

Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

Manual de apoio à aplicação do RCCTE

Autores

Susana Camelo, Carlos Pina dos Santos, Álvaro Ramalho
Cristina Horta, Helder Gonçalves, Eduardo Maldonado

Editores

Helder Gonçalves e Eduardo Maldonado



Lisboa 2006

Ficha Técnica

Título: Manual de apoio à aplicação do RCCTE

Autores:

© Susana Camelo, Carlos Pina dos Santos, Álvaro Ramalho, Cristina Horta, Helder Gonçalves, Eduardo Maldonado

Fotos:

© Helder Gonçalves,

Editores: Helder Gonçalves e Eduardo Maldonado

Edição: INETI

Impressão:

Tiragem: 5000 exemplares

Depósito Legal:

ISBN:972-

Lisboa, Setembro de 2005

Publicação Gratuita

Nota Legal

Os autores e o INETI declinam de qualquer responsabilidade pela utilização indevida da informação contida neste texto. É proibida a reprodução da totalidade ou parte deste texto, sem autorização dos autores.

ÍNDICE

Capítulo 1 - Princípios e Estratégia do RCCTE 2006.....	1
1 PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIA DO RCCTE 2006	3
1.1 Introdução e Contexto Regulamentar	3
1.2 Estratégia do RCCTE	4
Capítulo 2 - Parâmetros Fundamentais do RCCTE 2006.....	7
2 PARÂMETROS FUNDAMENTAIS DO RCCTE 2006	9
2.1 Divisão Climática do País	9
2.1.1 Generalidades	9
2.1.2 Zonas Climáticas de Inverno	9
2.1.3 Zonas Climáticas de Verão	10
2.1.4 Distribuição dos Concelhos de Portugal Continental segundo as Zonas Climáticas e Correspondentes Dados Climáticos de Referência.....	11
2.1.5 Dados Climáticos de Referência para as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira	21
2.1.5.1 Região Autónoma dos Açores	21
2.1.5.2 Região Autónoma da Madeira	22
2.2 Parâmetros de Caracterização Térmica	25
2.2.1 Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial (U)	25
2.2.2 Pontes Térmicas	30
2.2.3 Taxas de Renovação de Ar	33
2.2.3.1 Edifícios Ventilados Naturalmente.....	33
2.2.3.2 Edifícios Ventilados Mecanicamente	38
2.2.4 Inércia Térmica	41
2.2.5 Factores Solares	45
2.2.5.1 Generalidades	45
2.2.5.2 Factores Solares na Estação de Aquecimento (Inverno).....	46
2.2.5.2.1 Método Detalhado	46
2.2.5.2.2 Método Simplificado (Inverno).....	52
2.2.5.3 Factores Solares na Estação de Arrefecimento (Verão)	55
2.2.5.3.1 Método Detalhado	55
2.2.5.3.2 Método Simplificado (Verão)	59

Capítulo 3 - Aplicação do Regulamento.....	61
3 APLICAÇÃO DO REGULAMENTO	63
3.1 Requisitos Mínimos Regulamentares.....	63
3.1.1 Envolvente Opaca	63
3.1.2 Vãos Envidraçados	66
3.2 Requisitos Energéticos	67
3.2.1 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento	67
3.2.2 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Arrefecimento	70
3.2.3 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Produção de Águas Quentes Sanitárias	71
3.2.4 Necessidades Globais de Energia Primária	72
Capítulo 4 – Métodos de Verificação.....	75
4 MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO	77
4.1 Cálculo das Necessidades Energéticas.....	77
4.2 Necessidades Nominais de Aquecimento	78
4.3 Necessidades Nominais de Arrefecimento.....	84
4.4 Necessidades de Águas Quentes Sanitárias	89
4.5 Necessidades de Energia Primária	91
Capítulo 5 – Exemplos de Aplicação.....	93
5 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	95
5.1 Edifício unifamiliar	95
5.1.1 Introdução.....	95
5.1.2 Caracterização Geométrica	95
5.1.3 Área útil e pé direito.....	99
5.1.4 Envolvente exterior e interior	99
5.1.5 Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não-aquecidos (τ)	101
5.1.6 Factor de forma.....	101
5.1.7 Caracterização térmica das soluções construtivas	101
5.1.8 Taxa de renovação horária nominal	106

5.1.9 Verificação dos Requisitos Mínimos	108
5.1.10 Necessidades de Aquecimento	109
5.1.11 Necessidades de arrefecimento	109
5.1.12 AQS - Águas quentes sanitárias	109
5.1.13 Energia primária	110
5.1.14 Folhas de Licenciamento	110
5.1.15 Análise de sensibilidade	127
5.2 Edifício de Apartamentos	133
5.2.1 Introdução e Descrição do Edifício	133
5.2.2 Caracterização Térmica.....	136
5.2.2.1 Envolvente Opaca	136
5.2.2.2 Vãos Envidraçados	138
5.2.2.2.1 Factores Solares na Estação de Aquecimento (Inverno).....	139
5.2.2.2.2 Factores Solares na Estação de Arrefecimento (Verão).....	140
5.2.3 Fichas e Folhas de Cálculo para Licenciamento	141
Anexo 5.2A – Levantamento Dimensional das Fracções Autónomas.....	163
Anexo 5.2B – Determinação do parâmetro τ	175
Anexo 5.2C – Factor de forma	179
Anexo 5.2D – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U)	181
Anexo 5.2E – Factores solares dos vãos envidraçados	191
Anexo 5.2F –Inércia Térmica da Fracção Autónoma T1A-Piso 0 (retirar).....	205
Anexo 5.2G – Determinação da taxa de renovação horária nominal - Rph	207
Anexo 5.2H – Cálculo das Necessidades de Águas Quentes Sanitárias Nac e Na	211
Anexo 5.2I – Cálculo das Necessidades de Energia Primária Ntc e Nt.....	213
Referências.....	215

Capítulo 1

Princípios e Estratégia do RCCTE 2006

1 PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIA DO RCCTE 2006

1.1 Introdução e Contexto Regulamentar

O primeiro texto legislativo na área da Térmica de Edifícios foi aprovado em 1990, pelo Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, sob a designação Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE - e entrou em vigor em 1991. Portugal foi dos últimos Países da Europa Comunitária a dispor de um regulamento sobre esta matéria, pelo que a versão de 1990 reflecte a experiência adquirida noutros países atendendo à especificidade climática do nosso País. Foi, no entanto, inovador nos aspectos ligados ao conforto no Verão, tendo sido o primeiro regulamento europeu a impor requisitos de protecção solar nos vãos envidraçados, para além da redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento nos novos edifícios.

O referido texto estabeleceu as regras a ter em conta nas grandes remodelações e no projecto de novos edifícios por forma a melhorar significativamente as condições de conforto térmico no interior dos mesmos, sem um acréscimo dos consumos de energia e, ainda, minimizar os efeitos patológicos nos elementos construtivos resultantes das condensações superficiais nos elementos da envolvente.

Analizou explicitamente as estações de aquecimento e de arrefecimento, preconizando um melhor aproveitamento da energia solar através da adopção de soluções construtivas e arquitectónicas, nomeadamente no que diz respeito à orientação e área de vãos envidraçados e, simultaneamente para o período de Verão, um adequado sombreamento dos vãos por forma a limitar os ganhos provenientes do exterior.

Na sua formulação, o RCCTE estabeleceu requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios, quer ao nível dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos da envolvente, quer das protecções solares dos envidraçados no Verão, requisitos estes dependentes das zonas climáticas. Importa salientar o papel do RCCTE pela forma como contribuiu para a utilização generalizada de isolamento térmico e de vidros duplos nos edifícios e para a melhoria da envolvente dos edifícios e a sua qualidade geral.

A versão de 1990 pretendeu, sobretudo, limitar potenciais consumos, já que eram em número diminuto os edifícios que dispunham de meios de promoção das condições ambientais (aquecimento e arrefecimento) tendo para tal recorrido à definição de dois parâmetros, as necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e de arrefecimento.

A versão de 1990 determinava assim que:

$$\begin{aligned} \text{Necessidades nominais de aquecimento (N}_{ic}) &\leq \text{Necessidades de aquecimento de referência (N}_i) \\ \text{Necessidades nominais de arrefecimento (N}_{vc}) &\leq \text{Necessidades de arrefecimento de referência (N}_v) \end{aligned}$$

A primeira versão do RCCTE foi considerada por alguns como pouco exigente mas, logo de início esteve sempre subjacente que, num prazo de 5 anos, o RCCTE seria objecto de revisão no sentido do aumento do grau de exigência. Procurou, no entanto, ser um regulamento consensual e de fácil implementação e, cuja obrigatoriedade para licenciamento induzisse um interesse crescente na adopção de estratégias solares passivas e de conservação de energia. Olhando para a construção no presente, pode-se dizer que esse objectivo foi plenamente conseguido, com a construção real a ultrapassar frequentemente os requisitos mínimos regulamentares.

1.2 Estratégia do RCCTE

A revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios pretende dar resposta, quer às mudanças verificadas no nosso País relativamente aos hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios, quer à necessidade de implementação da Directiva Europeia, publicada a 4 de Janeiro de 2003, relativa ao desempenho energético dos edifícios - 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002. Esta preconiza a “melhoria do desempenho energético dos edifícios” tendo como objectivo final a contenção dos consumos energéticos do sector. Os hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios têm vindo a sofrer alterações profundas nos diferentes países da Comunidade Europeia. No caso dos Países do Sul da Europa, tem-se verificado um aumento da utilização efectiva do aquecimento ambiente e, também, da instalação de equipamentos de ar condicionado, com todas as implicações negativas que daí resultam em termos de impacto ambiental, com o consequente aumento dos gases de efeito de estufa. Segundo a Directiva, deverá dar-se prioridade a estratégias que contribuam para melhorar o comportamento térmico dos edifícios durante o Verão e desenvolver-se ainda mais as técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que permitem melhorar a qualidade do ambiente interior e o microclima em torno dos edifícios.

Em Portugal, nos finais da década de oitenta o recurso a sistemas de condicionamento de ar interior não estava fortemente generalizado, principalmente nos edifícios destinados a habitação. No entanto, hoje em dia são cada vez mais os edifícios, quer no sector residencial, quer no sector de serviços, a terem equipamentos de aquecimento e de ar condicionado.

Em 2001, o sector dos edifícios foi responsável por cerca de 27% dos consumos globais do País: 11% para os edifícios de serviços e 16% para os edifícios residenciais [DGE, 2001]. Verificou-se, relativamente aos consumos de 1990, um aumento de 38 % para o sector residencial e de 85% para o sector dos serviços. Estes valores corresponderam a taxas anuais de crescimento de 4 e 7% respectivamente, sendo que os valores correspondentes aos edifícios de serviços superaram mesmo o sector dos transportes, que aumentou 69% durante a década de 90, a uma taxa de 6%. A estes consumos estão naturalmente associados valores elevados de emissões de gases de efeito de estufa (GEE), que determinam um elevado peso no quadro de cumprimento nacional das obrigações decorrentes do Protocolo de Quioto.

