de Proteção		g_{Tvc}					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07

Tipo de Proteção		g_{Tvc}					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	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	0,2
Proteções 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
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Por fim, o valor do fator solar global - g_T - de um vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas, calcula-se de acordo com as equações 3.19. e 3.20.

Para vidros simples:

$$g_T = g_{L,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (3.19.)$$

Para vidros duplos:

$$g_T = g_{L,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (3.20.)$$

3.5. WINDOW 7.7. – PROGRAMA DE CÁLCULO NUMÉRICO

3.5.1. ÂMBITO

Este *software* de cálculo foi criado pelo *Lawrence Berkley National Laboratory* (LNB) de acordo com os métodos de cálculo inseridos nas normas europeias, para a obtenção das propriedades dos vãos envidraçados que com ele são calculadas. É uma ferramenta útil na indústria da construção para agilizar processos de cálculo numérico com rigor e com uma acessibilidade livre para qualquer utilizador, tendo sido desenvolvido segundo os algoritmos da ISO 15099 – *Thermal performance of windows, doors and shading devices – detailed calculation*, o que garante a sua fiabilidade [22].

3.5.2. ESTRUTURA DO PROGRAMA

O programa está dividido sobretudo por diferentes bibliotecas, cada uma referente a um elemento distinto do vão envidraçado, de modo a compor uma tecnologia e as condições a que está sujeita, com o objetivo de no fim ser apresentada uma lista de propriedades como resultado final, conforme os dados de entrada escolhidos em cada biblioteca.

Posto isto, as bibliotecas estão discriminadas da seguinte forma:

- *Environmental Conditions Library* (Biblioteca de condições ambientais);
- *Glass Library* (Biblioteca de vidros);
- *Gas Library* (Biblioteca de gás);
- *Glazing System Library* (Biblioteca de sistemas de vidros);
- *Frame Library* (Biblioteca de caixilharias);
- *Divider Library* (Biblioteca de divisões);
- *Shading Layer Library* (Biblioteca dispositivo de proteções solares);
- *Window Library* (Biblioteca de janela).

3.5.3. DADOS DE ENTRADA

O *software* está subdividido em várias bibliotecas, que correspondem às diferentes variáveis que são necessárias definir como dados de entrada, de modo a obter os resultados finais desejados de forma precisa.

No início, é necessário estabelecer as condições ambientais e consequentemente as diretrizes de cálculo que serão prosseguidas, no separador *Environmental Conditions Library*, e como é possível observar pela Figura 23, uma das opções é a normalização CEN [22].

The screenshot shows the 'Environmental Conditions Library' window in 'Detailed View'. The table contains the following data:

ID	Name	U-factor Tin	U-factor Tout	SHGC Tin	SHGC Tout	SHGC Solar
		F	F	F	F	Btu/h-ft2
1	NFRC 100-2010	69.8	-0.4	75.2	89.6	248
2	NFRC 100-2010 Winter	69.8	-0.4	69.8	-0.4	0
3	NFRC 100-2010 Summer	75.2	89.6	75.2	89.6	248
4	CEN	68.0	32.0	77.0	86.0	158

Figura 23 - *Environmental Conditions Library* - WINDOW 7.7.

No separador *Glass Library*, é possível seleccionar a partir de uma biblioteca de vidros, qual o que interessa para o estudo em questão de acordo com as características que são apresentadas de cada um, inclusive sabendo qual o seu fornecedor, como se observa na Figura 24.

ID	Name	ProductName	Manufacturer	Source	Mode	Color	Thickness	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tr	emi1	emi2	Cond
100	BRONZE_3.DAT	Generic Bronze Glass	Generic	IGDB v11.4	#		0.1230	0.646	0.062	0.063	0.880	0.065	0.066	0.000	0.840	0.840	0.578
101	BRONZE_5.DAT	Generic Bronze Glass	Generic	IGDB v11.4	#		0.2260	0.486	0.053	0.053	0.533	0.056	0.056	0.000	0.840	0.840	0.578
102	CLEAR_3.DAT	Generic Clear Glass	Generic	IGDB v11.4	#		0.1200	0.634	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	0.578
103	CLEAR_5.DAT	Generic Clear Glass	Generic	IGDB v11.4	#		0.2250	0.771	0.070	0.070	0.894	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840	0.578
104	GRAY_3.DAT	Generic Gray Glass	Generic	IGDB v11.4	#		0.1230	0.609	0.060	0.061	0.617	0.062	0.063	0.000	0.840	0.840	0.578
105	THIN_06.DAT	Generic thin glass 0.6 mm	Generic	IGDB v54.0	#		0.0236	0.906	0.083	0.083	0.914	0.085	0.085	0.000	0.840	0.840	0.578
106	THIN_075.DAT	Generic thin glass 0.75 mm	Generic	IGDB v54.0	#		0.0295	0.906	0.083	0.083	0.914	0.085	0.086	0.000	0.840	0.840	0.578
107	THIN_1.DAT	Generic thin glass 1.1 mm	Generic	IGDB v54.0	#		0.0433	0.901	0.082	0.082	0.913	0.086	0.086	0.000	0.840	0.840	0.578
108	THIN_05.DAT	Generic thin glass 0.5 mm	Generic	IGDB v63.0	#		0.0197	0.910	0.082	0.082	0.914	0.086	0.086	0.000	0.840	0.840	0.578
109	THIN_15.DAT	Generic thin glass 1.5 mm	Generic	IGDB v63.0	#		0.0591	0.895	0.081	0.081	0.912	0.085	0.085	0.000	0.840	0.840	0.578
110	THINLOWE_05.DA	Generic thin glass with low-e 0.	Generic	IGDB v63.0	#		0.0197	0.786	0.116	0.106	0.894	0.081	0.079	0.000	0.840	0.840	0.578
111	THINLOWE_075.DA	Generic thin glass with low-e 0.	Generic	IGDB v63.0	#		0.0295	0.783	0.115	0.105	0.893	0.081	0.079	0.000	0.845	0.845	0.578
112	THINLOWE_1.DA	Generic thin glass with low-e 1.	Generic	IGDB v63.0	#		0.0433	0.779	0.114	0.105	0.893	0.081	0.079	0.000	0.845	0.845	0.578
113	THINLOWE_15.DA	Generic thin glass with low-e 1.	Generic	IGDB v63.0	#		0.0591	0.774	0.113	0.105	0.892	0.081	0.079	0.000	0.845	0.845	0.578
114	BRONZE_4.DAT	Generic Bronze Glass 4 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1540	0.592	0.058	0.058	0.630	0.062	0.061	0.000	0.840	0.840	0.578
115	BRONZE_5.DAT	Generic Bronze Glass 5 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1910	0.535	0.056	0.055	0.576	0.059	0.058	0.000	0.840	0.840	0.578
116	BRONZE_8.DAT	Generic Bronze Glass 8 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.3090	0.387	0.050	0.048	0.433	0.052	0.051	0.000	0.840	0.840	0.578
117	BRONZE_10.DAT	Generic Bronze Glass 10 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.3910	0.311	0.047	0.046	0.356	0.049	0.048	0.000	0.840	0.840	0.578
118	BRONZE_12.DAT	Generic Bronze Glass 12 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.4700	0.252	0.046	0.044	0.294	0.048	0.046	0.000	0.840	0.840	0.578
119	CLEAR_4.DAT	Generic Clear Glass 4 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1540	0.812	0.076	0.075	0.893	0.084	0.084	0.000	0.840	0.840	0.578
120	CLEAR_5.DAT	Generic Clear Glass 5 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1910	0.789	0.074	0.073	0.898	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	0.578
121	CLEAR_8.DAT	Generic Clear Glass 8 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.3090	0.725	0.070	0.069	0.871	0.082	0.082	0.000	0.840	0.840	0.578
122	CLEAR_10.DAT	Generic Clear Glass 10 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.3910	0.695	0.068	0.066	0.860	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	0.578
123	CLEAR_12.DAT	Generic Clear Glass 12mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.4700	0.549	0.066	0.064	0.850	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840	0.578
124	GRAY_4.DAT	Generic Gray Glass 4 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1540	0.550	0.057	0.055	0.593	0.059	0.059	0.000	0.840	0.840	0.578
125	GRAY_5.DAT	Generic Gray Glass 5 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.1910	0.488	0.054	0.053	0.486	0.056	0.054	0.000	0.840	0.840	0.578
126	GRAY_6.DAT	Generic Gray Glass 6 mm	Generic	IGDB v70.0	#		0.2220	0.428	0.052	0.050	0.425	0.053	0.052	0.000	0.840	0.840	0.578

Figura 24 - Glass Library - Window 7.7.

Seguidamente, como se encontra na Figura 25, pode-se analisar a *Gap Library* que corresponde à biblioteca de gases que se pretende usar entre os panos de vidro, como o argón ou o xénon, sendo possível analisar as suas diferentes características, como a condutividade, densidade, etc.

ID	Name	Type	Conductivity	Viscosity	Cp	Density	Prandtl	Conductance	Comment
1	Air	Pure	0.013907	0.000011	0.240304	0.000688	0.7197		
2	Argon	Pure	0.009446	0.000014	0.124660	0.111264	6.704		
3	Krypton	Pure	0.005006	0.000015	0.095255	0.233402	6.717		
4	Xenon	Pure	0.002981	0.000014	0.037819	0.365700	6.542		
6	Air (5%) / Argon (95)	Mix	0.009651	0.000014	0.128912	0.109735	6.731		
7	Air (12%) / Argon (2)	Mix	0.006639	0.000015	0.077076	0.188206	6.640		
8	Air (5%) / Krypton (9)	Mix	0.005310	0.000015	0.062491	0.225756	6.640		
9	Air (10%) / Argon (9)	Mix	0.009859	0.000014	0.133284	0.108207	6.758		
100	Air - EN673	Pure	0.013985	0.000011	0.240757	0.000688	0.7138		
101	Argon - EN673	Pure	0.009444	0.000014	0.123961	0.111264	6.674		
102	Krypton - EN673	Pure	0.005031	0.000015	0.095617	0.233402	6.657		
103	Xenon - EN673	Pure	0.002958	0.000015	0.038454	0.365700	6.771		
104	Air (5%) / Argon (95)	Mix	0.009652	0.000014	0.128255	0.109735	6.700		
105	Air (12%) / Argon (2)	Mix	0.006662	0.000015	0.076404	0.188206	6.629		
106	Air (5%) / Krypton (9)	Mix	0.005337	0.000015	0.061774	0.225756	6.689		
107	Air (10%) / Argon (9)	Mix	0.009862	0.000014	0.132670	0.108207	6.726		
200	CO2	Pure	0.008417	0.000009	0.197701	0.122578	7.908		
201	N2	Pure	0.013849	0.000011	0.248990	0.078042	7.207		
202	SF6	Pure	0.007611	0.000009	0.099981	0.406922	4.967		
203	Helium	Pure	0.084496	0.000013	1.241282	0.011141	6.645		
204	Neon	Pure	0.026241	0.000019	0.246011	0.056206	6.662		
205	Octafluoropropane	Pure	0.006174	0.000007	0.182004	0.523675	8.140		
300	Vacuum-air P=0.001	Pure						0.018806	

Figura 25 - Gap Library - WINDOW 7.7.

Na biblioteca de sistemas de vãos envidraçados, *Glazing System Library*, é onde existe a possibilidade de seleccionar, por exemplo, se se pretende um sistema de vidro simples, duplo ou triplo, ou de criar um sistema personalizado conforme se pretender. Observe-se a Figura 26 para visualizar a biblioteca.

ID	Name	# of Layers	Mode	TiR	Environmental Conditions	Overall Thickness inches	Uval Btu/h-ft2-F	SHGC	Tvis	TdwiSD
1	Single Clear	1	#	90	NFRC 100-2010	?	?	?	?	?
2	Double Clear Air	2	#	90	NFRC 100-2010	0.922	0.476	0.704	0.795	0.690
3	Double Low-e Air	2	#	90	NFRC 100-2010	0.650	0.297	0.431	0.639	0.497
4	Double Clear with Argon	2	#	90	NFRC 100-2010	0.740	0.454	0.764	0.614	0.738
5	Triple Clear	3	#	90	NFRC 100-2010	1.675	0.307	0.617	0.703	0.601
7	Double high solar gain	2	#	90	NFRC 100-2010	1.021	0.341	0.686	0.741	0.635
8	Sample GlzSys	2	#	90	NFRC 100-2010	1.021	0.341	0.686	0.741	0.635
9	Double low-e (vacuum)	2	#	90	NFRC 100-2010	0.313	0.111	0.356	0.690	0.508
10	Double low-e (air) - clear	2	#	90	NFRC 100-2010	0.844	0.292	0.362	0.682	0.501
11	Triple low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	1.674	0.123	0.298	0.511	0.336
13	Double clear (air) with argon	2	#	90	NFRC 100-2010	0.950	0.474	0.502	0.528	0.419
20	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	1.470	0.185	0.096	0.062	-1.000
30	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	2.153	0.219	0.264	0.147	0.052
31	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	0.633	0.450	0.298	0.159	0.104
32	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	3.567	0.191	0.086	0.112	0.072
33	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	4.446	0.195	0.377	0.617	0.499
40	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	1.485	0.182	0.041	0.021	-1.000
41	Double low-e (argon)	3	#	90	NFRC 100-2010	1.485	0.184	0.071	0.070	-1.000
50	Sage Green	2	#	90	NFRC 100-2010	0.963	0.323	0.273	0.496	0.316
51	Sage Blue	2	#	90	NFRC 100-2010	0.965	0.323	0.309	0.409	0.269
52	Pleolint	2	#	90	NFRC 100-2010	1.115	0.463	0.660	0.651	0.439
53	ViewGlass 6 mm	2	#	90	NFRC 100-2010	0.846	0.333	0.452	0.633	0.380
54	Thermochromic Azu	2	#	90	NFRC 100-2010	1.092	0.469	0.337	0.493	0.328
55	Thermochromic Gray	2	#	90	NFRC 100-2010	1.092	0.469	0.392	0.320	0.211
56	Thermochromic Low	2	#	90	NFRC 100-2010	0.696	0.476	0.653	0.665	0.407
61	Viracon Filt	2	#	90	NFRC 100-2010	0.910	0.475	0.606	0.605	0.517

Figura 26 - *Glazing System Library* - WINDOW 7.7.

Em *Frame Library*, como se observa na Figura 27, existe a opção de seleccionar o tipo de caixilharia desejada, de acordo com uma série de características como o material, cor e coeficiente de transmissão térmica, a partir de uma biblioteca.

ID	Name	Source	Type	Frame Uvalue Btu/h-ft2-F	Edge Uvalue Btu/h-ft2-F	Edge Correlation	Glazing Thickness inches	Pfd inches	Abs	Color
1	Al w/break	ASHRAE	N/A	1.000	N/A	Class1	N/A	2.250	0.90	
2	Al flush	ASHRAE	N/A	0.699	N/A	Class1	N/A	2.250	0.90	
3	Wood	ASHRAE	N/A	0.400	N/A	Class1	N/A	2.750	0.90	
4	Vinyl	ASHRAE	N/A	0.299	N/A	Class1	N/A	2.750	0.90	

Figura 27 - *Frame Library* - WINDOW 7.7.

Na biblioteca *Divider Library*, define-se o desenho do quadriculado do vão envidraçado, possibilitando personalizar e escolher diferentes materiais, de acordo com as opções presentes na Figura 28.

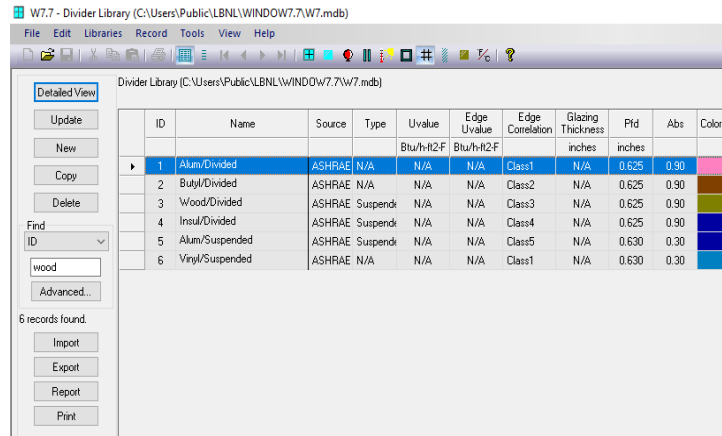


Figura 28 - *Divider Library* - WINDOW 7.7.

De seguida, na Figura 29, a *Shading Layer Library* apresenta uma biblioteca com uma panóplia de soluções de proteções solares a seleccionar para o vão envidraçado em estudo.

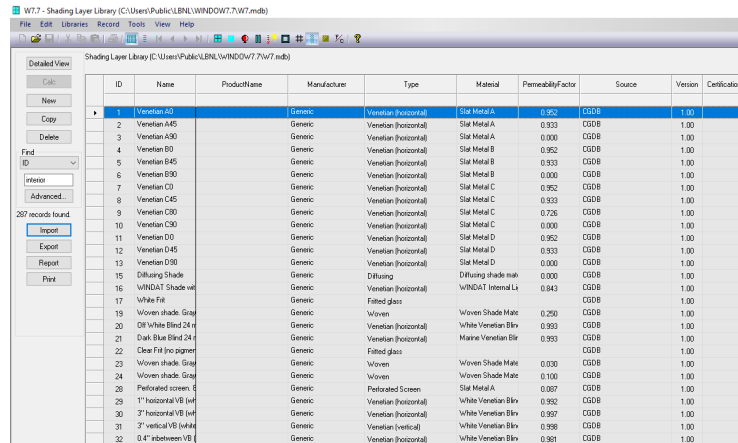


Figura 29 - *Shading Layer Library* - WINDOW 7.7.

Finalmente, a *Window Library* é responsável por permitir a opção de compor completamente um vão envidraçado ao prazer do utilizador, combinando o vidro, a proteção solar, dimensão e tipologia que desejar, tal como sugere a Figura 30.

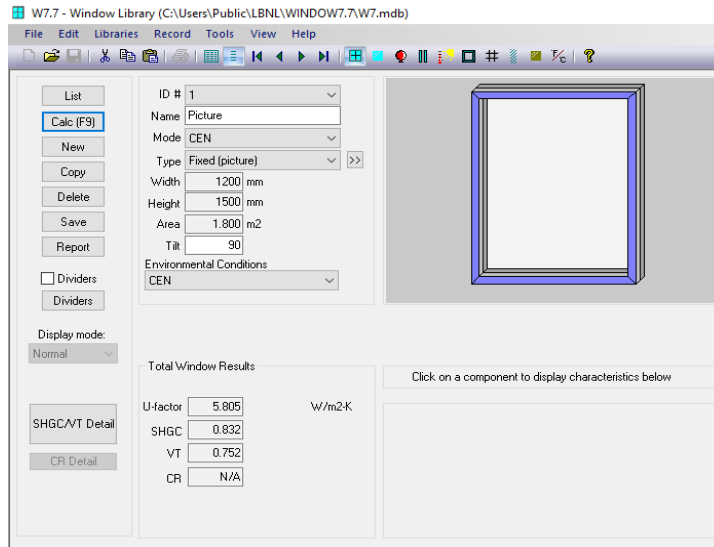


Figura 30 - Window Library - WINDOW 7.7.

3.5.4. DADOS DE SAÍDA

Após o preenchimento de todas as informações sobre o vão envidraçado mencionadas previamente, o programa calcula automaticamente uma série de resultados, respeitando as normas europeias, culminando num quadro em que o valor do fator solar se encontra indicado como SHGC – *Solar Heat Gain Coefficient*. Como se pode observar pelo retângulo vermelho na Figura 31, o resultado do g é de 0,832 associado a um vão envidraçado de vidro simples, caixilharia de madeira e segundo as condições CEN. A utilização deste *software* é simples, mas a sua facilidade e precisão do que se pretende dimensionar depende da seleção dos dados de entrada, sendo necessário saber ao certo qual o vidro ou proteção solar que se pretende usar da extensa lista de possibilidades de vários fabricantes diferentes.

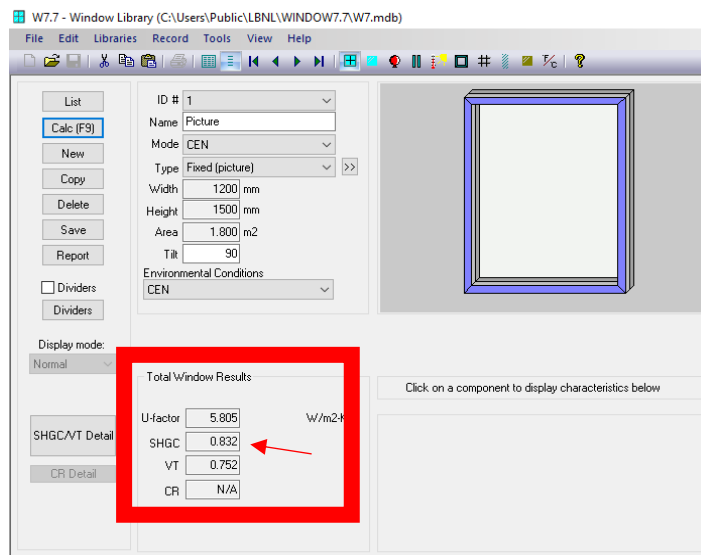


Figura 31 - Dados de saída do vão envidraçado no programa WINDOW 7.7.

3.6. CONCLUSÃO

Nos subcapítulos anteriores teve-se a oportunidade de estudar as diferentes metodologias para a obtenção do valor do fator solar de vãos envidraçados. As diferenças entre as mesmas levam a que a sua viabilidade de aplicação varie também. O cálculo experimental é proveitoso na medida em que num ambiente de obra, é possível verificar a conformidade dos valores do fator solar, de acordo com as condições reais encontradas no local ou que sejam feitas experiências com novas tecnologias a introduzir no mercado. Contudo, para projetar as soluções de vãos envidraçados o cálculo é o mais eficaz. No seguinte capítulo será utilizado o método numérico do subcapítulo 3.4. com recurso a quadros de fator solar de soluções construtivas correntes, pois é o mais adequado para a realização de um estudo abrangente de forma simples e fiável.

4

CATÁLOGO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na primeira parte deste capítulo será elaborado um catálogo de valores de fator solar, resultantes da combinação de diferentes tipos de vidro e proteção solar exterior ou interior, organizado de acordo com uma atribuição de referências que serão usadas para tipificar as diferentes soluções construtivas dos vãos envidraçados.

De seguida, será feita a análise do quadro de valores máximos admissíveis de fator solar de verão presentes no Decreto-Lei nº. 95/2019 que está em vigor e das variáveis pela qual esses valores dependem.

4.2. TIPIFICAÇÃO DE VIDROS E PROTEÇÕES SOLARES

4.2.1. VIDROS

No Quadro 3 são tipificados diferentes vidros de acordo com um intervalo de 0,05 entre valores de referência de fator solar, à exceção de #F1 para #F2 que faz a passagem do vidro simples incolor para vidro duplo incolor. O seu objetivo é englobar um grande leque de tipos de vidros, assim como aumentar a precisão do valor de fator solar global para diferentes soluções construtivas, como será visto mais à frente. Os exemplos atribuídos a cada referência foram obtidos no catálogo do Manual do Vidro 2000 – *Saint-Gobain*, pelo que outras opções poderiam ter sido consideradas desde que correspondessem ao mesmo valor de fator solar da referência em análise. Essa coluna do Quadro 3, apresenta por ordem o pano exterior, o pano interior ou único, a sua espessura e por fim a reflexão energética.

Quadro 3 - Tipificação de vidros

Referência	Fator solar - $g_{L,vi}$	Exemplo
#F1	0,85	sggPLANILUX e = 4 mm $R_{eE} = 8 \%$
#F2	0,75	sggPLANILUX sggPLANILUX e = 18 mm $R_{eE} = 13 \%$
#F3	0,70	sggPLANILUX sggEKO e = 21 mm $R_{eE} = 16 \%$
#F4	0,65	sggPLANILUX sggEKOPLUS e = 24 mm $R_{eE} = 16 \%$
#F5	0,60	sggPLANILUX sggPLANITHERM FUTUR N e = 24 mm $R_{eE} = 22 \%$
#F6	0,55	sggANTELIO ARGENT sggEKO PLUS e = 24 mm $R_{eE} = 29 \%$
#F7	0,50	sggANTELIO CLARO sggPLANILUX e = 24 mm $R_{eE} = 21 \%$

#F8	0,45	<i>sgg</i> ANTELIO CLARO <i>sgg</i> EKO PLUS $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 30 \%$
#F9	0,40	<i>sgg</i> REFLETA SOL ROSA <i>sgg</i> PLANILUX $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 42 \%$
#F10	0,35	<i>sgg</i> STARELIO <i>sgg</i> EKO PLUS $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 18 \%$
#F11	0,30	<i>SGG</i> antelio esmeralda <i>sgg</i> PLANITHERM FUTUR $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 14\%$
#F12	0,25	<i>sgg</i> ANTELIO HAVANA <i>sgg</i> PLANITHERM $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 14 \%$
#F13	0,20	<i>sgg</i> COOL LITE ARGENT <i>sgg</i> PLANILUX $e = 24 \text{ mm}$ $R_{eE} = 24 \%$

4.2.2. PROTEÇÕES SOLARES EXTERIORES

O valor do fator solar das proteções exteriores foi considerado o presente no Despacho nº. 15793-K/2013 do Decreto-Lei nº. 118/2013 e a partir do mesmo foram criadas referências para mais tarde facilitar a organização de um catálogo de soluções construtivas. O Quadro 4 apresenta a tipificação das proteções exteriores mais correntes no mercado nacional.