Por outro lado, a Directiva Comunitária 2002/91/CE estabelece que os Estados Membros deverão proceder à elaboração de regulamentos que conduzam à redução dos consumos energéticos nos edifícios bem como à sua revisão periódica de 5 em 5 anos e, se necessário, à actualização dos mesmos a fim de reflectirem o progresso técnico no sector.

A Directiva estabelece ainda metodologias genéricas comuns a serem aplicadas em todos os Estados Membros, deixando no entanto a cada Estado Membro a possibilidade da sua implementação concreta ao nível do detalhe, em função das especificidades construtivas e económicas, dos hábitos e do clima locais

A versão de 2006 do RCCTE (Decreto - Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006) aplica-se a cada uma das fracções autónomas de todos os novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, independentemente de serem ou não, nos termos de legislação específica, sujeitos a licenciamento ou autorização no território nacional, com excepção das situações previstas no n.º 9 do artigo 2º do texto regulamentar, de modo a que, sem dispêndio excessivo de energia, sejam satisfeitas as exigências relativas ao conforto térmico, à qualidade do ar no interior dos edifícios e às necessidades de águas quentes sanitárias.

A presente versão do Regulamento, à semelhança da versão de 1990, analisa em separado as estações de aquecimento e de arrefecimento, mantendo requisitos exigenciais em função de cada zona climática, tendo estas sido actualizadas com dados climáticos mais detalhados. Porém, as metodologias adoptadas para o cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento foram actualizadas tendo por base as normas europeias referenciadas na Directiva. Passa a ter também em conta novos parâmetros, tais como o factor de forma do edifício e a permeabilidade ao ar das caixilharias e, quantifica de uma forma mais detalhada o efeito das pontes térmicas lineares e planas, tendo em vista uma melhor avaliação da qualidade térmica do edifício.

O RCCTE de 2006 torna ainda obrigatório, para todos os novos edifícios, o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária desde que os edifícios possuam uma exposição solar adequada - coberturas orientadas numa gama de azimutes de 90º entre Sudeste e Sudoeste e que não sejam sombreadas no período de maior insolação, período este que se considera ter início diariamente duas horas depois do nascer do Sol e terminar duas horas antes do pôr do sol. O RCCTE prevê ainda, em alternativa aos painéis para aquecer a água nos edifícios, o recurso a outras formas renováveis de energia com capacidade de captação equivalente numa base anual, que podem ser utilizadas para outros fins que não o do aquecimento de água se tal for mais eficiente ou conveniente.

A nova versão do RCCTE contabiliza, assim, a energia despendida para produção de águas quentes sanitárias e tem em conta o tipo de sistema de aquecimento e de arrefecimento bem como as fontes de energia primária utilizadas, conduzindo a diferentes requisitos em função da eficiência dos equipamentos.

Capítulo 2

Parâmetros Fundamentais do RCCTE 2006

2 PARÂMETROS FUNDAMENTAIS DO RCCTE 2006

2.1 Divisão Climática do País

2.1.1 Generalidades

À semelhança do regulamento de 1990, o País é dividido em três zonas climáticas de Inverno e três zonas climáticas de Verão. Apesar da nomenclatura de identificação das zonas climáticas ser idêntica à anterior, os critérios de definição dos limites das diversas zonas climáticas e a adaptação à divisão concelhia do País sofreram alterações tendo em consideração, nomeadamente, as novas condições interiores de referência, (20°C no Inverno e 25°C no Verão), os dados climáticos mais recentes e as novas ferramentas informáticas que possibilitam o tratamento conjunto dos dados climáticos e orográficos disponíveis.

O tratamento de toda a informação meteorológica de base que conduziu ao actual zonamento climático foi assegurado pelo Instituto Meteorologia (IM).

2.1.2 Zonas Climáticas de Inverno

O País é dividido em três zonas climáticas de Inverno (Figuras 2.1 e 2.2):

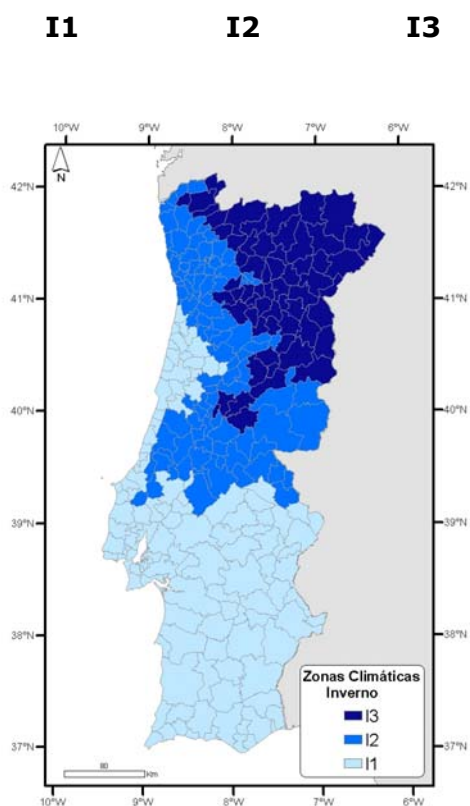


Figura 2.1 - **Portugal Continental.** Zonas climáticas de Inverno.

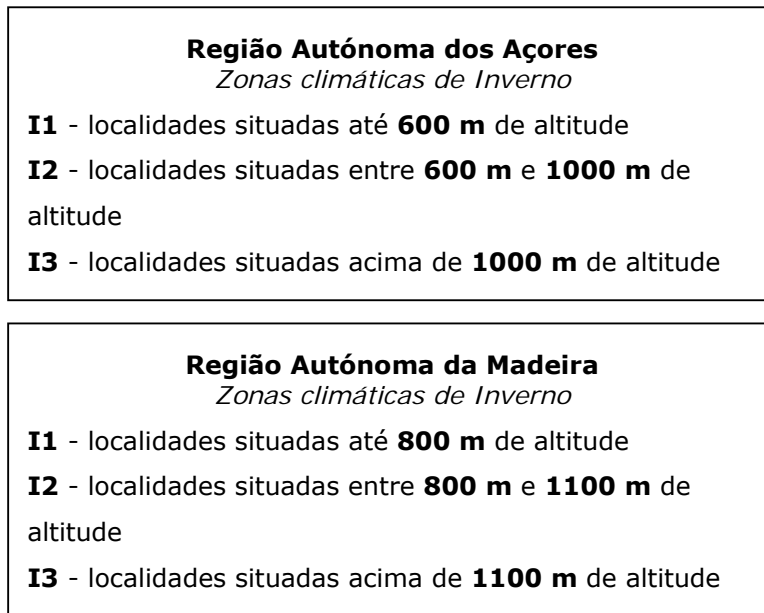


Figura 2.2 – Regiões Autónomas. Zonas climáticas de Inverno.

Os limites das três zonas climáticas de Inverno foram estabelecidos a partir do número de graus-dias de aquecimento (GD20) na base de 20°C.

2.1.3 Zonas Climáticas de Verão

O País é dividido em três zonas climáticas de Verão (Figuras 2.3 e 2.4):

V1 V2 V3

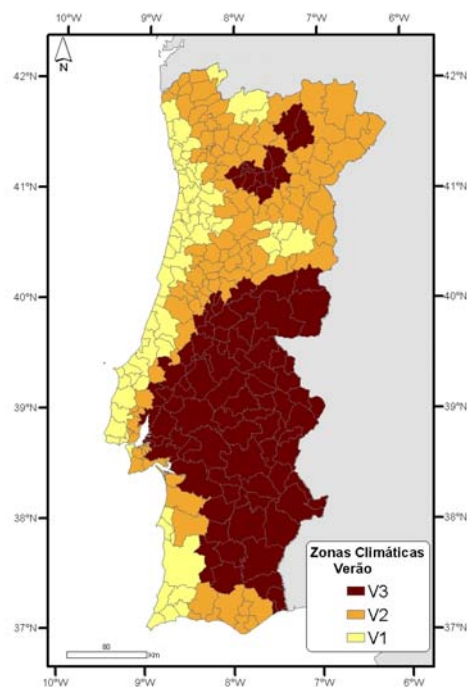


Figura 2.3 - **Portugal Continental**. Zonas climáticas de Verão.

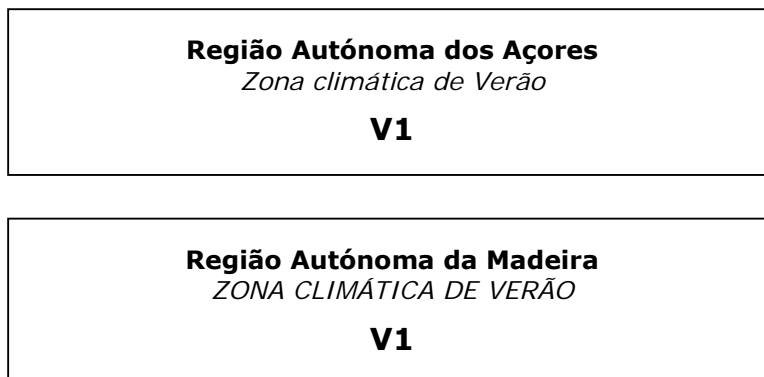


Figura 2.4 – **Regiões Autónomas.** Zonas climáticas de Verão.

Os limites das três zonas climáticas de Verão foram estabelecidos com base nos valores actualizados da *temperatura exterior de projecto de Verão*, a qual corresponde à temperatura seca do ar exterior que não é excedida, em média, durante mais do que 2,5% do período correspondente à estação convencional de arrefecimento (1 de Junho a 30 de Setembro).

2.1.4 Distribuição dos Concelhos de Portugal Continental segundo as Zonas Climáticas e Correspondentes Dados Climáticos de Referência

Em apoio à verificação da satisfação das exigências regulamentares aplicáveis e ao cálculo dos valores das necessidades nominais de aquecimento (vd. 4.2) e de arrefecimento (vd. 4.3) no Quadro 2.1. discrimina-se o zonamento climático por **concelhos** (Portugal Continental).

Nesse quadro constam, ainda, os seguintes dados climáticos de referência de **Inverno** necessários para o cálculo das **necessidades nominais de aquecimento**:

- número de graus-dias de aquecimento GD_{20} (na base de 20°C) correspondente à estação convencional de aquecimento;
- duração da estação convencional de aquecimento⁽¹⁾.

Os dados climáticos de referência de **Verão** exigidos pelo cálculo das **necessidades nominais de arrefecimento** são apresentados mais adiante, no Quadro 2.7.

Em **Portugal Continental**, para ter em conta a influência, quer da **altitude** a que se situa uma dada localidade quer da sua proximidade à **costa litoral**, após consulta do Quadro 2.1 devem ser feitos eventuais ajustes em relação ao zonamento climático de Inverno e de Verão, e aos correspondentes valores de referência, indicados nesse quadro. Os ajustes a efectuar constam dos Quadros 2.2 e 2.3 (zona climática de Inverno), e 2.5 e 2.6 (zona climática de Verão).

¹ - A estação convencional de aquecimento é o período do ano com início no primeiro decêndio posterior a 1 de Outubro em que, para cada localidade, a temperatura média diária é inferior a 15°C e com termo no último decêndio anterior a 31 de Maio em que a referida temperatura ainda é inferior a 15°C.