Quadro 4 - Tipificação de proteções solares exteriores

Referência	Nomenclatura	Exemplo – Imagem
#E1	Portada de madeira	
#E2	Persiana de réguas de madeira	
#E3	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	
#E4	Estore veneziano de lâminas de madeira	




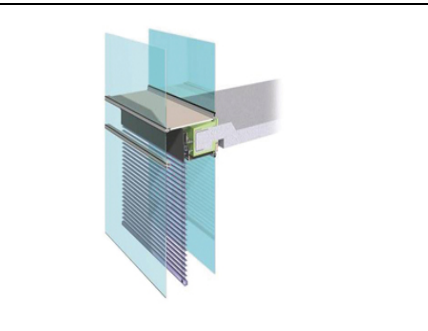
#E5	Estore veneziano de lâminas metálicas	 A photograph showing a modern interior space with a large glass wall. A Venetian blind made of horizontal metal slats is partially open, allowing light to filter through. The interior shows a dining table and chairs.
#E6	Lona opaca	 A photograph of a modern building's exterior. A white, opaque roller blind is fully extended over a large glass window, completely blocking the view through the glass.
#E7	Lona pouco transparente	 A photograph of a modern building's exterior. A semi-transparent roller blind is partially extended over a large glass window, allowing some light to pass through while obscuring the interior details. The logo 'Corradi OUTDOOR LIVING SPACE' is visible in the bottom right corner of the image.
#E8	Lona muito transparente	 A photograph of a modern building's exterior. A red, highly transparent roller blind is partially extended over a large glass window. The interior of the building is clearly visible through the glass and the red fabric.

4.2.3. PROTEÇÕES SOLARES INTERIORES

O Quadro 5 foi elaborado segundo o mesmo princípio do Quadro 4, mas desta vez aplicado às proteções solares interiores.

Quadro 5 - Tipificação de proteções solares interiores

Referência	Nomenclatura	Exemplo – Imagem
#11	Estore de lâminas	
#12	Cortinas opacas	
#13	Cortinas ligeiramente transparentes	
#14	Cortinas transparentes	

<p>#15</p>	<p>Cortinas muito transparentes</p>	
<p>#16</p>	<p>Portadas opacas</p>	
<p>#17</p>	<p>Persianas</p>	
<p>#18</p>	<p>Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas</p>	

Serão consideradas como ligeiramente transparentes as proteções com transmitância solar compreendida entre 0,05 e 0,15 inclusive, como transparentes aquelas cuja transmitância solar se encontra compreendida entre 0,15 e 0,25 e como muito transparentes aquelas cuja transmitância solar será superior a 0,25 [4].

4.3. COR DA SUPERFÍCIE EXTERIOR DA PROTEÇÃO SOLAR

A cor da superfície da proteção solar é muito importante no desempenho e comportamento do vão envidraçado, pelo que diferentes cores apresentam um coeficiente de absorção solar diferente. Isto significa que com a mesma incidência de radiação solar, se a superfície for escura poderá absorver o dobro da radiação do que uma superfície clara como se pode consultar pelo Quadro 6 [50]. Este impacto tem de ser contabilizado no cálculo do fator solar total dos vãos envidraçados pois afeta o conforto térmico de um edifício e a sua eficiência energética, tal como será analisado mais à frente.

Quadro 6 - Cor da superfície exterior da proteção solar e respetivo coeficiente de absorção [50]

Cor da proteção	Clara	Média	Escura
Coeficiente de absorção solar da superfície exterior da proteção	0,4	0,5	0,8
Cor	Branco, creme, amarelo, laranja e vermelho claro	Vermelho escuro, verde claro e azul claro	Castanho, verde escuro, azul vivo, azul escuro e preto

4.4. FATOR SOLAR DAS PROTEÇÕES SOLARES

Os Quadros 7 e 8 que se seguem, correspondem aos valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com um vidro corrente e diferentes tipos de dispositivos de proteção solar tal como foram tipificados previamente, obtidos da Tabela nº. 13 do Despacho nº. 15793-K/2013. Os valores assinalados com um “*” foram calculados através de interpolações, pois não se encontram na tabela original do Despacho. Estes valores serão utilizados posteriormente para calcular o fator solar global do vão envidraçado.

Quadro 7 - Valores correntes de fator solar de vãos envidraçados e dispositivos de proteção solar com vidro duplo incolor [4]

Proteções solares			
g_{Tvc}			
Vidros Duplos			
Ref.	Clara	Média	Escura
#E1	0,03	0,05	0,06
#E2	0,04	0,05	0,07
#E3	0,04	0,07	0,09
#E4	0,07*	0,08	0,09*
#E5	0,08*	0,09	0,10*
#E6	0,04	0,06	0,08
#E7	0,10	0,12	0,14
#E8	0,16	0,18	0,20
#I1	0,47	0,59	0,69
#I2	0,37	0,46	0,55
#I3	0,38	0,47	0,56
#I4	0,39	0,48	0,58
#I5	0,63	0,73*	0,83*
#I6	0,35	0,46	0,58
#I7	0,40	0,55	0,65
#I8	0,28	0,34	0,40

Quadro 8 - Valores correntes de fator solar de vãos envidraçados e dispositivos de proteção solar com vidro simples incolor [4]

Proteções solares			
g_{Tvc}			
Vidros Simples			
Ref.	Clara	Média	Escura
#E1	0,04	0,07	0,09
#E2	0,05	0,08	0,10
#E3	0,07	0,10	0,13
#E4	0,09	0,11	0,14
#E5	0,11	0,14	0,17
#E6	0,07	0,09	0,12
#E7	0,14	0,17	0,19
#E8	0,21	0,23	0,25
#I1	0,45	0,56	0,65
#I2	0,33	0,44	0,54
#I3	0,36	0,46	0,56
#I4	0,38	0,48	0,58
#I5	0,70	0,73	0,76
#I6	0,30	0,40	0,50
#I7	0,35	0,45	0,57

4.5. CATÁLOGO DE FATORES SOLARES DE DIFERENTES VÃOS ENVIDRAÇADOS

Conforme foram tipificados os valores do fator solar do vidro e das proteções solares nos Quadros 3, 7 e 8, agora é necessário que essas soluções construtivas se completem para se obter o g_T do vão envidraçado, cujos valores foram compilados numa folha de cálculo *Excel* no Quadro 9. As colunas estão organizadas por fator solar do vidro (#F) e subdividem-se por cor da proteção, e as linhas por tipos de proteção, começando pelos exteriores (#E) e seguido pelos interiores (#I).

Desta forma, é simples combinar diferentes soluções construtivas e obter o seu fator solar, que posteriormente será benéfico para verificar a sua conformidade com os valores regulamentares. O método de cálculo usado foi através de valores tabelados do Despacho nº. 15793-K/2013 do Decreto-Lei nº. 118/2013, mencionado no subcapítulo 3.4. e as fórmulas de cálculo utilizadas para a sua obtenção foram as 3.19. e 3.20.

Quadro 9 - Catálogo de fatores solares de vãos envidraçados

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura			
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05
E9	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18
E10	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15
E11	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
E12	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
E13	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22
E14	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15
E15	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17
E16				0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11

4.6. VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL DE FATOR SOLAR - $g_{Tm\acute{a}x}$

4.6.1. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

O valor máximo admissível de fator solar de verão depende de uma série de variáveis que mudam de edifício para edifício e entre vãos envidraçados. No parque habitacional nacional existem inúmeras combinações de variáveis, sendo importante analisar cada uma em particular para posteriormente fazer um estudo de sensibilidade sobre a influência do fator solar no comportamento térmico do edifício e de quais os valores máximos regulamentares de fator solar associados. Posto isto, serão adiante discriminadas cada uma das variáveis:

- Zona climática;
- Inércia térmica;
- Razão entre área de envidraçado e área útil total de pavimento;
- Orientação dos vãos envidraçados.

4.6.1.1. Zona climática

Cada edifício em Portugal está situado numa zona climática de verão – V1, V2, V3 – e numa zona climática de inverno – I1, I2, I3 – de acordo com o RCCTE, como está representado nas Figuras 32 e 33 [50].

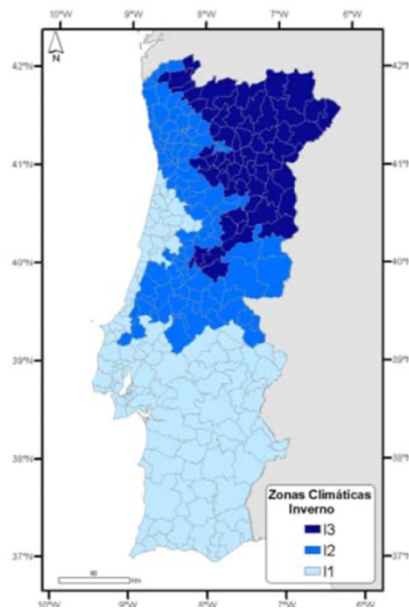


Figura 32 - Zonas climáticas de inverno [50]

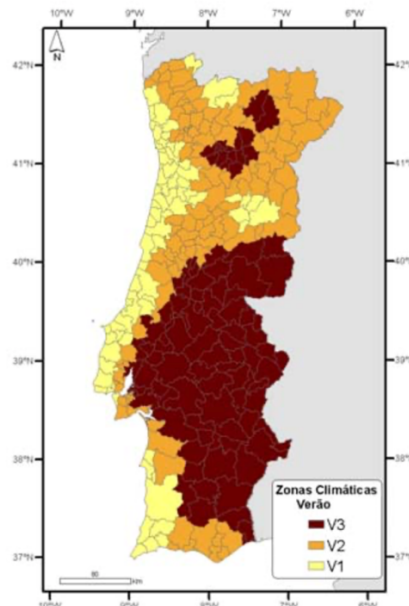


Figura 33 - Zonas climáticas de verão [50]

Em primeiro lugar, no estudo do fator solar de um vão envidraçado é necessário identificar a sua zona climática, pois um mesmo edifício presente no Porto irá ter de satisfazer valores regulamentares diferentes de um edifício com todas as mesmas características do anterior mas que se situa, por exemplo, em Faro, pois estará sujeito a condições climáticas distintas que têm de ser tidas em consideração.

4.6.1.2. Inércia térmica

A inércia térmica é a função da capacidade térmica ou capacidade de armazenamento e de restituição de calor que os locais apresentam. Depende da massa superficial útil por unidade de área útil de pavimento, I_t , de cada um dos elementos de construção (paredes, pavimentos, coberturas) envolventes ou interiores dessa fração. A massa superficial útil de cada elemento depende da posição e presença do isolamento térmico e revestimento superficial [50].

São consideradas três classes de inércia térmica, segundo o RCCTE, e que se relacionam de acordo com a massa superficial útil por metro quadrado de pavimento (kg/m^2) como apresenta o Quadro 10 [50].

Quadro 10 - Classes de inércia térmica [50]

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento (kg/m^2)
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 < I_t \leq 400$
Forte	$I_t \geq 400$

Para calcular a respetiva massa superficial útil, primeiramente é necessário identificar os elementos da envolvente, como o caso genérico que a Figura 34 apresenta [50].

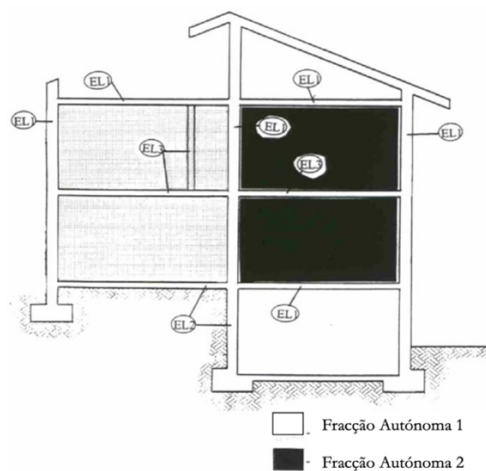


Figura 34 - Elementos da envolvente de uma fração autónoma [50]

Em que:

- EL1 - Elemento da envolvente exterior, elemento de construção em contacto com outra fração autónoma ou com espaços não úteis;
- EL2 – Elementos em contacto com o terreno;
- EL3 – Elementos interiores da fração autónoma em estudo.

Cálculo da massa superficial de EL1:

Quadro 11 - Cálculo da massa superficial de EL1 [50]

Sem isolamento	$M_{si} = m_t/2$
Com isolamento	$M_{si} = m_i$ (massa do lado interior do isolamento)

Cálculo da massa superficial de EL2:

Quadro 12 - Cálculo da massa superficial de EL2 [50]

Sem isolamento	$M_{si} = 150 \text{ kg/m}^2$
Com isolamento	$M_{si} = m_i$ (massa do lado interior do isolamento)

Cálculo da massa superficial de EL3:

$$M_{Si} = M_t \text{ (massa total do elemento)}$$

Em que:

$$M_{Si} \leq 300 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo da massa superficial útil:

Quadro 13 - Cálculo da massa superficial útil [50]

Elemento Construtivo	Resistência térmica - R - do revestimento superficial [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]	Fator de correção - r	Valor efetivo a adotar para o valor da massa superficial útil (M_{Si})
Elemento das envolventes exteriores ou "interior"	$R \leq 0,14$	1	M_{Si}
	$0,14 < R \leq 0,30$	0,5	$0,50 \cdot M_{Si}$
	$R > 0,30$	0	0
Elemento de compartimentação interior (parede ou pavimento interior) da fração autónoma	$R \leq 0,14$	1	M_{Si}
	$R > 0,14$ numa das faces do elemento	0,75	$0,75 \cdot M_{Si}$
	$R > 0,14$ em ambas as faces do elemento	0,50	$0,50 \cdot M_{Si}$

4.6.1.3. Razão entre a área de envidraçado e área de pavimento

Ao longo do tempo a presença de vãos envidraçados nos edifícios tem sofrido alterações, nomeadamente no aumento gradual das suas dimensões sendo que a arquitetura mais contemporânea dá bastante prioridade à entrada de luz natural, o que leva a um grande impacto no comportamento térmico do edifício, nas suas necessidades de energia e no conforto dos seus utilizadores. Posto isto, uma variável que é tida em conta na determinação do fator solar máximo admissível é a razão entre a área do envidraçado e a área do pavimento do compartimento associado.

No Quadro III da Portaria n.º. 297/2019 do Decreto-Lei n.º. 95/2019, podemos consultar os valores máximos admissíveis de fator solar, onde a razão entre área do envidraçado e área de pavimento está presente para nos seguintes percentuais apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 – Razão entre a área de envidraçado e área de pavimento [3]

$A_{\text{envidraçado}}/A_{\text{pavimento}}$	< 5%	$\geq 5\% - < 15\%$	$\geq 15\% - < 25\%$	$\geq 25\%$
---	------	---------------------	----------------------	-------------

4.6.1.4. Orientação do vão envidraçado

Por fim, a última variável a ter em consideração é a orientação dos vãos. O edifício poderá ter fachadas orientadas para diferentes pontos, sendo desta forma necessário que cada vão seja avaliado individualmente. As orientações que o Decreto-Lei n.º. 95/2019 contabiliza são: Norte, Sul, Oeste e Este. Contudo, no quadro dos fatores solares máximos admissíveis é possível analisar que por vezes, diferentes orientações resultam em valores máximos admissíveis iguais.

4.6.2. DECRETO-LEI Nº. 95/2019

Irá ser estudado o ANEXO II presente no Decreto-Lei nº. 95/2019 que estabelece o regime especial para intervenções de reabilitação de edifícios, total ou predominantemente ao uso habitacional ou de frações, com construção anterior à aplicação do Decreto-Lei nº. 40/90 de 6 de fevereiro [3].

Após analisar cada variável pela qual depende o fator solar máximo admissível, melhor se consegue interpretar o Quadro III da Portaria nº. 297/2019, ANEXO II do Decreto-Lei nº. 95/2019, apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 - Valores máximos admissíveis de fator solar [3]

Decreto-Lei nº. 95/2019										
$g_{Tm\acute{a}x}$										
Zona Climática V1										
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$	<5%	>5%-<15%			>15%-<25%			>25%		
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,20	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20
Forte	0,60	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40

Zona Climática V2										
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$	<5%	>5%-<15%			>15%-<25%			>25%		
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,15	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,20	0,15	0,40	0,30	0,15	0,40	0,40 ¹	0,15
Forte	0,60	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,30

Zona Climática V3										
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$	<5%	>5%-<15%			>15%-<25%			>25%		
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,10	0,40	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,35	0,15	0,40	0,25	0,15	0,40	0,40 ²	0,15
Forte	0,60	0,60	0,35	0,30	0,60	0,35	0,30	0,60	0,40 ³	0,25

Admite-se que os valores referenciados no Quadro 15 possam ser reajustados, assim como foi apresentado no seminário *O novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas*, pela autoria do Professor Doutor Vasco Peixoto de Freitas.

Desta forma, os valores com expoente 1, 2 e 3 assinalados no quadro acima, são valores que se admite poderem ser alterados. O valor da do quadro que apresenta o expoente 1 ajustasse para 0,30, enquanto os valores acompanhados do expoente 2 e 3 são alterados para 0,25 e 0,35, respetivamente [8]. Contudo, para evitar duplos constrangimentos a dissertação será prosseguida com os valores originais do documento em vigor.

4.7. CONCLUSÃO

Tendo já criado um catálogo de fatores solares de diferentes tipos de soluções construtivas de vãos envidraçados, baseado na tipificação de vidros e de proteções solares, é possível estabelecer a sua ligação com os fatores solares máximos admissíveis do Decreto-Lei nº. 95/2019.

A leitura deste quadro implica que tenham sido calculadas ou identificadas corretamente todas as variáveis da qual o $g_t máx$ depende. Este passo é crucial para garantir que se está a dimensionar o vão envidraçado para o valor regulamentar correto. O cálculo da inércia térmica poderá ser a variável mais complexa de calcular, pelo que deve ser realizada com cuidado acrescido, enquanto que as outras são praticamente de identificação direta – como a zona climática e a orientação do vão -, à exceção do cálculo das áreas.

Com estas duas ferramentas, será possível usar uma folha de cálculo *Excel* que permitirá dimensionar vãos envidraçados conforma a regulamentação, como se aprenderá no capítulo 5.

5

MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO CATÁLOGO

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo será elaborado um manual de utilização para a folha de cálculo realizada no *software Microsoft Excel*, onde é possível obter um conjunto possível de soluções construtivas a implementar num vão envidraçado, de modo a garantir que é escolhida uma solução cujo fator solar global resultante respeita o Decreto-Lei n.º 95/2019.

Contudo, o $g_t máx$ indicado pelo Decreto-Lei implica que este seja consultado num determinado quadro presente nesse documento. É um processo rápido e simples assim que já se tenha conhecimento das diferentes variáveis envolvidas, estudadas no capítulo anterior, para posteriormente a folha de cálculo indicar automaticamente as possíveis soluções construtivas para esse vão envidraçado. Este procedimento será apresentado de seguida.

5.2. GUIA DE UTILIZAÇÃO PARA A ESCOLHA DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Procedimentos:

- i) Em primeiro lugar, identificar a zona climática e quantificar a inércia térmica do edifício em estudo. Seguidamente, é necessário calcular e analisar as restantes variáveis pela qual o fator solar máximo depende: razão entre áreas de envidraçado e pavimento, e a orientação do vão envidraçado.
- ii) De seguida, estudar cada VE do edifício de forma individual no Quadro III da Portaria n.º 297/2019 do Decreto-Lei n.º 95/2019 e encontrar o seu respetivo $g_t máx$.

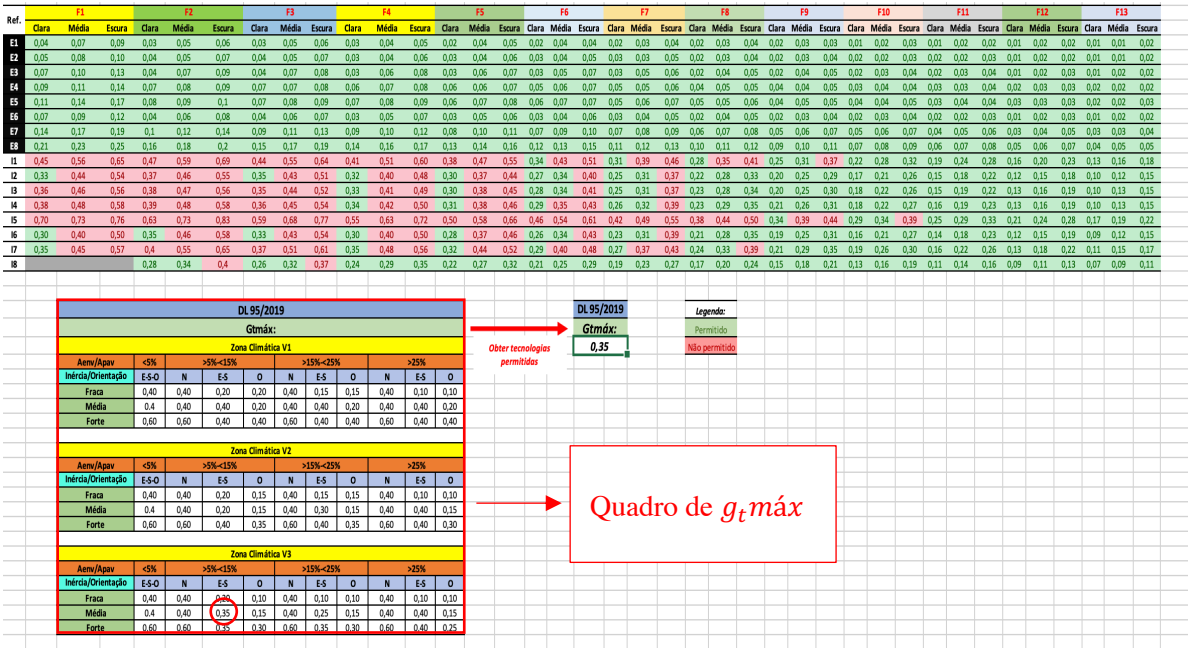


Figura 35 - Visualização da folha de cálculo Excel

iii) Após identificar o valor de $g_t máx$, é necessário que esse mesmo valor seja introduzido na célula da folha Excel responsável por ativar no catálogo a coloração das soluções construtivas que são permitidas e não permitidas. Imagine-se que a título de exemplo se quer estudar um vão envidraçado presente num edifício localizado na zona climática V3, com uma inércia térmica média, um rácio de área de vão envidraçado por área de pavimento igual a 10% e orientado a Sul. Consultando o quadro, sabe-se que irá corresponder a um fator solar máximo admissível de 0,35, conforme está referenciado numa circunferência vermelha na Figura 35.

Quadro 16 - Célula da folha de cálculo Excel responsável por ativar o catálogo segundo um $g_t máx$

Decreto-Lei nº. 95/2019
$g_{TmÁx}$
0,35

iv) Posteriormente a preencher o espaço em branco com o valor pretendido – 0,35 como exemplo – e premir a tecla *Enter*, automaticamente o catálogo de fatores solares apresenta um conjunto de soluções construtivas – tipo de vidro, tipo e cor de proteção solar –, de acordo com a tipificação das referências apresentadas no capítulo anterior, com um fator solar total associado que poderá ser *Permitido* ou *Não permitido* pelo Decreto-Lei nº. 95/2019, conforme a legenda de cores. Estabeleceu-se o valor de 0,35 já inserido no passo anterior e obteve-se o Quadro 17.

Quadro 17 - Catálogo de soluções construtivas permitidas e não permitidas para um $g_t.máx = 0,35$

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura			
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
F4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
F7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15
I3	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
I4	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
I5	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22
I6	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15
I7	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17
I8	0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11			

Legenda:
Permitido
Não permitido

- v) Com o catálogo já estabelecido pela folha de cálculo, o passo seguinte é identificar as soluções com a cor legendada como *Permitido* e escolher qual a que mais convém para o caso em particular que se está a estudar. No exemplo, é possível ver que quase todas as tecnologias que impliquem proteção solar pelo interior não são permitidas pelo Decreto-Lei nº. 95/2019 quando associadas a um fator solar do vidro mais alto, salvo pequenas exceções, e pelo contrário é possível usar qualquer tipo de vidro quando combinado com uma proteção solar exterior. Posto isto, esta ferramenta ajuda a projetar a reabilitação do vão envidraçado em conformidade com a regulamentação em vigor.