Quadro 2.1 - Distribuição dos concelhos de **Portugal Continental** segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência.

CONCELHO	Zona Climática Inverno		Zona Climática Verão	
		N.º Graus- -dias (GD ₂₀) [°C.dias]	Duração estação aquec. [meses]	
ABRANTES	I2	1630	6,0	V3
ÁGUEDA	I1	1490	6,7	V1
AGUIAR DA BEIRA	I3	2430	7,3	V2
ALANDROAL	I1	1320	6,0	V3
ALBERGARIA-A-VELHA	I1	1470	6,3	V1
ALBUFEIRA	I1	1130	5,3	V2
ALCÁCER DO SAL	I1	1240	5,3	V3
ALCANENA	I2	1680	6,0	V2
ALCOBAÇA	I2	1640	6,3	V1
ALCOCHETE	I1	1150	5,3	V3
ALCOUTIM	I1	1270	5,0	V3
ALENQUER	I1	1410	5,7	V2
ALFANDEGA DA FÉ	I3	2340	7,7	V2
ALIJÓ	I3	2500	7,0	V3
ALJEZUR	I1	1120	5,3	V1
ALJUSTREL	I1	1260	5,7	V3
ALMADA	I1	1160	5,3	V1
ALMEIDA	I3	2540	7,7	V2
ALMEIRIM	I1	1340	5,7	V3
ALMODOVAR	I1	1390	5,7	V3
ALPIARÇA	I1	1360	5,7	V3
ALTER DO CHÃO	I1	1340	6,0	V3
ALVAIÁZERE	I2	1810	6,0	V3
ALVITO	I1	1220	5,3	V3
AMADORA	I1	1340	5,7	V1
AMARANTE	I2	2040	6,7	V2
AMARES	I2	1690	7,0	V2
ANADIA	I1	1460	6,3	V2
ANSIÃO	I2	1780	6,0	V2
ARCOS DE VALDEVEZ	I3	2250	6,7	V2
ARGANIL	I2	2050	7,0	V2
ARMAMAR	I3	2370	6,3	V3
AROUCA	I2	2050	7,0	V1
ARRAIOLOS	I1	1380	5,7	V3
ARRONCHES	I1	1460	6,3	V3
ARRUDA DOS VINHOS	I1	1480	5,3	V2
AVEIRO	I1	1390	6,0	V1
AVIS	I1	1230	5,7	V3
AZAMBUJA	I1	1360	5,7	V3
BAIÃO	I3	2150	6,7	V3
BARCELOS	I2	1660	6,7	V1
BARRANCOS	I1	1250	5,7	V3
BARREIRO	I1	1150	5,3	V2
BATALHA	I2	1890	6,0	V1
BEJA	I1	1290	5,7	V3

BELMONTE	I2	1970	7,7	V2
BENAVENTE	I1	1180	5,3	V3
BOMBARRAL	I1	1380	5,7	V1
BORBA	I1	1500	6,0	V3
BOTICAS	I3	2600	7,7	V1
BRAGA	I2	1800	7,0	V2
BRAGANÇA	I3	2850	8,0	V2
CABECEIRAS DE BASTO	I3	2180	7,3	V2
CADAVAL	I2	1530	5,7	V1
CALDAS DA RAINHA	I1	1500	6,0	V1
CAMINHA	I2	1930	6,3	V2
CAMPO MAIOR	I1	1330	6,3	V3
CANTANHEDE	I1	1470	6,3	V1
CARRAZEDA DE ANSIÃES	I3	2500	7,7	V2
CARREGAL DO SAL	I2	1550	7,3	V2
CARTAXO	I1	1250	5,3	V3
CASCAIS	I1	1230	6,0	V1
CASTANHEIRA DE PERA	I3	2310	6,3	V3
CASTELO BRANCO	I2	1650	6,7	V3
CASTELO DE PAIVA	I2	1680	7,0	V1
CASTELO DE VIDE	I2	1620	6,7	V3
CASTRO D'AIRE	I3	2410	7,0	V2
CASTRO MARIM	I1	1100	4,7	V3
CASTRO VERDE	I1	1230	5,7	V3
CELORICO DA BEIRA	I3	2240	7,7	V1
CELORICO DE BASTO	I2	1950	7,0	V2
CHAMUSCA	I2	1550	6,0	V3
CHAVES	I3	2560	7,3	V2
CINFÃES	I3	2350	7,0	V2
COIMBRA	I1	1460	6,0	V2
CONDEIXA-A-NOVA	I2	1560	6,0	V2
CONSTÂNCIA	I2	1590	6,0	V3
CORUCHE	I1	1350	5,7	V3
COVILHÃ	I3	2250	7,3	V2
CRATO	I1	1460	6,3	V3
CUBA	I1	1320	5,7	V3
ELVAS	I1	1410	6,0	V3
ENTRONCAMENTO	I1	1470	6,0	V3
ESPINHO	I2	1530	6,7	V1
ESPOSENDE	I2	1610	6,7	V1
ESTARREJA	I1	1420	6,3	V1
ESTREMOZ	I1	1460	6,0	V3
ÉVORA	I1	1390	5,7	V3
FAFE	I2	2090	7,0	V2
FARO	I1	1060	4,3	V2
FEIRA	I2	1710	6,7	V1
FELGUEIRAS	I2	1870	7,0	V2
FERREIRA DO ALENTEJO	I1	1220	5,7	V3
FERREIRA DO ZÊZERE	I2	1780	6,0	V3
FIGUEIRA DA FOZ	I1	1450	6,3	V1
FIGUEIRA DE CASTELO RODRIGO	I3	2450	8,0	V2
FIGUEIRÓ DOS VINHOS	I2	2010	6,0	V3
FORNOS DE ALGODRES	I2	2060	7,7	V1
FREIXO DE ESPADA À CINTA	I3	2370	8,0	V2
FRONTEIRA	I1	1320	6,0	V3
FUNDÃO	I2	1990	7,0	V3

GAVIÃO	I2	1570	6,0	V3
GÓIS	I3	2190	6,7	V2
GOLEGÃ	I1	1380	6,0	V3
GONDOMAR	I2	1620	7,0	V1
GOUVEIA	I3	2440	8,0	V1
GRÂNDOLA	I1	1320	5,3	V2
GUARDA	I3	2500	8,0	V1
GUIMARÃES	I2	1770	7,0	V2
IDANHA-A-NOVA	I2	1520	6,7	V3
ÍLHAVO	I1	1440	6,3	V1
LAGOA	I1	980	5,0	V2
LAGOS	I1	970	5,0	V1
LAMEGO	I3	2360	6,3	V3
LEIRIA	I2	1610	6,0	V1
LISBOA	I1	1190	5,3	V2
LOULÉ	I1	1330	5,0	V2
LOURES	I1	1330	5,7	V2
LOURINHÃ	I1	1310	5,7	V1
LOUSÃ	I2	1890	6,3	V2
LOUSADA	I2	1810	7,0	V2
MAÇÃO	I2	1810	6,3	V3
MACEDO DE CAVALEIROS	I3	2590	7,7	V2
MAFRA	I1	1410	6,0	V1
MAIA	I2	1670	7,0	V1
MANGUALDE	I2	1970	7,7	V2
MANTEIGAS	I3	3000	8,0	V1
MARCO DE CANAVEZES	I2	1770	7,0	V2
MARINHA GRANDE	I1	1500	6,3	V1
MARVÃO	I2	1820	6,7	V3
MATOSINHOS	I2	1580	6,7	V1
MEALHADA	I1	1470	6,0	V2
MEDA	I3	2360	7,7	V2
MELGACO	I3	2770	7,7	V1
MÉRTOLA	I1	1230	5,7	V3
MESÃO FRIO	I2	1810	6,3	V3
MIRA	I1	1500	7,0	V1
MIRANDA DO CORVO	I2	1780	6,0	V2
MIRANDA DO DOURO	I3	2690	8,0	V2
MIRANDELA	I3	2270	7,3	V3
MOGADOURO	I3	2560	8,0	V2
MOIMENTA DA BEIRA	I3	2620	6,7	V3
MOITA	I1	1130	5,3	V2
MONÇÃO	I2	2000	6,7	V2
MONCHIQUE	I1	1340	5,7	V1
MONDIM DE BASTO	I3	2450	7,0	V2
MONFORTE	I1	1430	6,3	V3
MONTALEGRE	I3	2820	7,7	V1
MONTEMOR-O-NOVO	I1	1410	5,3	V3
MONTEMOR-O-VELHO	I1	1410	6,3	V1
MONTIJO	I1	1260	5,3	V3
MORA	I1	1270	5,7	V3
MORTÁGUA	I1	1460	6,7	V2
MOURA	I1	1310	5,7	V3
MOURÃO	I1	1290	5,7	V3
MURÇA	I3	2550	7,3	V2
MURTOSA	I1	1400	6,3	V1

NAZARÉ	I1	1480	6,3	V1
NELAS	I2	1770	7,3	V2
NISA	I2	1520	6,3	V3
ÓBIDOS	I1	1370	5,7	V1
ODEMIRA	I1	1240	5,7	V1
ODIVELAS	I1	1320	5,7	V2
OEIRAS	I1	1230	6,0	V1
OLEIROS	I3	2240	6,7	V3
OLHÃO	I1	1010	4,3	V2
OLIVEIRA DE AZEMÉIS	I2	1730	6,7	V1
OLIVEIRA DE FRADES	I2	1830	7,3	V1
OLIVEIRA DO BAIRRO	I1	1410	6,3	V1
OLIVEIRA DO HOSPITAL	I2	1890	7,3	V2
OURIQUE	I1	1300	5,7	V3
OVAR	I1	1480	6,3	V1
PAÇOS DE FERREIRA	I2	1990	7,3	V2
PALMELA	I1	1190	5,3	V3
PAMPILHOSA DA SERRA	I3	2230	6,7	V3
PAREDES	I2	1740	7,0	V1
PAREDES DE COURA	I3	2180	6,3	V2
PEDRÓGÃO GRANDE	I2	1910	6,3	V3
PENACOVA	I2	1510	6,3	V2
PENAFIEL	I2	1750	7,0	V2
PENALVA DO CASTELO	I2	2090	7,7	V1
PENAMACOR	I2	1970	7,0	V3
PENEDONO	I3	2780	7,3	V2
PENELA	I2	1920	6,0	V2
PENICHE	I1	1260	5,7	V1
PESO DA RÉGUA	I2	2040	6,3	V3
PINHEL	I3	2390	7,7	V2
POMBAL	I2	1580	6,0	V2
PONTE DA BARCA	I3	2230	7,0	V2
PONTE DE LIMA	I2	1790	6,3	V2
PONTE DE SOR	I1	1440	6,0	V3
PORTALEGRE	I2	1740	6,7	V3
PORTEL	I1	1400	5,7	V3
PORTIMÃO	I1	940	5,3	V1
PORTO	I2	1610	6,7	V1
PORTO DE MÓS	I2	1980	6,0	V1
PÓVOA DE VARZIM	I2	1570	6,7	V1
PÓVOA DO LANHOSO	I2	1810	7,0	V2
PROENÇA-A-NOVA	I2	1840	6,3	V3
REDONDO	I1	1400	6,0	V3
REGUENGOS DE MONSARAZ	I1	1310	6,0	V3
RESENDE	I3	2500	6,7	V3
RIBEIRA DE PENA	I3	2600	7,7	V2
RIO MAIOR	I2	1570	6,0	V2
SABROSA	I3	2380	6,7	V3
SABUGAL	I3	2450	7,3	V2
SALVATERRA DE MAGOS	I1	1250	5,3	V3
SANTA COMBA DÃO	I1	1420	7,3	V2
SANTA MARTA DE PENAGUIÃO	I2	2100	6,3	V3
SANTARÉM	I1	1440	5,7	V3
SANTIAGO DO CACÉM	I1	1320	5,7	V2
SANTO TIRSO	I2	1830	7,0	V2
SÃO BRÁS DE ALPORTEL	I1	1460	5,3	V2