5.3. CONCLUSÃO

Após determinadas as soluções construtivas que são ou não permitidas pelo Decreto-Lei nº. 95/2019, é possível fazer o dimensionamento dos vãos envidraçados de determinado edifício. É segundo esta metodologia simples e rápida que no capítulo seguinte irá ser estudado um caso prático de reabilitação urbana, verificando se as soluções mais correntes da arquitetura da época onde o edifício se insere podem ser viáveis com a nova regulamentação térmica. Posteriormente, na folha de cálculo será também possível acrescentar novos tipos de vidros e de proteções solares, seja pelo projetista ou pelo fabricante, criando-se uma nova referência e executando um novo cálculo.

6

APLICAÇÃO DO CATÁLOGO AO CASO PRÁTICO

6.1. DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS – DECRETO-LEI Nº. 95/2019

6.1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo será estudado um caso prático de um edifício que está originalmente situado no centro histórico do Porto e será feita uma aplicação do método de quantificação do fator solar de vãos envidraçados no verão, tal como foi discutido no capítulo anterior, em conformidade com o novo Decreto-Lei nº. 95/2019 e respetivos valores máximos admissíveis de FS. Para elaborar uma melhor análise sobre o caso prático, será analisado o impacto da alteração das variáveis que fazem depender o $g_{Tmáx}$, como a zona climática de Verão, a orientação solar dos vãos e as distintas inércias térmicas – fraca, média e forte. Contudo, o rácio de área de envidraçado por área de pavimento será sempre fiel à planta e ao alçado do edifício, sem sofrer alterações.

Por fim, como no quadro dos fatores solares máximos admissíveis os valores poderão ser iguais, mesmo quando as combinações de variáveis são distintas, serão estudados todos os valor-tipo existentes, e posteriormente será ainda estudada a aplicabilidade das soluções construtivas correntes de vãos envidraçados em edifícios históricos, para cada valor.

As soluções correntes são combinações de vidro simples incolor - #F1 -, vidro duplo incolor - #F2 -, e vidro duplo de baixa emissividade - #F6 -, com proteções solares interiores, pois são estas que refletem a solução construtiva comum aplicada nestes edifícios, com o objetivo de manter fiel a sua arquitetura em cenário de reabilitação. O vidro simples tem uma esbelteza que permite o seu encaixe em determinadas caixilharias antigas, o vidro duplo incolor resulta da sucessão do primeiro e o vidro *Low-E* representa um bom isolamento térmico e uma solução mais atual.

6.1.2. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo está localizado na zona histórica da cidade do Porto e dispõe de duas fachadas, como se observa na Figura 36. Os vãos envidraçados dispõem de proteção solar interior e caixilharia em madeira.



Figura 36 - Observação das fachadas do edifício

Apresenta piso rés do chão, 1º piso, 2º piso e ainda dois de águas furtadas. Sendo os 1º e 2º piso os principais e que apresentam a mesma disposição de vãos envidraçados, um deles será considerado como o piso-tipo a estudar, tal como se representa na Figura 37.

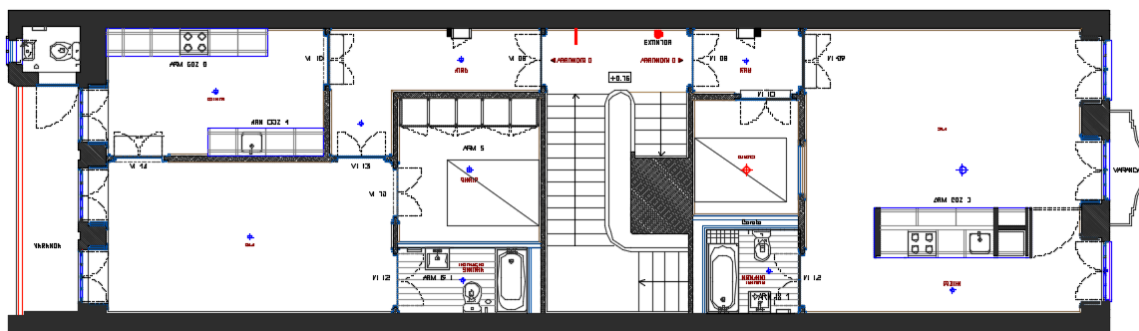


Figura 37 – Piso-tipo para o caso de estudo

6.1.3. IDENTIFICAÇÃO DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

A primeira tarefa é identificar os tipos de vão existentes no edifício, e para tal é necessário estudar as diferentes divisões onde eles estão inseridos e se dentro da mesma, a área varia entre envidraçados, como é o caso dos vãos VE3 e VE4, que apresentam áreas de vidro diferentes para uma mesma área de pavimento (sala), sendo necessário distingui-los. Os vãos VE1 e VE2 tem a mesma área de vidro, contudo estão inseridos em diferentes divisões, fazendo também a sua distinção como apresentado na Figura 38.

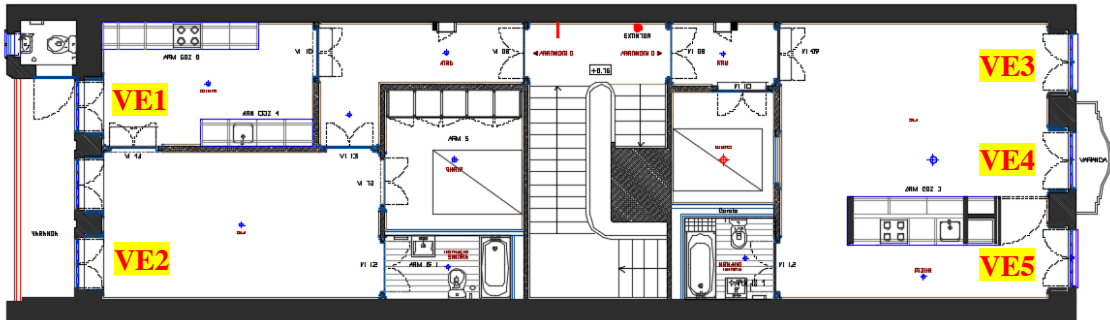


Figura 38 - Legenda dos vãos envidraçados do piso-tipo

6.1.4. CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO

Para fazer uma análise completa sobre este edifício no que respeita o $g_{Tm\acute{a}x}$ dos seus vãos envidraçados, partiu-se do princípio que não existe alteração das suas áreas, mas sim das restantes variáveis pela qual esse valor depende. Posto isto, a alteração da localização do edifício implica que haja mudança na zona climática, os diferentes tipos de construção afetam a sua inércia térmica e com uma rotação de 180° das fachadas do edifício entre cenários, resulta um total de 18 possibilidades diferentes que estão representadas nas Figuras 39, 40 e 41.

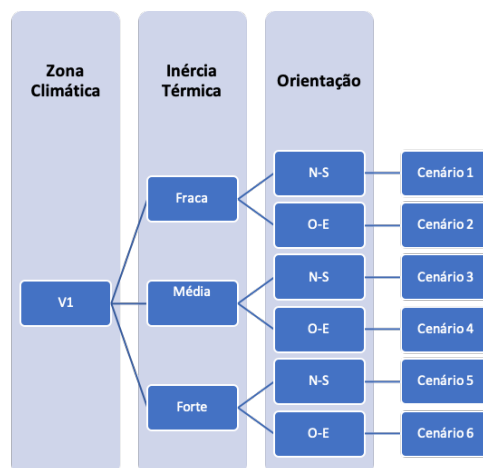


Figura 39 - Cenários possíveis na zona climática V1

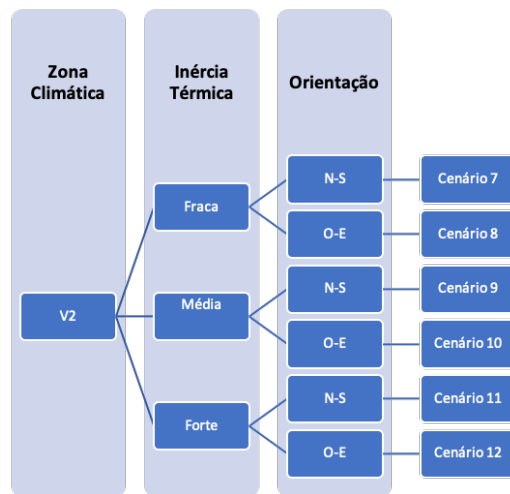


Figura 40 - Cenários possíveis na zona climática V2

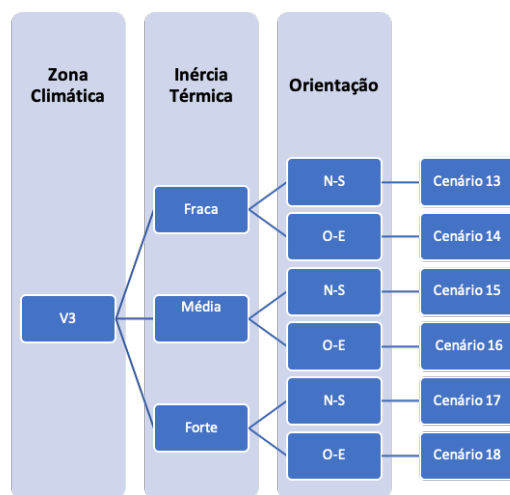


Figura 41 - Cenários possíveis na zona climática V3

6.1.5. RAZÃO DE ÁREA DE ENVIDRAÇADO POR ÁREA DE PAVIMENTO

Após medições no alçado e na planta do piso-tipo através do *software AutoCAD*, foi possível calcular os rácios de áreas apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Razão de área de envidraçado por área de pavimento dos vãos do caso prático

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5
$A_{\text{envidraçado}}/A_{\text{pavimento}}$	13.9%	8.7%	8.3%	8.8%	13,9%

Com este quadro, é possível perceber que todas as percentagens se encontram entre >5% - <15%. Desta forma, e sabendo que estes valores permanecem inalterados durante o estudo do caso prático, poderá dar-se início à aplicação da metodologia de avaliação dos $g_{Tmáx}$.

6.1.6. VALORES MÁXIMO ADMISSÍVEIS DE FATOR SOLAR - $g_{Tmáx}$

Como já foi mencionado, mesmo ocorrendo uma mudança em todas as variáveis que determinam o fator solar máximo admissível no Decreto-Lei n.º 95/2019 - $g_{Tmáx}$ -, é comum que esse possa corresponder a um valor igual para diferentes vãos envidraçados. Portanto, serão analisados os valores-tipo que estão presentes na regulamentação mencionada, segregados por zonas climáticas de verão.

6.1.6.1. Zona climática de verão – V1

Quadro 19 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V1

Zona Climática V1										
$A_{\text{envidraçado}}/A_{\text{pavimento}}$	<5%	>5%-<15%			>15%-<25%			>25%		
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,20	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20
Forte	0,60	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40

Como é possível observar, na zona climática V1 os vãos envidraçados do edifício em estudo quando variam de inércia e de orientação, apenas o fazem entre os valores 0,20, 0,40, e 0,60, que correspondem aos cenários de 1 a 6 da Figura 39.

Desta forma, iremos analisar individualmente cada valor através da metodologia demonstrada no capítulo anterior, e consequentemente verificar que soluções construtivas correntes para os vãos envidraçados são permitidas.

- Se $g_{Tm\acute{a}x} = 0,2$

Quadro 20 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,2

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13						
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02			
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02			
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02		
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02		
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03			
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02		
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18	0,16	0,18		
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15	0,15			
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15			
M	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15			
S	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22	0,17	0,19	0,22	0,22
16	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15	0,15			
17	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17	0,17			
18				0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11	0,11			

Legenda:

Permitido

Não permitido

Verifica-se no Quadro 20 que apenas os valores mais baixos de fator solar do vidro são autorizados a combinar com proteções solares interiores. Para este fator solar máximo admissível não é permitido usar vidro simples incolor, vidro duplo incolor nem vidro duplo de baixa emissividade caso se queira instalar uma proteção solar pelo interior do vão envidraçado.

Quadro 21 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I	-	-	-

- Se $g_{Tm\acute{a}x} = 0,4$

Quadro 22 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,4

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13					
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02		
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02		
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03		
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18	0,16	0,18	
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15	0,15		
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15		
M	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15		
S	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0																																				

A folha de cálculo demonstra que para um fator solar máximo admissível de 0,4, é possível instalar proteções solares interiores e exteriores para quase todo o tipo de vidro, em especial quando são consideradas proteções de cor clara. Em relação às soluções construtivas mais correntes e o vidro simples incolor pode ser instalado com todas as proteções interiores claras, à exceção da #I1 e #I5. O vidro duplo incolor pode ser também combinado com qualquer proteção solar clara exceto a #I1 e #I5. Por fim, em relação ao vidro duplo de baixa emissividade #F6, todas as proteções solares claras são permitidas menos a #I5, seja de cor se opte.