SÃO JOÃO DA MADEIRA	I2	1670	6,7	V1
SÃO JOÃO DA PESQUEIRA	I3	2310	7,0	V3
SÃO PEDRO DO SUL	I2	2000	7,3	V2
SARDOAL	I2	1830	6,0	V3
SÁTÃO	I3	2310	7,3	V2
SEIA	I3	2520	7,7	V2
SEIXAL	I1	1130	5,3	V2
SERNANCELHE	I3	2600	7,0	V2
SERPA	I1	1330	5,7	V3
SERTÃO	I2	1980	6,3	V3
SESIMBRA	I1	1190	5,3	V2
SETÚBAL	I1	1190	5,3	V2
SEVER DO VOUGA	I2	1730	7,0	V1
SILVES	I1	1180	5,7	V2
SINES	I1	1150	5,3	V1
SINTRA	I1	1430	6,0	V1
SOBRAL DE MONTE AGRAÇO	I1	1500	5,7	V2
SOURE	I1	1490	6,0	V2
SOUSEL	I1	1290	6,0	V3
TÁBUA	I2	1620	7,0	V2
TABUAÇO	I3	2460	6,3	V3
TAROUCA	I3	2670	6,3	V3
TAVIRA	I1	1290	4,7	V2
TERRAS DE BOURO	I3	2420	7,0	V2
TOMAR	I2	1650	6,0	V3
TONDELA	I2	1640	7,3	V2
TORRE DE MONCORVO	I3	2330	8,0	V2
TORRES NOVAS	I2	1540	6,0	V3
TORRES VEDRAS	I1	1310	5,7	V1
TRANCOSO	I3	2450	7,7	V2
TROFA	I2	1670	7,0	V1
VAGOS	I1	1470	6,7	V1
VALE DE CAMBRA	I2	2100	7,0	V1
VALENÇA	I2	1820	6,3	V2
VALONGO	I2	1750	7,0	V1
VALPAÇOS	I3	2570	7,3	V3
VENDAS NOVAS	I1	1320	5,3	V3
VIANA DO ALENTEJO	I1	1300	5,3	V3
VIANA DO CASTELO	I2	1760	6,3	V1
VIDIGUEIRA	I1	1300	5,7	V3
VIEIRA DO MINHO	I3	2240	7,3	V2
VILA DE REI	I2	1880	6,0	V3
VILA DO BISPO	I1	960	5,0	V1
VILA DO CONDE	I2	1590	6,7	V1
VILA FLOR	I3	2330	7,7	V2
VILA FRANCA DE XIRA	I1	1220	5,3	V3
VILA NOVA DA BARQUINHA	I2	1560	6,0	V3
VILA NOVA DE CERVEIRA	I2	1830	6,3	V2
VILA NOVA DE FAMALICÃO	I2	1690	7,0	V1
VILA NOVA DE FOZ CÔA	I3	2210	7,7	V2
VILA NOVA DE GAIA	I2	1640	6,7	V1
VILA NOVA DE OURÉM	I2	1750	6,0	V2
VILA NOVA DE PAIVA	I3	2590	7,0	V2
VILA NOVA POIARES	I2	1580	6,3	V2
VILA POUCA DE AGUIAR	I3	2860	7,7	V2
VILA REAL	I3	2660	7,0	V2

VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO	I1	1060	4,3	V3
VILA VELHA DE RÓDÃO	I2	1510	6,7	V3
VILA VERDE	I2	1770	6,7	V2
VILA VIÇOSA	I1	1410	6,0	V3
VIMIOSO	I3	2570	8,0	V2
VINHAIS	I3	2830	7,7	V2
WISEU	I2	1940	7,3	V2
VIZELA	I2	1760	7,0	V2
VOUZELA	I2	2010	7,3	V1

Quadro 2.2 - Zonamento climático de **Inverno (Portugal Continental)**
Alterações em função da **altitude** das localidades.

Zona climática de Inverno do concelho (segundo o Quadro 2.1)	Altitude, <i>z</i> , da localidade [m]					
	<i>z</i> > 400 <i>z</i> ≤ 600		<i>z</i> > 600 <i>z</i> ≤ 1000		<i>z</i> > 1000	
	Zona climática a considerar para a localidade	Graus-dias [°C.dias] — Duração est. Aquec. [meses]	Zona climática a considerar para a localidade	Graus-dias [°C.dias] — Duração est. aquec. [meses]	Zona climática a considerar para a localidade	Graus-dias [°C.dias] — Duração est. aquec. [meses]
I1	I2	<i>z</i> + 1500 — 6,7	I3	<i>z</i> + 1700 — 7,3	I3	<i>z</i> + 1900 — 8
I2	I2	vd. Quadro 2.1	I3	<i>z</i> + 1700 — 7,3	I3	<i>z</i> + 1900 — 8
I3	I3	vd. Quadro 2.1	I3	vd. Quadro 2.1	I3	<i>z</i> + 1900 — 8

Quadro 2.3 - Zonamento climático de **Inverno (Portugal Continental)**
Alterações em função da proximidade das localidades **ao litoral**.

Concelhos	Zona climática a considerar para as localidades situadas numa faixa litoral com 10 km de largura	Graus-dias GD [°C.dias]	Duração est. aquec. [meses]
Alcobaça Leiria Pombal	I1	1500	6

Para além do número de graus-dias e da duração da estação de aquecimento, para o cálculo dos ganhos solares úteis de Inverno (vd. 4.2 – Quadro 4.6) são necessários os valores de referência da **energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul (G_{Sul}) na estação de aquecimento**, os quais se apresentam no Quadro 2.4 (considerar previamente quaisquer eventuais correcções de acordo com os Quadros 2.2 e 2.3).

Quadro 2.4 – **Portugal Continental**. Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul na **estação de aquecimento (Inverno)**.

Zona climática de Inverno	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento — G_{Sul} [kWh/m ² .mês]
I1	108
I2	93
I3	90

Quadro 2.5 - Zonamento climático de **Verão (Portugal Continental)**.
Alterações em função da **altitude** das localidades.

Zona climática de Verão do concelho	Altitude, z , da localidade [m]	
	$z > 600$ $z \leq 800$	$z > 800$
	Zona climática da localidade	Zona climática da localidade
V2	V2	V1
V3	V2	V1

Quadro 2.6 - Zonamento climático de **Verão (Portugal Continental)**
Alterações em função da proximidade das localidades **ao litoral**.

Concelhos	Localidades	Zona climática a considerar para a localidade
Pombal Santiago do Cacém	situadas numa faixa litoral com 15 km de largura	V1
Alcácer do Sal	situadas numa faixa litoral com 10 km de largura	V2

Os valores de referência de **Verão** das **temperaturas exteriores** ($\theta_{\text{atm ext.}}$) e da **intensidade da radiação solar incidente** (I_r) em superfícies exteriores com diversas orientações, requeridos para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento (vd. 4.3), são apresentados no Quadro 2.7 (considerar, previamente, quaisquer eventuais correcções de acordo com os Quadros 2.5 e 2.6).

Para efeitos de consulta desse quadro qualquer das zonas climáticas de **Verão** (V1, V2 ou V3) se considera dividida em **Região Norte** e **Região Sul**.

Qualquer que seja a zona climática, a **Região Sul** abrange os respectivos concelhos situados a Sul do rio Tejo e ainda os seguintes concelhos dos distritos de Lisboa e Santarém: Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.

Quadro 2.7 - **Portugal Continental**. Valores médios mensais da temperatura do ar e da intensidade da radiação solar para a **estação de arrefecimento (Verão)**.

Zona Climática	$\theta_{\text{atm exterior}}$ [°C]	Orientação da superfície								
		-								
		Intensidade da radiação solar - I_r [kWh/m ²]								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V1 - Norte	19	200	300	420	430	380	430	420	300	730
V1 - Sul	21	200	310	420	430	380	440	430	320	760
V2 - Norte	19	200	320	450	470	420	470	450	320	790
V2 - Sul	23	200	340	470	460	380	460	470	340	820
V3 - Norte	22	200	320	450	460	400	460	450	320	800
V3 - Sul	23	210	330	460	460	400	470	460	330	820

Exemplos de aplicação das alterações ao zonamento climático

A vila de **S. Martinho do Porto**, concelho de Alcobaça, localiza-se na costa litoral. De acordo com o Quadro 2.1 o **concelho** de Alcobaça tem a seguinte caracterização climática:

<i>zona climática de Inverno:</i> I2	$GD_{20} = 1640^{\circ}\text{C.dias}$	$M = 6,3 \text{ meses}$
<i>zona climática de Verão:</i> V1 (Norte)	$\theta_{atm} \text{ exterior} = 19^{\circ}\text{C}$	$I_r \text{ (horiz.)} = 730 \text{ kWh/m}^2$

Introduzindo a correcção devida à localização costeira (Quadro 2.3) a **vila** de S. Martinho do Porto tem a seguinte caracterização climática:

<i>zona climática de Inverno:</i> I1	$GD_{20} = 1500^{\circ}\text{C.dias}$	$M = 6 \text{ meses}$
<i>zona climática de Verão:</i> V1 (Norte)	$\theta_{atm} \text{ exterior} = 19^{\circ}\text{C}$	$I_r \text{ (horiz.)} = 730 \text{ kWh/m}^2$

*

A vila de **Marvão**, concelho de Marvão, localiza-se a cerca de 850 m de altitude:

De acordo com o Quadro 2.1 o **concelho** de Marvão tem a seguinte caracterização climática :

<i>zona climática de Inverno:</i> I2	$GD_{20} = 1820^{\circ}\text{C.dias}$	$M = 6,7 \text{ meses}$
<i>zona climática de Verão:</i> V3 (Sul)	$\theta_{atm} \text{ exterior} = 23^{\circ}\text{C}$	$I_r \text{ (horiz.)} = 820 \text{ kWh/m}^2$

Introduzindo as correcções devidas à altitude (Quadros 2.2 e 2.5) a **vila** de Marvão tem a seguinte caracterização climática:

<i>zona climática de Inverno:</i> I3	$GD_{20} = 2550^{\circ}\text{C.dias}$	$M = 7,3 \text{ meses}$
<i>zona climática de Verão:</i> V1 (Sul)	$\theta_{atm} \text{ exterior} = 21^{\circ}\text{C}$	$I_r \text{ (horiz.)} = 760 \text{ kWh/m}^2$

2.1.5 Dados Climáticos de Referência para as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira

2.1.5.1 Região Autónoma dos Açores

Para cada **localidade** da Região Autónoma dos **Açores**, o número médio de **graus-dias de aquecimento**, GD_{20} , (na base de 20°C) da estação convencional de aquecimento é calculado, em função da respectiva altitude, z , pela seguinte expressão:

$$GD_{20}(\text{est. aquec.}) = 1,5 \cdot z + 650$$

a qual se representa graficamente na figura seguinte.

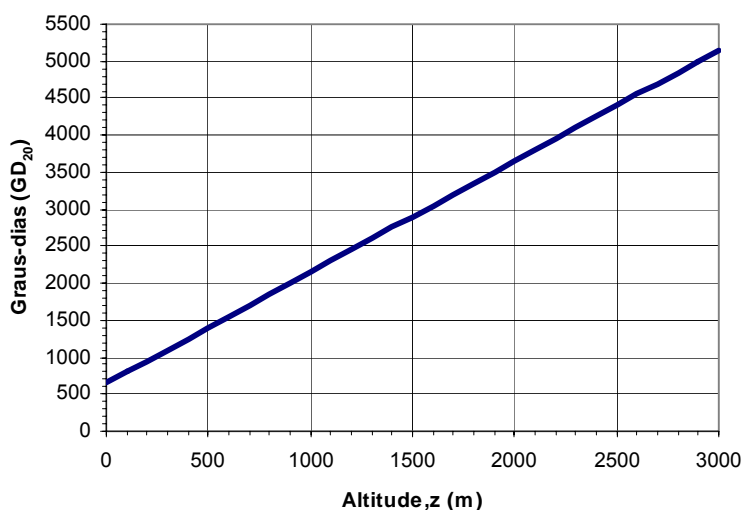


Figura 2.5 – Região Autónoma dos Açores.
Graus-dias em função da altitude.

A **duração média da estação convencional de aquecimento**, em função da altitude, z , é dada no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 - Região Autónoma dos **Açores**.

Duração média da estação convencional de aquecimento (Inverno).

Altitude da localidade, z [m]	Duração média da estação de aquecimento [meses]
$z \leq 100$	4
$100 < z \leq 200$	5
$200 < z \leq 300$	6
$300 < z \leq 400$	6,7
$400 < z \leq 500$	7,7
$z > 500$	8

Apresentam-se no Quadro 2.9 os valores de referência da **energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul** (G_{Sul}) na **estação de aquecimento**, necessários ao cálculo dos ganhos solares úteis de Inverno (vd. 4.2).

Quadro 2.9 - Região Autónoma dos **Açores**. Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul na **estação de aquecimento (Inverno)**.

Zona climática de Inverno	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento
	G_{Sul} [kWh/m ² .mês]
I1	70
I2	50
I3	50

Os valores de referência de **Verão** da **temperatura do ar exterior** (θ_{atm} ext.) e da **intensidade da radiação solar incidente** (I_r) em superfícies exteriores com diversas orientações, requeridos para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento (vd.4.3), são apresentados no Quadro 2.10.

Quadro 2.10 - Região Autónoma dos **Açores**. Valores médios mensais da temperatura do ar e da intensidade da radiação solar na **estação de arrefecimento (Verão)**.

Zona Climática	θ_{atm} exterior (°C)	Orientação da superfície								
		-								
		Intensidade da radiação solar - I_r [kWh/m ²]								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V1	21	190	270	360	370	340	370	360	270	640

2.1.5.2 Região Autónoma da Madeira

Para cada **localidade** da Região Autónoma da **Madeira**, o número médio de graus-dias de aquecimento da estação convencional de aquecimento, GD_{20} , pode ser calculado, em função da respectiva altitude, z , pela seguinte expressão:

$z < 400$ m	$GD_{20}(\text{est. aquec.}) = 2,4 \cdot z + 50$
$z \geq 400$ m	$GD_{20}(\text{est. aquec.}) = 1,6 \cdot z + 380$

a qual se representa graficamente na figura seguinte.

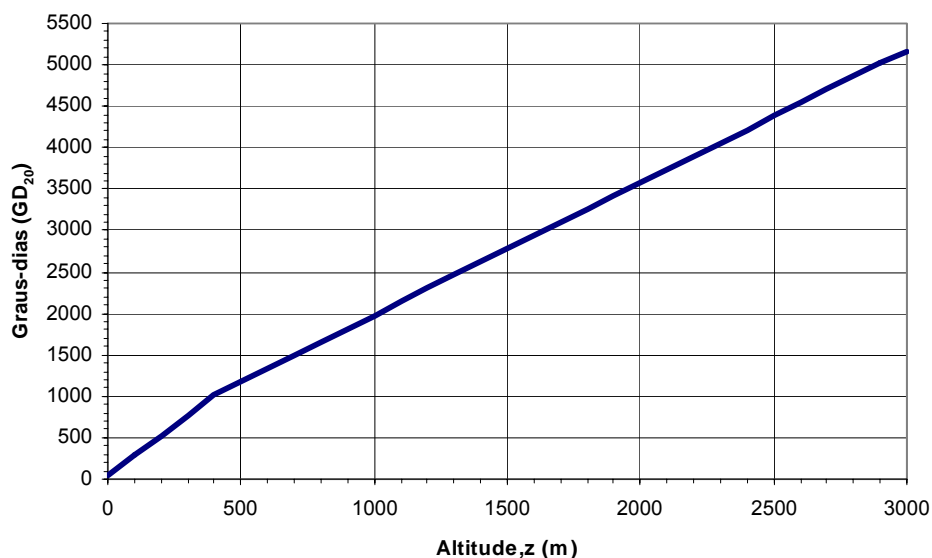


Figura 2.6 – **Região Autónoma da Madeira.**
Graus-dias em função da altitude.

A duração média da estação convencional de aquecimento, em função da altitude, z , é dada no Quadro 2.11.

Quadro 2.11 - Região Autónoma da **Madeira**.

Duração média da **estação convencional de aquecimento (Inverno)**.

Altitude a localidade, z [m]	Duração média da estação de aquecimento [meses]
$z \leq 100$	0,3
$100 < z \leq 200$	1,3
$200 < z \leq 300$	2,3
$300 < z \leq 400$	3,7
$400 < z \leq 500$	5
$500 < z \leq 600$	6
$600 < z \leq 700$	7
$z > 700$	8

Apresentam-se no Quadro 2.12 os valores de referência da **energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul** (G_{Sul}) na **estação de aquecimento**, necessários ao cálculo dos ganhos solares úteis de Inverno (vd. 4.2).

Quadro 2.12 - Região Autónoma da **Madeira**. Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul na **estação de aquecimento (Inverno)**.

Zona climática de Inverno	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento — G_{Sul} [kWh/m ² .mês]
I1	100
I2	80
I3	80

Os valores de referência de **Verão** das **temperaturas exteriores** (θ_{atm} ext.) e da **intensidade da radiação solar incidente** (I_r) em superfícies exteriores com diversas orientações, requeridos para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento (vd. 4.3), são apresentados no Quadro 2.13.

Quadro 2.13 - Região Autónoma da **Madeira**. Valores médios mensais da temperatura do ar e da intensidade da radiação solar na **estação de arrefecimento (Verão)**.

Zona Climática	θ_{atm} exterior (°C)	Orientação da superfície — Intensidade da radiação solar - I_r [kWh/m ²]								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V1	21	200	300	380	380	320	370	380	300	700

2.2 Parâmetros de Caracterização Térmica

2.2.1 Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial (U)

O coeficiente de transmissão térmica superficial em zona corrente, $U^{(1)}$, 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, e é calculado pela expressão geral:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$$

em que

R_j - resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

R_{si} , R_{se} - resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente, [$m^2 \cdot ^\circ C/W$];

O cálculo do valor de U de um elemento da envolvente depende de vários factores, nomeadamente se trata de um elemento construído por camadas homogéneas ou heterogéneas, se inclui ou não a presença de espaços de ar e do grau de ventilação desses espaços de ar.

Para o cálculo dos valores de U dos elementos opacos da envolvente devem utilizar-se os métodos preconizados na norma europeia EN 6946.

No Anexo VII do RCCTE sintetizam-se os princípios de cálculo e os valores de referência a adoptar nas situações correntes encontradas nos edifícios, nomeadamente fachadas, pavimentos, e coberturas horizontais e inclinadas.

A publicação do LNEC *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*⁽²⁾ apresenta os valores da condutibilidade térmica dos materiais correntes de construção e das resistências térmicas das camadas não-homogéneas mais utilizadas. Nessa publicação indicam-se, ainda, os valores do coeficiente de transmissão térmica em superfície corrente, U , das soluções mais comuns em Portugal de paredes, pavimentos e coberturas de edifícios.

De acordo com o RCCTE, quando exista um espaço não-útil (*não-aquecido*) a separar um espaço aquecido interior do ambiente exterior, o cálculo das trocas térmicas reporta-se obrigatoriamente ao elemento construtivo que separa os espaços útil e não-útil. Por essa razão devem adoptar-se os procedimentos de cálculo referidos nos parágrafos seguintes.

Para o cálculo do valor de U de elementos que separam um espaço útil interior de um espaço não-útil (ditos elementos da **envolvente interior**) na expressão acima indicada devem ser adoptados valores das resistências **superficiais** "exteriores" iguais aos interiores (vd. RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1) , ou seja

$$\begin{aligned} R_{se} &= R_{si} \\ &\text{e} \\ U &= \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{si}} \end{aligned}$$

¹ - O símbolo U corresponde ao símbolo K utilizado no RCCTE - versão 1990.

² - Devido às diferenças introduzidas pelo método de cálculo adoptado (de acordo com a EN 6946) e à actualização dos valores de cálculo das condutibilidades térmicas de muitos materiais, verificam-se algumas diferenças em relação a valores de K tabelados anteriormente.

O mesmo se aplica a **coberturas inclinadas sobre desvão não-habitado**, nas quais o desvão é considerado um espaço não-útil (Figura 2.7). O valor de U é calculado apenas para a solução de esteira horizontal do desvão, adoptando-se para o respectivo cálculo

$$R_{se} = R_{si}$$

Uma ilustração detalhada do cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial de diferentes elementos da envolvente, é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2D) deste manual.

A temperatura dos espaços não-aquecidos, θ_a , apresenta um valor intermédio entre as temperaturas interior, θ_i , e exterior, θ_{atm} , que pode ser representado pela seguinte expressão:

$$\theta_a = \theta_{atm} + (1-\tau) \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

ou

$$\theta_i - \theta_a = \tau \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Por esse facto, de acordo com o RCCTE, as perdas térmicas através dos elementos da envolvente interior e dos principais espaços não-aquecidos (nomeadamente, circulações comuns, espaços comerciais, armazéns, garagens, varandas e marquises fechadas, desvãos **não-habitados** sob coberturas inclinadas), são afectadas do correspondente coeficiente τ indicado na Tabela IV.1 do RCCTE (vd. RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.1, página 2493 do Decreto Lei)⁽¹⁾.