Quadro 23 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I			#F6I1
		#F2I2	#F6I2
	#F1I2	#F2I3	#F6I3
	#F1I3	#F2I4	#F6I4
	#F1I4	#F2I6	#F6I6
	#F1I6	#F2I7	#F6I7
	#F1I7	#F2I8	#F6I8
			#F6I8

- Se $g_{Tmáx} = 0,6$

Quadro 24 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,6

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura			
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02			
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15
I3	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
I4	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15
I5	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22
I6	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15
I7	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17
I8				0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11

Legenda:

- Permitido
- Não permitido

Por observação do catálogo do Quadro 24, de acordo com a regulamentação do DL n.º 95/2019 conclui-se que apenas a proteção solar de cor clara que não se pode instalar com um vidro simples incolor #F1 é a #I5, assim como aconteceu com o vidro duplo incolor #F2, sendo que todas as outras são permitidas.

No que respeita ao vidro duplo de baixa emissividade #F6, todas as proteções claras podem ser associadas, sejam interiores ou exteriores. Estas possibilidades são sintetizadas no Quadro 25.

Quadro 25 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I		#F2I1	#F6I1
	#F1I1	#F2I2	#F6I2
	#F1I2	#F2I3	#F6I3
	#F1I3	#F2I4	#F6I4
	#F1I4	#F2I6	#F6I5
	#F1I6	#F2I7	#F6I6
	#F1I7	#F2I8	#F6I7
			#F6I8

6.1.6.2. Zona climática de Verão – V2

Quadro 26 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V2

Zona Climática V2										
$A_{\text{envidraçado}}/A_{\text{pavimento}}$	<5%			>5%-<15%			>15%-<25%			>25%
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,15	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,20	0,15	0,40	0,30	0,15	0,40	0,40	0,15
Forte	0,60	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,30

De acordo com a tabela de valores máximos admissíveis de fator solar total, agora associados à zona climática V2, alguns se repetem em relação à zona climática V1 – nomeadamente o 0,2,0,4 e 0,6 -, sendo apenas os valores 0,15 e 0,35 – cenários 8, 10 e 12 - os novos valores máximos a serem tidos em conta no estudo dos vãos envidraçados deste edifício. Posto isto, iremos apenas estudar o impacto destes últimos valores na escolha da solução construtiva, pois os restantes apresentados no retângulo vermelho já foram estudados no subcapítulo anterior.

- Se $g_{Tmáx} = 0,15$

Quadro 27 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,15

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13			
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura				
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	
II	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18	
II	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15	
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	
M	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	
F5	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22	
K5	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15	
II	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17	
B				0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11	

Legenda:

Permitido

Não permitido

Como seria espectável, para o valor de fator solar máximo admissível de 0,15, as soluções que envolvam uma proteção solar pelo interior do vão envidraçado, serão bastante limitadas pela regulamentação.

Tal como se observa pelo Quadro 27 obtido pela metodologia em estudo, não é possível aplicar qualquer proteção interior quando combinado com um vidro simples incolor, um vidro duplo incolor ou até mesmo um vidro duplo de baixa emissividade. Quando se aborda um edifício da zona histórica é interessante que seja permitido aplicar uma proteção interior, como uma portada opaca, por uma questão arquitetónica fiel à época do edifício. Para esta solução, apenas seria possível com aplicação de um vidro #F11, #F12 ou #F13 que correspondem aos vidros com um fator solar mais baixo.

Quadro 28 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I	-	-	-

- Se $g_{Tmáx} = 0,35$

Quadro 29 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,35

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13						
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura							
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02				
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02		
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03		
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18	0,18	0,18		
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15	0,15	0,15		
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15	0,15		
H	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	0,15	0,15		
F5	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22	0,22	0,22		
F6	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15	0,15	0,15		
F7	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17	0,17	0,17		
F8		0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11			

Legenda:

Permitido

Não permitido

Para o presente valor máximo de fator solar, existe uma possibilidade limitada em utilizar uma proteção interior nos vãos envidraçados combinada com vidro simples ou duplo incolor, tal como é sintetizado no Quadro 30. Já com um vidro duplo de baixa emissividade as opções de proteção solar clara são vastas, apenas não sendo permitido usar uma cortina interior muito transparente – #I5.

Quadro 30 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I			#F6I1
			#F6I2
			#F6I3
		#F1I2	#F6I4
		#F1I6	#F6I6
		#F1I7	#F6I7
			#F6I8

6.1.6.3. Zona climática de Verão – V3

Quadro 31 - Valores máximos admissíveis de fator solar para a zona climática V3

Zona Climática V3											
$A_{\text{envidraçado}}/A_{\text{pavimento}}$	<5%	>5%-<15%			>15%-<25%			>25%			
Inércia/Orientação	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O	
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,10	0,40	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10	
Média	0,40	0,40	0,35	0,15	0,40	0,25	0,15	0,40	0,40	0,15	
Forte	0,60	0,60	0,35	0,30	0,60	0,35	0,30	0,60	0,40	0,25	

Finalmente, chegando à zona climática V3 será seguido o mesmo processo dos anteriores subcapítulos em que serão estudados os valores de fator solar máximos que ainda não foram abordados. Como se observa pelo Quadro 31, os $g_{T\text{máx}}$ que restam estudar são o 0,10 e o 0,30 – cenários 14 e 18.

- Se $g_{T\text{máx}} = 0,10$

Quadro 32 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,10

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13			
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura				
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02			
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02		
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18	
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15	
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	
M	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15	
S	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22	
16	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15	
17	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17	
18		0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11			

Legenda:

Permitido

Não permitido

Sendo 0,10 um valor bastante baixo, era expectável que houvesse um limitado leque de soluções construtivas para o vão envidraçado correspondente, em especial se for pretendida uma proteção interior. À exceção do vidro com fator solar de 0,20 ou 0,25 - #F13 e #F12 -, que no total correspondem a quatro soluções possíveis de cor clara, todos os restantes não são permitidos com tal tipo de proteção solar.

Ou seja, as propostas de vidros correntes – simples incolor, duplo incolor e duplo de baixa emissividade – apenas podem ser combinadas maioritariamente com proteções exteriores, como se analisa no Quadro 32 e está sintetizado no Quadro 33.

Quadro 33 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I	-	-	-

- Se $g_{Tmáx} = 0,30$

Quadro 34 - Possibilidades de soluções construtivas para um fator solar máximo de 0,30

Ref.	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8			F9			F10			F11			F12			F13				
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura					
E1	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02		
E2	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02		
E3	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09	0,04	0,07	0,08	0,03	0,06	0,08	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02		
E4	0,09	0,11	0,14	0,07	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02		
E5	0,11	0,14	0,17	0,08	0,09	0,1	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03		
E6	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	
E7	0,14	0,17	0,19	0,1	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02
E8	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2	0,15	0,17	0,19	0,14	0,16	0,17	0,13	0,14	0,16	0,12	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,11	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	
I1	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69	0,44	0,55	0,64	0,41	0,51	0,60	0,38	0,47	0,55	0,34	0,43	0,51	0,31	0,39	0,46	0,28	0,35	0,41	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,32	0,19	0,24	0,28	0,16	0,20	0,23	0,13	0,16	0,18		
I2	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55	0,35	0,43	0,51	0,32	0,40	0,48	0,30	0,37	0,44	0,27	0,34	0,40	0,25	0,31	0,37	0,22	0,28	0,33	0,20	0,25	0,29	0,17	0,21	0,26	0,15	0,18	0,22	0,12	0,15	0,18	0,10	0,12	0,15		
B	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56	0,35	0,44	0,52	0,33	0,41	0,49	0,30	0,38	0,45	0,28	0,34	0,41	0,25	0,31	0,37	0,23	0,28	0,34	0,20	0,25	0,30	0,18	0,22	0,26	0,15	0,19	0,22	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15		
M	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58	0,36	0,45	0,54	0,34	0,42	0,50	0,31	0,38	0,46	0,29	0,35	0,43	0,26	0,32	0,39	0,23	0,29	0,35	0,21	0,26	0,31	0,18	0,22	0,27	0,16	0,19	0,23	0,13	0,16	0,19	0,10	0,13	0,15		
B	0,70	0,73	0,76	0,63	0,73	0,83	0,59	0,68	0,77	0,55	0,63	0,72	0,50	0,58	0,66	0,46	0,54	0,61	0,42	0,49	0,55	0,38	0,44	0,50	0,34	0,39	0,44	0,29	0,34	0,39	0,25	0,29	0,33	0,21	0,24	0,28	0,17	0,19	0,22		
I6	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58	0,33	0,43	0,54	0,30	0,40	0,50	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,43	0,23	0,31	0,39	0,21	0,28	0,35	0,19	0,25	0,31	0,16	0,21	0,27	0,14	0,18	0,23	0,12	0,15	0,19	0,09	0,12	0,15		
I7	0,35	0,45	0,57	0,4	0,55	0,65	0,37	0,51	0,61	0,35	0,48	0,56	0,32	0,44	0,52	0,29	0,40	0,48	0,27	0,37	0,43	0,24	0,33	0,39	0,21	0,29	0,35	0,19	0,26	0,30	0,16	0,22	0,26	0,13	0,18	0,22	0,11	0,15	0,17		
B				0,28	0,34	0,4	0,26	0,32	0,37	0,24	0,29	0,35	0,22	0,27	0,32	0,21	0,25	0,29	0,19	0,23	0,27	0,17	0,20	0,24	0,15	0,18	0,21	0,13	0,16	0,19	0,11	0,14	0,16	0,09	0,11	0,13	0,07	0,09	0,11		

Legenda:

Permitido

Não permitido

O catálogo de soluções permitidas para o valor máximo de 0,30 não é muito diferente de alguns já estudados acima, pois permite uma reduzida possibilidade de instalação de proteções solares interiores para os vidros com um fator solar mais elevado. O vidro duplo de baixa emissividade – #F6 – é das soluções correntes que possibilitam uma maior série de proteções interiores, nomeadamente uma portada opaca clara – #I6 - que é uma opção comum para reabilitar edifícios históricos.

Quadro 35 - Síntese de soluções construtivas correntes permitidas

Solução Construtiva	Vidro simples incolor - #F1	Vidro duplo incolor – #F2	Vidro duplo de baixa emissividade - #F6
Proteções Interiores - #I			#F6I2
			#F6I3
			#F6I4
	#F1I6	#F2I8	#F6I6
			#F6I7
			#F6I8

6.2. CONTROLO DE QUALIDADE - MEDIÇÃO DO FATOR SOLAR *IN SITU*

Recordando que o fator solar de um vão envidraçado é o quociente entre a radiação medida no interior do vão e a que é encontrada no exterior do mesmo, é possível realizar um controlo de qualidade sobre a adequabilidade da solução construtiva instalada na fase pós-obra. O seu objetivo é avaliar o seu desempenho em serviço, recorrendo a um piranómetro fotovoltaico usado no terreno e aplicado para qualquer vão envidraçado.

Tal como mencionado no capítulo 3, um piranómetro mede a radiação solar (W/m^2) na parte interior do envidraçado ao mesmo tempo que outro piranómetro mede também na sua parte exterior, de modo a calcular o seu quociente e desta forma obter o valor do fator solar. Para medir e monitorizar esses valores no decurso de um ou mais dias, os piranómetros estão ligados a um *data logger* que vai tratar a informação e posteriormente a apresentará graficamente e de forma cronológica, para ser possível analisar os valores de radiação medidos com mais cuidado e desta forma calcular o respetivo fator solar [40]. Este aparato é ilustrado na Figura 42.