Os valores convencionais de τ apresentados que se reproduzem na tabela a seguir têm em consideração os dois factores preponderantes no valor atingido pela temperatura do local não-útil (não-aquecido) (θ_a):

- a relação A_i/A_u entre as áreas do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não-útil (A_i) e do elemento que separa o espaço não-útil do ambiente exterior (A_u);
- o grau de renovação de ar do local não-útil (espaço não-aquecido).

¹ - No RCCTE de 1990, $\tau=0,75$ para todos os casos. Esta simplificação deixou de ser admissível, passando a adoptar-se valores distintos em função da geometria do local.

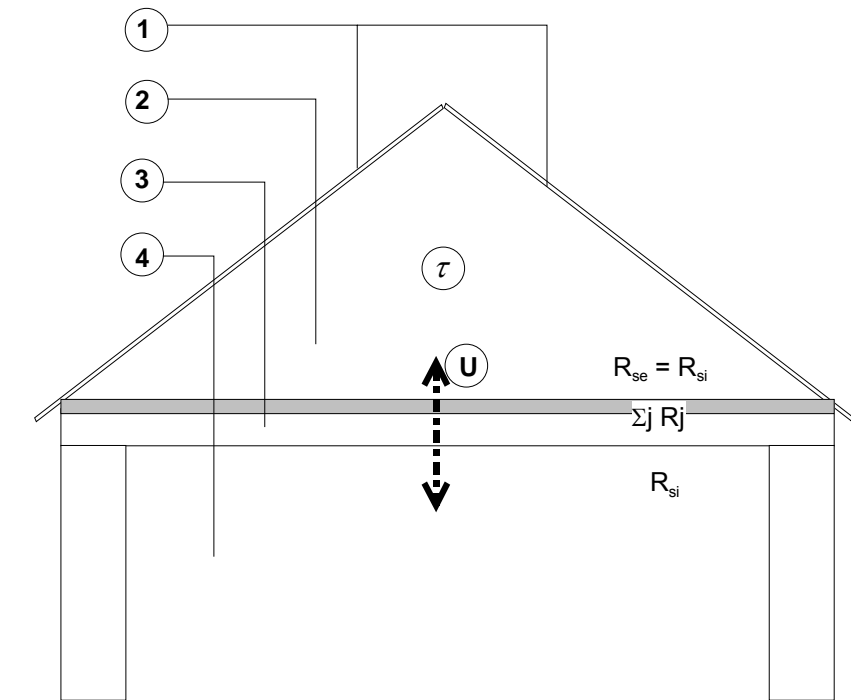
Quadro 2.14 — Valores do coeficiente τ (Tabela IV.1 do Anexo IV do RCCTE).

Tipo de espaço não-útil		$A_j/A_u^{(1)}$		
		0 a 1	1 a 10	> 10
1. CIRCULAÇÃO COMUM				
1.1 sem abertura directa para o exterior		0,6	0,3	0
1.2 com abertura permanente para o exterior (p.ex., para ventilação ou desenfumagem)	a) Área de aberturas permanentes /volume total < 0,05 m ² /m ³	0,8	0,5	0,1
	b) Área de aberturas permanentes /volume total ≥ 0,05 m ² /m ³	0,9	0,7	0,3
2. ESPAÇOS COMERCIAIS				
		0,8	0,6	0,2
3. EDIFÍCIOS ADJACENTES				
		0,6	0,6	0,6
4. ARMAZÉNS				
		0,95	0,7	0,3
5. GARAGENS				
5.1 Privada		0,8	0,5	0,3
5.2 Colectiva		0,9	0,7	0,4
5.3 Pública		0,95	0,8	0,5
6. VARANDAS, MARQUISES E SIMILARES ⁽²⁾				
		0,8	0,6	0,2
7. COBERTURAS SOBRE DESVÃO NÃO HABITADO (ACESSÍVEL OU NÃO) ⁽³⁾				
7.1 Desvão não ventilado		0,8	0,6	0,4
7.2 Desvão fracamente ventilado		0,9	0,7	0,5
7.3 Desvão fortemente ventilado		1,0		

Uma ilustração detalhada da forma correcta de utilização do coeficiente τ é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2B) deste manual.

Deste modo se justifica a expressão de cálculo das perdas térmicas totais, ao longo de toda a estação de aquecimento, através de um espaço não-útil (local não-aquecido) apresentada mais adiante (vd. 4.2, Quadro 4.3):

$$Q_{\text{Ina}} = 0,024 \cdot U_j \cdot A_j \cdot \text{GD} \cdot \tau \quad [\text{kWh}]$$



- 1** – Revestimento exterior da cobertura (incluindo eventual laje inclinada)
- 2** – Desvão não-habitado (espaço não-útil)
- 3** – Esteira horizontal, incluindo solução de isolamento térmico
- 4** – Espaço útil interior

Figura 2.7- Representação esquemática de um desvão de cobertura não-habitado (espaço não-útil).

Notas (Figura 2.7):

- Para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial da cobertura, U (Inverno ou Verão), a camada **1** considera-se **inexistente**.
- Para o cálculo de U , a resistência térmica superficial exterior, R_{se} , é igual a R_{si} .
- O valor de τ depende do grau de ventilação do espaço **2** (desvão), e da relação entre as áreas A_i do elemento **3** (esteira) e A_u do elemento **1** (cobertura inclinada), conforme se indica na Tabela IV-1 (Anexo IV) do RCCTE.
- Uma boa ventilação do desvão contribui para um melhor desempenho termo-higrométrico da cobertura.

Edifício A
fracção autónoma

$A_i = 12,5 \text{ m}^2$

5 m

$A_u = 32,5 \text{ m}^2$

Varanda fechada não climatizada

2,5 m

2 m

■ Envolvente interior $[A_i]$

■ Envolvente de espaço não útil em contacto com o exterior $[A_{u,ne}]$

A_i/A_u	0 a 1	1 a 10	> 10	$A_i/A_u = 12,5 / 32,5 = 0,38 = > \tau = 0,8$
τ	0,8	0,6	0,2	

Diagrama de uma secção transversal de uma parede com uma abertura inclinada. A parede é composta por uma envoltória exterior (vermelha), uma envoltória interior (verde) e um espaço não útil (laranja). A abertura tem uma largura de 2 m e uma altura de 4,5 m. O pé direito é de 2,4 m. As áreas A_1 e A_2 são indicadas.

Legenda:

- Envoltória exterior
- Envoltória interior para cálculo do τ
- Envoltória de espaço não útil em contacto com o exterior

$$A_i/A_u = 21,6 / 9,6 = 2,25 > \tau = 0,3$$

A_i/A_u	0 a 1	1 a 10	> 10
τ	0,6	0,3*	0

29

2.2.2 Pontes Térmicas

Ao contrário do anterior RCCTE, em que as perdas térmicas que ocorrem em zonas não-correntes da envolvente eram contabilizadas através de *factores de concentração de perdas*, no novo regulamento as principais perdas térmicas que ocorrem nos pontos singulares da envolvente são contabilizados individualmente através de coeficientes de transmissão térmica **lineares**, Ψ [W/m.°C].

No novo RCCTE, o número de situações de ponte térmica consideradas é também mais alargado, abrangendo os seguintes casos correntes:

- pontes térmicas lineares devidas ao contacto pavimentos térreos e de paredes (enterradas) com o terreno (vd. RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.2);
- pontes térmicas lineares correspondentes às seguintes ligações (vd. RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.3):
 - ligação da fachada com os pavimentos térreos;
 - ligação da fachada com pavimentos sobre locais não-aquecidos ou exteriores;
 - ligação da fachada com pavimentos intermédios;
 - ligação da fachada com cobertura inclinada ou em terraço
 - ligação da fachada com varanda;
 - ligação entre duas paredes verticais;
 - ligação da fachada com caixa de estore;
 - ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril.

Os valores dos coeficientes Ψ correspondentes às diferentes situações de ponte térmica podem ser determinados de acordo com as metodologias descritas nas normas europeias EN 13370 ou EN ISO 10211-1, respectivamente nos casos de elementos em contacto com o terreno e das outras ligações acima referidas. Todavia, o próprio regulamento indica, para as situações mais comuns acima indicadas, os valores de Ψ que podem ser adoptados por defeito (vd. RCCTE, Anexo IV, Tabelas IV.2 e IV.3).

No sentido de facilitar a quantificação das pontes térmicas lineares devidas a ligações entre elementos não-enterrados, o regulamento permite, ainda, a adopção de um valor convencional de $\Psi = 0,5$ W/m.°C, nos casos não considerados nessas tabelas. Deve notar-se que este valor é uma opção geralmente penalizadora do comportamento dos edifícios, pelo que os projectistas têm todo o interesse em quantificar (Ψ) de forma mais precisa, de acordo com as referidas normas europeias.

Como se refere mais adiante (vd. 4.2, Quadro 4.4) as perdas térmicas registadas nas pontes térmicas lineares são contabilizadas pelo produto do valor do coeficiente Ψ pelo desenvolvimento linear (comprimento) da ponte térmica, o qual deve ser medido pelo interior.

Uma ilustração detalhada do cálculo de diversas pontes térmicas lineares é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Quadro 5.21) deste manual.

Independentemente da quantificação das perdas térmicas lineares, o regulamento impõe limites para o valor de **U** (coeficiente de transmissão térmica superficial) de heterogeneidades opacas inseridas na zona corrente da envolvente, tais como pilares, vigas e caixas de estore.

O valor de **U** destas heterogeneidades – *pontes térmicas planas* –, calculado de forma unidimensional na direcção normal à envolvente, tem de satisfazer às duas condições seguintes:

- não pode ser superior ao dobro do valor de **U** adoptado no projecto para a zona corrente dos elementos em que estão inseridos (paredes, pavimentos ou coberturas);
- tem de ser igual ou inferior aos coeficientes de transmissão máximos admissíveis definidos no Anexo IX do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IX, Quadro IX.1 ou Quadro 3.1 deste Manual).

No exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2D) deste Manual procura-se fazer uma ilustração do cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial das pontes térmicas planas.

Exemplo de aplicação

Na figura 2.10 representa-se uma ligação de uma parede dupla de fachada com um pavimento intermédio.

A parede dupla, com a espessura total de 0,35 m (incluindo revestimentos), é constituída por dois panos de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura, formando um espaço de ar parcialmente preenchido com placas de poliestireno expandido com 30 mm de espessura.

Os parâmetros de caracterização térmica a considerar são os seguintes:

U – coeficiente de transmissão térmica em superfície corrente da parede dupla;

Ψ – coeficiente de transmissão térmica linear devido à ligação da parede dupla com o pavimento;

1.1 ***U1*** – coeficiente de transmissão térmica correspondente à ponte térmica plana representada pelo talão da viga de betão armado de suporte do pavimento, calculado na base de transmissão de calor monodimensional na direcção perpendicular à parede.

O valor de ***U*** correspondente à parede dupla com as características acima indicadas é de **0,61 W/m².°C**, o qual será utilizado para o cálculo das trocas térmicas através desse elemento.

De acordo com o quadro Cr da Tabela IV.3 (Anexo IV) do RCCTE, o valor do coeficiente de transmissão térmica linear, ***Ψ***, toma o valor **0,30 W/m.°C**, o qual será utilizado para o cálculo das perdas térmicas lineares ao longo da ligação parede/pavimento intermédio (vd. 4.2).

O coeficiente de transmissão térmica ***U1*** correspondente à ponte térmica plana representada pelo talão da viga de betão armado de suporte do pavimento, terá de satisfazer às duas seguintes condições:

$$U1 \leq 2 \cdot U = 2 \cdot 0,61 = \mathbf{1,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

e

(vd. Quadro IX.1 do Anexo IX do RCCTE – Quadro 3.1 deste Manual)

U1 ≤ 1,80 W/m².°C, ***U1*** ≤ 1,60 W/m².°C ou ***U1*** ≤ 1,45 W/m².°C, consoante o edifício se localize nas zonas climáticas I1, I2 ou I3, respectivamente

No caso da solução construtiva esquematizada na Figura 2.10 **A**) (viga de betão + pano de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura) o coeficiente ***U1*** toma o valor **1,7 W/m².°C**. Esta solução não é aceitável porque não satisfaz a primeira condição acima referida, nem as 2ª e 3ª condições nas zonas I₂ e I₃.

A solução construtiva alternativa representada na Figura 2.10 **B**) (viga de betão + 40 mm de isolante térmico + pano de alvenaria de tijolo furado com 0,07 m de espessura) conduz a um valor de ***U1*** igual a **0,69 W/m².°C**.

Verifica-se que a solução **B**) permite satisfazer às duas condições acima indicadas.

Nota: A variação de espessura registada no pano de alvenaria interior da solução B) exige a adopção de disposições construtivas que assegurem o travamento adequado desse pano e que minimizem o risco de ocorrência de fendilhação no revestimento interior na zona de variação da respectiva espessura.

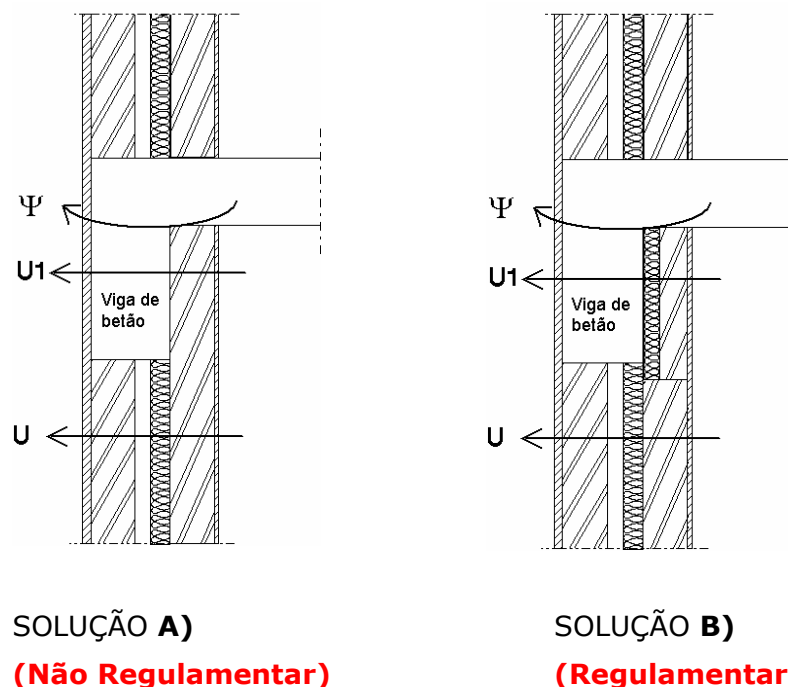


Figura 2.10 – Exemplo de duas soluções de realização de parede de fachada.

2.2.3 Taxas de Renovação de Ar

2.2.3.1 Edifícios Ventilados Naturalmente

EDIFÍCIOS CONFORMES COM A NORMA NP 1037

Se o edifício foi **projectado (o que deve ser evidenciado por projecto específico)** e **executado** de modo a satisfazer **integralmente** às exigências da norma portuguesa **NP 1037-1**, a taxa de renovação de ar horária nominal a adoptar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento (vd. 4.2) e de arrefecimento (vd. 4.3) é de:

$$R_{ph} = 0,60 \text{ h}^{-1}$$

Sem dispensar o cumprimento integral das exigências especificadas naquela norma, referem-se as seguintes disposições construtivas que devem ser implementadas para assegurar condições de ventilação natural:

- existência de aberturas de admissão de ar situadas em todos os compartimentos principais;
- existência de disposições que assegurem a passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviços;
- existência de aberturas (em geral condutas) de evacuação de ar em todos os compartimentos de serviços.
- inexistência de qualquer dispositivo mecânico de extracção, incluindo-se neste caso, especificamente, exaustores de cozinha, extracções nas instalações sanitárias, etc.

OUTROS EDIFÍCIOS

Nos restantes casos de edifícios ventilados naturalmente (sem recurso a meios mecânicos excepto, eventualmente, exaustor na cozinha⁽¹⁾), para a quantificação do número nominal de renovações de ar, R_{ph} , adequado às condições específicas do caso em estudo⁽²⁾ (vd. RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.1) haverá que se determinar, previamente, a respectiva **classe de exposição** à acção do vento e definir a **permeabilidade ao ar da caixilharia** que se pretende utilizar.

A **classe de exposição** (vd. RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.2) depende de três parâmetros:

- altura do edifício⁽³⁾ acima do solo,
- **região** em que o edifício se situa
- **rugosidade** da zona circundante

Consideram-se duas **regiões, A e B**:

Região A - Todo o território nacional, excepto os locais pertencentes à região B

Região B - Região Autónoma dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600 m

E três graus de **rugosidade, I, II e III**

Rugosidade I - Edifícios situados no interior de uma zona urbana

Rugosidade II - Edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural

Rugosidade III - Edifícios situados em zonas muito expostas (sem obstáculos que atenuem o vento)

As diferentes **classes de exposição** consideradas no regulamento estão sintetizadas no Quadro seguinte (vd. RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.2):

¹ - No RCCTE, excepto para os aspectos ligados à satisfação da NP 1037-1, os exaustores de cozinha não são considerados para a contabilização energética, dado que funcionam, tipicamente, apenas durante um curto período de tempo.

² - O Quadro IV.1 do RCCTE aplica-se a edifícios de habitação. No caso de edifícios com outras utilizações, e sem sistemas de ventilação mecânica, deverão ser justificados os valores de R_{ph} adoptados.

³ - Edifício ou fracção autónoma.

Quadro 2.15 — Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fracção autónoma.

Altura do edifício acima do solo	Região A			Região B		
	Grau de rugosidade			Grau de rugosidade		
	I	II	III	I	II	III
< 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
>28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

A classe de **permeabilidade ao ar da caixilharia** prevista deve ser comprovada por resultados de ensaios de qualificação efectuados por um laboratório idóneo, nomeadamente o LNEC, sobre protótipo representativo da **série comercial** a que a caixilharia pertence.

No Regulamento são consideradas quatro classes de permeabilidade ao ar, por ordem crescente de desempenho:

<p>Sem classificação (<i>série</i> de caixilharia <u>não ensaiada</u> ou com permeabilidade ao ar superior ao máximo admitido para a classe 1)</p> <p>Classe 1</p> <p>Classe 2</p> <p>Classe 3</p>
--

A classe de permeabilidade é definida pelo caudal de ar que atravessa a caixilharia, em função da diferença de pressão criada entre as suas faces.

Na figura seguinte representam-se os limites superiores de cada uma das classes consideradas. De acordo com a EN12207, em que a classe de permeabilidade ao ar de uma janela é obtida pelo melhor dos resultados expressos face à unidade de comprimento de junta móvel em ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) ou por unidade de área móvel ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$), Figura 2.11. A classe 4 da EN 12207, para efeitos do Regulamento é considerada de classe 3.

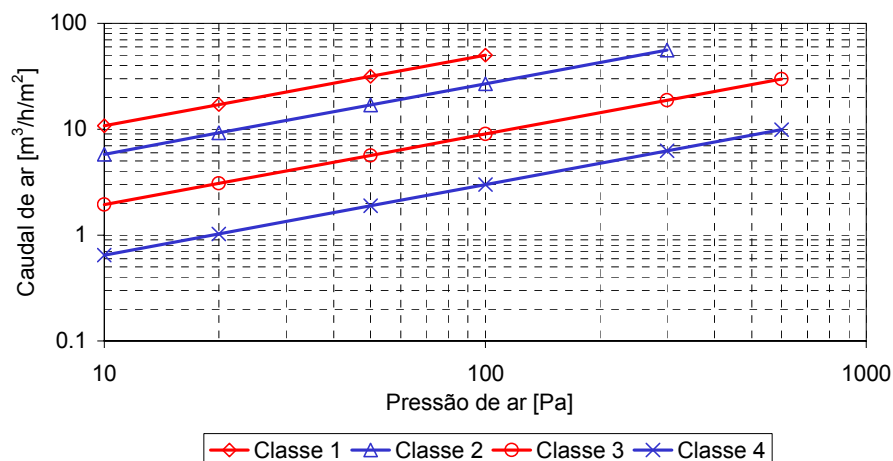


Figura 2.11 – Limites superiores das classes de permeabilidade ao ar das caixilharias.

De salientar que, em termos de permeabilidade ao ar, o “verdadeiro” desempenho de uma dada caixilharia depende, naturalmente, da classe de permeabilidade obtida pelo protótipo da respectiva *série* em ensaios laboratoriais, e, em grande medida, da qualidade da **execução e aplicação em obra** em cada caso concreto.

Chama-se também a atenção para o facto de quanto menor for a permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados mais precauções deverão ser tomadas no que respeita à ventilação (a nível, quer de projecto, quer da própria utilização dos espaços) para minimizar os riscos de ocorrência de condensações nos elementos da envolvente e para garantir uma qualidade do ar interior adequada.

Uma vez definidas a classe de exposição do edifício e a permeabilidade ao ar da caixilharia a instalar, a taxa de renovação de ar horária nominal, R_{ph} , a adoptar é obtida por consulta do Quadro IV.1 do Anexo IV do regulamento, que se reproduz a seguir, tendo em atenção a existência ou não de caixas de estore nos vãos envidraçados e de dispositivos de admissão de ar nas fachadas⁽¹⁾.

Quadro 2.16 — Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fracção autónoma (Quadro IV.1 do Anexo IV do RCCTE).

Classe de Exposição	Dispositivos de Admissão na fachada	Permeabilidade ao ar das caixilharias (de acordo com EN 12207)								Edifícios conformes com NP 1037-1
		Sem classificação		Classe 1		Classe 2		Classe 3		
		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		
		sim	não	sim	não	sim	não	sim	não	
Exp. 1	sim	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	0,75	0,65	0,60
	não	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
Exp. 2	sim	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	
	não	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
Exp. 3	sim	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
	não	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	
Exp. 4	sim	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
	não	1,15	1,05	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	

¹ - Estes dispositivos de admissão de ar podem estar previstos no projecto mas não significam que o edifício cumpra todas as exigências da norma NP 1037-1.