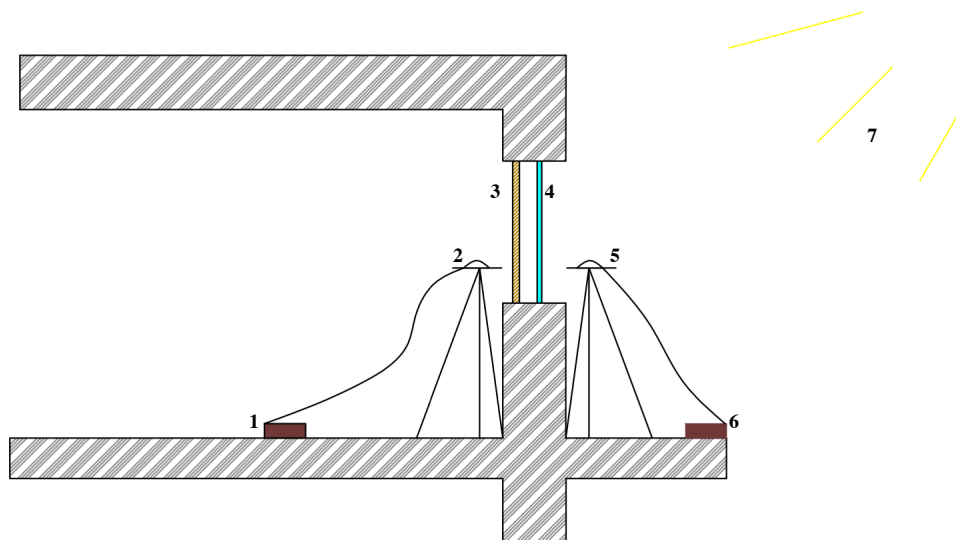


Figura 42 - Corte esquemático da instalação para medição *in situ* do fator solar de um vão envidraçado

1. *Data logger* interior
2. Piranómetro interior
3. Proteção solar interior
4. Vidro simples
5. Piranómetro exterior
6. *Data logger* exterior
7. Radiação solar

A medição da radiação cujos valores são registados pelo *data logger* é realizada de forma contínua, resultando num gráfico com o aspeto do exemplo da Figura 43.

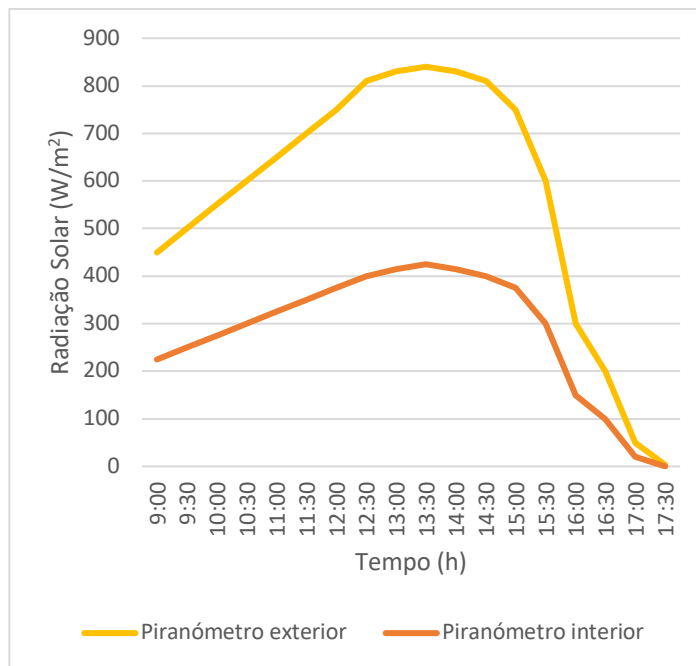


Figura 43 - Registo cronológico dos valores de radiação solar – Exemplo [40]

O objetivo é obter um gráfico com os valores da radiação medida no interior e no exterior do vão envidraçado da fração habitacional, em que se pode observar que à mesma hora os dois gráficos registam o seu pico e que com esses resultados se pode calcular o quociente da radiação medida no interior com a medida no exterior, resultando assim no valor de fator solar medido no vão envidraçado em serviço.

Este estudo deve ser realizado no final do mês de junho até início de setembro, que são os meses de verão, quando o céu está limpo e a radiação solar é mais intensa. Contudo, embora a intensidade seja menor no início e no fim da estação, é nessa altura do ano que o ângulo dos raios solares incide mais próximo da perpendicular com o vão envidraçado, provocando um maior impacto do que quando incide com menor ângulo. Em contrapartida, quando a incidência é mais forte o ângulo de incidência não é tão gravoso pois o sol encontra-se mais alto. Posteriormente, é necessário contabilizar e ponderar os valores medidos conforme o dia do ano em que foram registados assim como estabelecer o método de cálculo mais rigoroso.

6.3. SÍNTESE

Analisando os resultados obtidos no estudo do caso prático, foi possível perceber que alguns valores máximos admissíveis de fator solar regulamentados pelo Decreto-Lei n.º 95/2019 acabam por ser demasiado conservativos, o que impede para algumas situações a implementação de uma solução construtiva com um tipo de vidro corrente acompanhado de uma proteção interior. Numa perspetiva de reabilitação urbana, este tipo de solução deve ser permitido de modo a preservar a arquitetura do edifício, sendo uma situação que a regulamentação deve possibilitar ao invés de impedir.

Após o estudo prático com recurso ao catálogo de tecnologias, cujo fator solar foi calculado com valores tabelados, foi ainda possível elaborar simulações no *software WINDOW 7.7*. com vãos envidraçados de soluções correntes para calcular o seu fator solar global. Segue na Figura 44 um exemplo de cálculo que foi elaborado no *WINDOW 7.7.*, com um vão envidraçado constituído por um vidro duplo de baixa emissividade combinado com uma proteção interior ativada e de cor clara – persiana branca.

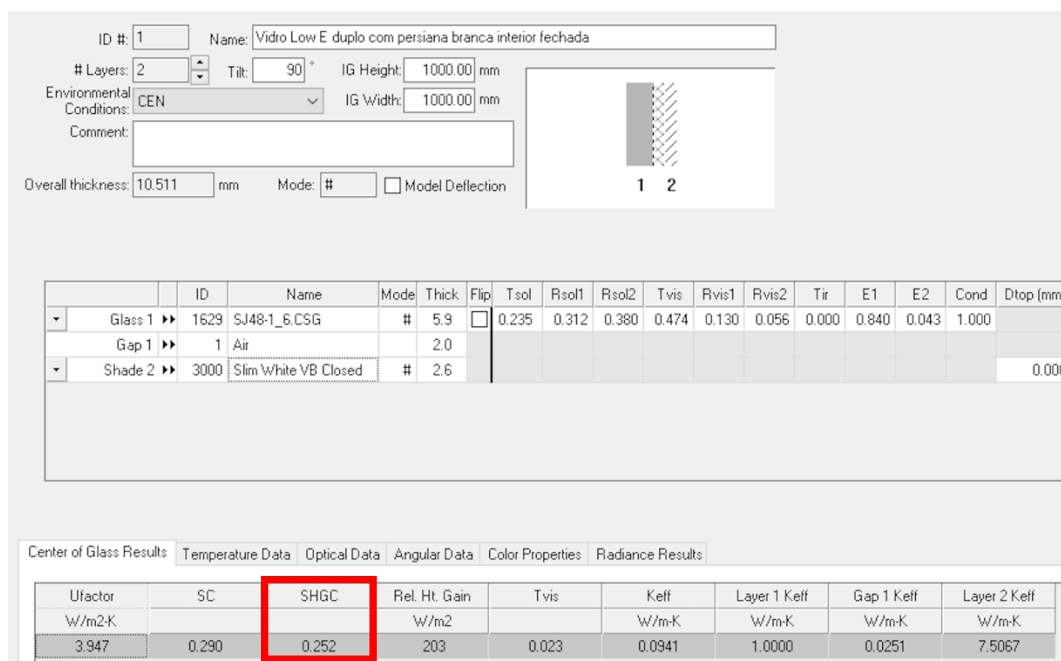


Figura 44 - Exemplo de determinação de fator solar de vão envidraçado através do *software WINDOW 7.7*.

Tal como indicado a vermelho na coluna SHGC – *Solar Heat Gain Coefficient*, o fator solar resultante corresponde a 0,252. Consultando o catálogo de soluções construtivas criado previamente e que serviu de base ao estudo do caso prático, verifica-se que o valor do fator solar correspondente para este tipo de vão envidraçado é de 0,29, ou seja, um valor menos conservativo. Embora diferentes, ambos os valores são altos quando comparados com determinados valores de $g_{Tm\acute{a}x}$ presentes no Decreto-Lei n.º 95/2019 para diferentes variáveis.

6.3.1. PROPOSTA DE NOVO QUADRO DE VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS DE FATOR SOLAR

Concluindo que os valores máximos admissíveis de fator solar presentes no Quadro III da Portaria n.º 297/2019 do Decreto-Lei n.º 95/2019 a aplicar em reabilitação urbana não são os mais adequados para um conjunto de soluções construtivas correntes, é sugerido refletir esses mesmos valores de uma forma ponderada e de acordo com o que foi estudado no anterior caso prático. No estudo elaborado previamente, foi possível perceber que um edifício da zona histórica do Porto apresenta um rácio de área de envidraçado por área de pavimento presente sempre no intervalo de >5% - <15% e que isso é importante neste subcapítulo, pois apenas para esse intervalo será realizada uma nova proposta de valores, visto que é este o intervalo comum em edifícios antigos. Outra variável a contabilizar é a inércia térmica, que para o presente caso apenas faz sentido estudar a forte e a média, porque são estas que caracterizam os edifícios em questão, sintetizando assim a informação para fazer uma análise mais enxuta do problema.

Recordando a análise do caso prático, os $g_{Tm\acute{a}x}$ que resultaram na impossibilidade de aplicação das soluções construtivas correntes de vidro simples incolor, vidro duplo incolor e vidro duplo de baixa emissividade combinadas com proteções interiores, foram de 0,10, 0,15 e 0,20, é necessário que o novo quadro proposto não conte com nenhum destes valores. Desta forma, como o valor mínimo estudado pelo qual já era possível aplicar soluções correntes foi de 0,30, será este o valor mais baixo na nova proposta de valores máximos de fator solar, para qualquer variação de inércia térmica, orientação do vão e zona climática de verão. No Quadro 36 é apresentada uma proposta de novos valores máximos admissíveis de fator solar, assinalados a amarelo, conforme as preocupações mencionadas anteriormente de modo a refletir sobre a adequabilidade dos mesmos quando aplicados a cenários reais de reabilitação.

Quadro 36 - Proposta de novo quadro de valores máximos admissíveis de fator solar

Decreto-Lei nº. 95/2019			
$g_{Tm\acute{a}x}$			
Zona Climática V1			
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$		>5%-<15%	
Inércia/Orientação	N	E-S	O
Média	0,40	0,40	0,30
Forte	0,60	0,40	0,40

Zona Climática V2			
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$		>5%-<15%	
Inércia/Orientação	N	E-S	O
Média	0,40	0,30	0,30
Forte	0,60	0,40	0,35

Zona Climática V3			
$A_{envidraçado}/A_{pavimento}$		>5%-<15%	
Inércia/Orientação	N	E-S	O
Média	0,40	0,35	0,30
Forte	0,60	0,35	0,30

Com esta alteração parcial do quadro de valores máximos admissíveis de fator solar em vãos envidraçados, é de esperar que estes sejam mais adequados quando aplicados às situações reais de reabilitação urbana, mantendo igualmente o conforto térmico dos utilizadores do edifício e que seja garantida também uma boa *performance* nos consumos energéticos na habitação.

É oportuno recordar que estes valores alternativos que são aqui propostos, não sofreram originalmente qualquer alteração no subcapítulo 4.6.2.1. onde foram admitidas algumas alterações no Quadro III da Portaria n.º. 297/2019 do Decreto-Lei n.º. 95/2019, não existindo nenhum constrangimento nesse sentido.

7

CONCLUSÃO

7.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação começa por averiguar a evolução da regulamentação da térmica de edifícios tanto a nível europeu como nacional, com um notório progresso em relação à redução dos gastos energéticos e à maior procura do consumo de energias renováveis. Este é um avanço que tem de ser acompanhado pela garantia de conforto térmico dos utilizadores do edifício. Numa época em que grande parte da atividade da indústria da construção se dedica à reabilitação urbana, é imperativo que exista um maior controlo nas intervenções que estão a ser feitas, que sejam impostas limitações regulamentares que garantam eficiência energética e racionalização dos consumos destas frações habitacionais.

O fator solar de vãos envidraçados no verão é dos principais fatores que influenciam o comportamento térmico de um edifício, pois representa a radiação solar que foi permitida entrar na habitação através desse vão. Este trabalho teve com objetivo desenvolver uma metodologia de quantificação de fator solar na estação de arrefecimento, recorrendo a uma compilação das soluções construtivas pela qual esse fator depende – vidro e proteções solares. Embora possam existir outras opções no mercado, as mencionadas nesta dissertação são as mais comuns nas habitações em Portugal.

Para decidir qual dos métodos de quantificação de fator solar escolher, foi necessário perceber qual o mais adequado para a finalidade pretendida. Este trabalho propôs-se a analisar o novo quadro de valores máximos admissíveis de fator solar permitidos pelo novo Decreto-Lei nº. 95/2019 a aplicar em edifícios sujeitos a reabilitação. Posto isto, nenhum dos métodos de cálculo experimental seriam adequados para dimensionar o vão envidraçado, porque não seria viável realizar testes *in situ* para uma grande seleção de soluções construtivas e posteriormente avaliar as que respeitam o DL. Dos métodos de cálculo numérico, foi escolhido o mencionado no Despacho nº. 15793-K/2013 porque se apresenta como o mais simples, o mais prático para testar num grande número de soluções construtivas diferentes e que permite uma extensa amostra de valores para avaliar o quadro de $g_{Tmáx}$.

Com a definição das soluções construtivas a estudar e o seu método de quantificação do fator solar, criou-se um catálogo com múltiplas combinações a aplicar nos vãos envidraçados, associadas ao seu fator solar obtido na folha de cálculo. Este catálogo foi construído mediante os tipos de proteção solar correntes mencionadas no Despacho nº. 15793-K/2013 e com uma tipificação de vidros com fatores solares separados de 0,05 entre eles. Este intervalo oferece uma margem para que seja possível encontrar soluções construtivas com fator solar global diferente do apresentado no catálogo, porque existem vidros cujo $g_{\perp,vi}$ se encontra entre esses intervalos de 0,05, o que se pode refletir como uma lacuna nesta

metodologia, mesmo que o seu impacto no cálculo final do g_T seja muito baixo. Contudo, facilmente se acrescenta na folha de cálculo um novo tipo de vidro caso se queira calcular o FS de uma solução em particular que não esteja incluída no catálogo.

Após a criação do catálogo de soluções construtivas, foi necessário que este fosse testado com os valores máximos admissíveis de fator solar do Decreto-Lei n.º. 95/2019. Com a conceção da folha de cálculo *Excel*, que automaticamente apresenta as combinações de vidros e proteções solares permitidas pela regulamentação em vigor quando se indica qualquer valor de $g_{Tmáx}$, foi possível fazer o dimensionamento dos vãos envidraçados para um caso prático de reabilitação urbana.

Este estudo foi realizado num edifício que originalmente estava situado na zona histórica do Porto e que seria sujeito a uma reabilitação urbana, daí a necessidade de dimensionar os vãos envidraçados a adotar, privilegiando o desenho original da fachada. Embora se tenha realizado um estudo abrangente, que resultou num total de 18 cenários diferentes, este apenas incidiu para um intervalo de rácio de áreas de envidraçado e pavimento de $>5\%$ - $<15\%$, presente no quadro da regulamentação. De salientar que este é o intervalo comum de se encontrar em edifícios antigos, mas que implicou que parte do quadro de $g_{Tmáx}$ do Decreto-Lei n.º. 95/2019 ficasse por estudar no caso prático e que este também não forneceu dados para concluir algo fundamentado neste sentido.

A análise foi sintetizada para três tipos de vidros – vidro simples incolor, vidro duplo incolor e vidro duplo de baixa emissividade – associados a proteções solares interiores, com o objetivo de avaliar situações comuns de reabilitação urbana e para criar uma base de dados sob análise que não fosse extasiante, confusa e sem interesse prático.

Foi possível verificar que determinados valores de $g_{Tmáx}$ acabaram por ser demasiado conservadores para ser viável respeitar a arquitetura original do edifício, quando se limitam as soluções construtivas ao uso de proteções solares interiores. Estes valores seriam adequados para construção nova, que prioriza o uso de proteções exteriores e que para estas não se verificam grandes problemas, nem mesmo para os valores mais baixos de $g_{Tmáx}$. Posto isto, foi proposto um novo quadro de valores máximos admissíveis com o objetivo que seja permitido o uso corrente de soluções construtivas de vãos envidraçados em cenário de reabilitação, mas que ainda assim promova um bom comportamento térmico do edifício. Também este quadro foi concebido apenas para o intervalo de rácio de áreas de vãos envidraçados por área de pavimento de $>5\%$ - $<15\%$ e aplicado às duas inércias térmicas comuns - média e forte.

Por fim, esta dissertação deixa também um contributo associado ao controlo de qualidade no pós-obra, onde sugere o uso de piranómetros *in situ* para calcular o fator solar do vão envidraçado. Esta prática permite que seja verificado se o seu desempenho em serviço está de acordo com o que foi projetado e consequentemente com a regulamentação em vigor. Contudo, este exame suscita dúvidas em relação aos melhores dias para medir a radiação solar e à sua duração, para obter valores fidedignos de avaliação.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento desta dissertação foi notória a reduzida informação no que respeita a quantificação de fatores solar de vãos envidraçados, seja por métodos de cálculo numérico, seja por método experimental. Com a crescente preocupação da eficiência energética dos edifícios e com a sua dependência pelo fator solar, tem todo o interesse que o seu estudo seja aprofundado e agilizado, quer para reabilitação urbana quer para construção nova.

O estudo sobre os valores do fator solar máximos admissíveis presentes no Quadro III da Portaria n.º 297/2019 do Decreto-Lei n.º 95/2019 deve prosseguir de modo a que sejam avaliados os valores que este trabalho não discutiu, nomeadamente para rácios de áreas de envidraçados por áreas de pavimento que pertençam a intervalos diferentes do caso prático desta dissertação e segundo metodologias de quantificação do fator solar diferentes.

Por fim, haveria interesse em aprofundar o conhecimento em relação à medição *in situ* do fator solar, com o princípio da instalação de piranómetros como ilustrado na Figura 42, seja para fazer o controlo de qualidade da solução construtiva em serviço, seja por parte da empresa de construção ou de fiscalização. Deve ser realizado o teste experimental no terreno com recurso a piranómetros e *data loggers*, assim como se deve colmatar as incertezas existentes quanto às condições ambientais ideais para a sua realização.

Referências bibliográficas

- [1] Boas, S. *Influência dos envidraçados no conforto térmico de verão dos edifícios*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
- [2] Carmody, J. *Window Systems for High-Performance Buildings*. W.W. Norton & Company, New York, 2004.
- [3] Decreto-Lei nº. 95/2019. Diário da República, 1ª série – Nº 136 – 18 de julho de 2019. Lisboa.
- [4] Despacho nº. 15793-K/2013. Diário da República, 2ª série – Nº. 234 – 3 de dezembro de 2013. Lisboa.
- [5] Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do conselho, L153/13 – 19 de maio de 2010.
- [6] Diretiva 2018/844/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, L156/75 – 30 de maio de 2018.
- [7] Freitas, V. *Apontamentos da Cadeira de Térmica de Edifícios*, 1º Semestre, 5º ano, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, 2019/2020, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [8] Freitas, V. *O novo regime aplicável à reabilitação de edifícios e frações autónomas*. Seminário RCR, Viseu, 17-10-2019.
- [9] <http://carpilux.com/pvcpro/> (acedido a 13/03/2020)
- [10] <http://linoefilhos.pt/caixilharia-de-madeira/> (acedido a 13/03/2020)
- [11] <http://www.guiadovidro.com.br/tipos-de-vidro>. (acedido a 15/03/2020)
- [12] <http://www.incrystalclear.com/productdetail.aspx?id=630> (acedido a 15/03/2020)
- [13] <http://www.miraglass.pt/2018/03/20/vidro-temperado/> (acedido a 15/03/2020)
- [14] <https://aluvieira.pt/caixilharia/> (acedido a 13/03/2020)
- [15] <https://forumdacasa.com/extensions/InlineImages/image.jpg.php?AttachmentID=74442> (acedido a 13/03/2020)
- [16] <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/radiacao-conducao-conveccao.htm> (acedido a 10/02/2020)
- [17] <https://www.dasulvidros.com.br/single-post/2017/01/24/Vidro-Refletivo-ou-Espelhado> (acedido a 15/03/2020)
- [18] <https://pt.aliexpress.com/item/1805521558.html> (acedido a 16/03/2020)
- [19] https://pt.wikipedia.org/wiki/Comit%C3%A9_Europeu_de_Normaliza%C3%A7%C3%A3o (acedido a 20/03/2020)
- [20] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Piran%C3%B3metro> (acedido a 22/03/2020)
- [21] <https://toldocortina.net/toldo-cortina-transparente-para-ambientes-externos/> (acedido a 16/03/2020)
- [22] <https://windows.lbl.gov/tools/window/documentation> (acedido a 09/05/2020)
- [23] <https://www.batgroup.com/us/prodotto/screeny-110-gc/> (acedido a 16/03/2020)
- [24] <https://www.commercialwindows.org/gasfills.php> (acedido a 23/03/2020)
- [25] https://www.cristallinevidros.com.br/produtos/vidro-laminado_45 (acedido a 15/03/2020)

- [26] <https://www.custojusto.pt/lisboa/servicos-para-a-casa/reparacao-de-estores-27875578> (acedido a 16/03/2020)
- [27] <https://www.estorespiresmonteiro.pt/aluminio-pvc/janelas-portadas> (acedido a 17/03/2020)
- [28] <https://www.garantodromo.pt/portadas-pvc/> (acedido a 20/03/2020)
- [29] <https://www.habitissimo.pt/orcamentos/faro/olhao/pedido-de-cotacao-para-4-portadas-interiores> (acedido a 20/03/2020)
- [30] <https://www.homify.pt/foto/2391653/janela-sobre-a-rua-com-portadas-interiores> (acedido a 20/03/2020)
- [31] <https://www.janelapura.pt/> (acedido a 19/03/2020)
- [32] https://www.laredoute.pt/ppdp/prod-324181950.aspx?dim1=20&dim2=5&lgw_code=4286-32418195000200005876020&omniturecode=PSN00096382PT&gclid=Cj0KCQjwybD0BRDyARIsACyS8ms4CfdbtTCaXshz43uk3JkFTIFzEZTexXjBtzpxDUyB2aBpzCO6Jr0aAvsSEALw_wcB (acedido a 14/03/2020)
- [33] https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Decoracao/Rolos-adesivos-e-eletronicos/WPR_REF_16951781_53 (acedido a 14/03/2020)
- [34] https://www.leroymerlin.pt/Promocoes/WPR_REF_81969117 (acedido a 14/03/2020)
- [35] <https://www.lojaplanoa.pt/loja-online/estores-laminados-exterior/> (acedido a 20/03/2020)
- [36] https://www.moviflor.pt/pt/textil-lar/estore-veneziano-de-aluminio/item_4582.html (acedido a 13/03/2020)
- [37] <https://www.nelsondiasestores.pt/> (acedido a 13/03/2020)
- [38] <https://www.solarscreen.eu/films/pt/1/protecao-solar> (acedido a 14/03/2020)
- [39] Haug, I., Beck, A., Fricke, J. *Experimental determination of the solar heat gain coefficient of inside blinds*, vol. 34, pp. 1345–1354, 2002.
- [40] Luis, V., Juan, A., Francisco, B. *Piranómetro Fotovoltaico con Sistema Autónomo de Adquisición de Datos*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2005, 9, 7-12, ISSN, Argentina.
- [41] Manual do Vidro, Saint-Gobain Glass, 2000.
- [42] Marinosk, D., Guths, S., Lambert, R. Armelin, J. *Projeto e construção de um calorímetro para verificação do fator solar de vidros e janelas*. P&D ANEEL, 5-2009, 11, ANEEL, Brasília.
- [43] Mendes, V. *Quantificação do coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados modelo de cálculo*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [44] Menor, C. *Determinação experimental do fator solar do dispositivo de sombreamento Hauskool*. Dissertação de Mestrado, FCUL, 2019.
- [45] Norme Française NF DTU 39 P3. Travaux de vitrerie-miroiterie - Partie 3: Mémento calculs des contraintes thermiques. Octobre 2006.
- [46] NP EN 410. Vidro na construção determinação de características luminosas e solares dos envidraçados. Caparica. IPQ, 2000.
- [47] Pereira, A. *Desenvolvimento de Novos Produtos em Vidro Utilizando Tecnologias de Prototipagem Rápida*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.

- [48] P, Vítor. *Caracterização térmica de vãos envidraçados e respetivas proteções solares*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
- [49] Portaria n.º. 297/2019. Diário da República, 1ª série – N.º. 172 – 9 de setembro de 2019. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.
- [50] RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei n.º. 80/2006 de 4 de Abril.
- [51] Rodrigues, M. *Evolução da Regulamentação Térmica de Edifícios*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2014.
- [52] Santos, D. *Caracterização e Análise Crítica do Perfil de Consumos de Energia para Aquecimento*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2018.