Convém referir que caixas de estore exteriores (que não comunicam com o interior) e que permitem que o caixilho seja fixo em todo o seu perímetro ao vão, não afectam de forma significativa a permeabilidade ao ar da envolvente dos edifícios. Deste modo, nesses casos, na determinação da taxa de renovação de ar horária nominal (quadro 2.16) deve-se considerar que esse vão (ou vãos) não tem caixa de estore

Finalmente, devem ser introduzidas **eventuais** correcções aos valores obtidos do Quadro IV.1 (vd. RCCTE, Anexo IV, **Notas** ao Quadro IV.1) para ter em conta:

- as características das aberturas de ventilação;
- a área relativa dos vãos envidraçados;
- o tipo de vedação prevista para as portas.
-

a) características das aberturas de ventilação

Se as aberturas de ventilação para admissão de ar praticadas nas fachadas **não forem adequadamente concebidas** (isto é, se não forem auto-reguladas) e permitirem uma variação excessiva do caudal (variações de caudal mais do que 1,5 vezes, para diferenças de pressão entre 20 Pa e 200 Pa), conduzirão a um aumento das perdas e dos ganhos por renovação de ar.

Nestas circunstâncias, e de acordo com o novo RCCTE, os valores convencionais das taxas de renovação de ar (R_{ph}) indicados no Quadro IV.1 do regulamento devem ser **agravados** de **0,10** [h^{-1}], ou seja, como se não existissem dispositivos de admissão de ar na fachada, Quadro 2.16.

b) área relativa dos vãos envidraçados

Quanto maior for a área relativa dos vãos envidraçados maior será o comprimento das juntas fixas ou móveis através das quais ocorre uma parte significativa da renovação de ar dos locais interiores

Os valores convencionais de R_{ph} indicados no Quadro IV.1 do novo RCCTE foram estabelecidos admitindo-se uma área **máxima** de vãos envidraçados (A_{env}) igual a **15%** da área útil de pavimento (A_p).

Por essa razão, os valores do Quadro IV.1 (vd. RCCTE, Anexo IV) devem ser **agravados** de **0,10** [h^{-1}], se aquela percentagem relativa de área de vãos envidraçados **for excedida** ($A_{env} > 0,15 \cdot A_p$).

c) tipo de vedação prevista para as portas

Facilmente se compreende que a taxa convencional de renovação de ar (R_{ph}) diminuirá se as juntas móveis de todas as portas exteriores do edifício, ou fracção autónoma, forem bem vedadas por aplicação de borrachas ou equivalente em todo o seu desenvolvimento.

Por essa razão o novo RCCTE admite a possibilidade de se **reduzir** os valores de R_{ph} indicados no Quadro IV.1 (vd. RCCTE, Anexo IV) em **0,05** [h^{-1}], para edifícios **não-conformes** com a NP 1037-1, cujas portas exteriores disponham daquele tipo de vedação.

Uma ilustração da aplicação destes agravamentos ou reduções é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2G) deste manual.

2.2.3.2 Edifícios Ventilados Mecanicamente

Em alternativa à ventilação natural, a renovação de ar das fracções autónomas pode ser assegurada por meios mecânicos, nomeadamente recorrendo a sistemas de extracção nas instalações sanitárias.

Neste caso, a taxa de renovação horária (R_{ph}) a considerar na aplicação do regulamento deve incluir os caudais de ar correspondentes à ventilação mecânica e à ventilação natural, a qual continua a ocorrer em maior ou menor grau.

A taxa de renovação horária é, genericamente, dada pela expressão:

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}_f}{V} + \frac{\dot{V}_x}{V} \quad [h^{-1}]$$

em que

\dot{V}_f – caudal devido à ventilação mecânica [m^3/h]

\dot{V}_x – caudal devido à ventilação natural [m^3/h]

V – volume útil interior da fracção autónoma [m^3]

O caudal devido à **ventilação mecânica**, \dot{V}_f , toma os seguintes valores:

- o maior dos valores correspondentes ao caudal insuflado (\dot{V}_{ins}) ou extraído (\dot{V}_{ev}), no caso de sistemas mecânicos de caudal constante;
- o maior dos valores médios diários dos caudais insuflado e extraído, no caso de sistemas mecânicos de caudal variável.

A taxa de renovação horária devida à **ventilação natural** (\dot{V}_x / V) toma os seguintes valores (Figura 2.12), em função da classe de exposição do edifício e do desequilíbrio entre os caudais insuflados e extraídos mecanicamente:

- no caso de edifícios com **classe de exposição Exp 1** (vd. 2.2.3.1)
 - (\dot{V}_x / V) varia linearmente entre $0,3 h^{-1}$ e $0,1 h^{-1}$, quando a **diferença** entre as taxas de renovação devidas aos caudais insuflado (\dot{V}_{ins} / V) e extraído (\dot{V}_{ev} / V) for igual, respectivamente, a 0 e $0,10 h^{-1}$;
 - quando aquela diferença for superior a $0,1 h^{-1}$ considera-se $(\dot{V}_x / V) = 0$
- no caso de edifícios com **classe de exposição Exp 2** (vd. 2.2.3.1)
 - (\dot{V}_x / V) varia linearmente entre $0,7 h^{-1}$ e $0,1 h^{-1}$, quando a **diferença** entre as taxas de renovação devidas aos caudais insuflado (\dot{V}_{ins} / V) e extraído (\dot{V}_{ev} / V) for igual, respectivamente, a 0 e $0,25 h^{-1}$;
 - quando aquela diferença for superior a $0,25 h^{-1}$ considera-se $(\dot{V}_x / V) = 0$
- no caso de edifícios com **classe de exposição Exp 3 ou 4** (vd. 2.2.3.1)
 - (\dot{V}_x / V) varia linearmente entre $1,0 h^{-1}$ e $0,1 h^{-1}$, quando a diferença entre as taxas de renovação devidas aos caudais insuflado (\dot{V}_{ins} / V) e extraído (\dot{V}_{ev} / V) for igual, respectivamente, a 0 e $0,50 h^{-1}$;

quando esta diferença for superior a $0,50 \text{ h}^{-1}$ considera-se

$$(\dot{V}_x / V) = 0$$

Preferencialmente, os sistemas de ventilação mecânica devem ser dimensionados para a colocação do edifício em sobrepressão ou depressão adequada, de modo a que se possa desprezar o efeito da ventilação natural ($\dot{V}_x / V = 0$), de acordo com os critérios acima indicados.

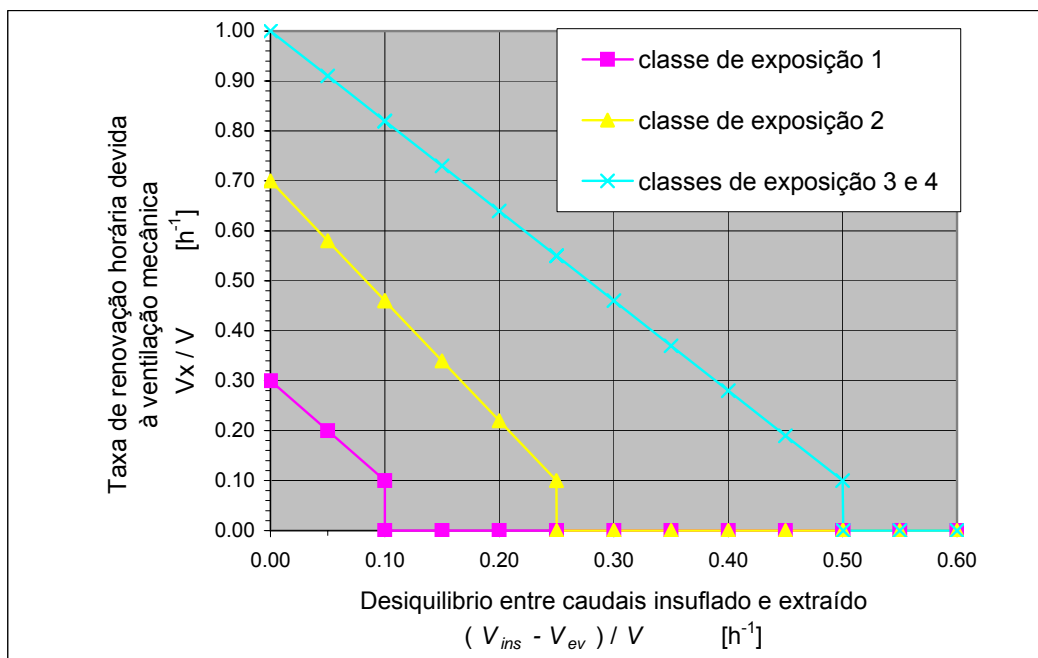


Figura 2.12 – Taxas de renovação horária devidas à ventilação mecânica (\dot{V}_x / V), em função do desequilíbrio entre os caudais insuflado e extraído $[(\dot{V}_{ins} - \dot{V}_{ext}) / V]$ e da classe de exposição do edifício.

Exemplo de aplicação

Considere-se uma fracção autónoma com as seguintes características:

Ap = 120 m^2 (área útil de pavimento)

Pd = $2,5 \text{ m}$ (pé direito útil)

V = $120 \times 2,5 = 300 \text{ m}^3$ (volume útil interior)

As fachadas da fracção autónoma têm uma **classe de exposição 2**

Sistema de ventilação mecânica com **extracção** nos compartimentos de serviços

Caudal constante de extracção mecânica: $\dot{V}_{ev} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Como a fracção autónoma **não** dispõe de **insuflação** mecânica,

$$\dot{V}_{ins} = 0 \quad e \quad \dot{V}_f = \dot{V}_{ev}$$

A taxa de renovação horária do ar interior devida à **ventilação mecânica** é:

$$\dot{V}_f / V = 180/300 = \mathbf{0,6 \text{ h}^{-1}}$$

A diferença, em valor absoluto, entre as taxas de renovação devidas aos caudais insuflado e extraído é:

$$|(\dot{V}_{ins} - \dot{V}_{ev}) / V| = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

Este valor é **superior** ao limite de **0,25 h⁻¹** estabelecido para a **classe de exposição 2** e, portanto, pode considerar-se nulo o contributo da ventilação natural (Figura 2.12):

$$(\dot{V}_x / V) = 0$$

Neste caso a taxa horária de renovação do ar interior (**R_{ph}**) a adoptar para o cálculo das necessidades de aquecimento (vd. 4.2) e de arrefecimento (vd. 4.3) é de:

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}_f}{V} + \frac{\dot{V}_x}{V} = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

*

Considere-se agora a mesma fracção autónoma mas admita-se que dispõe de **sistemas mecânicos de insuflação** e de **extracção** de ar com as seguintes características:

Caudal **constante** da **extracção** mecânica: $\dot{V}_{ev} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal **constante** da **insuflação** mecânica: $\dot{V}_{ins} = 240 \text{ m}^3/\text{h}$

De acordo com o RCCTE o caudal de ventilação mecânica (\dot{V}_f) é o maior destes dois valores:

$$\dot{V}_f = \dot{V}_{ins} = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

e a taxa de renovação horária do ar interior devida à **ventilação mecânica** é:

$$\dot{V}_f / V = 240/300 = 0,8 \text{ h}^{-1}$$

O desequilíbrio entre as taxas de renovação devidas aos caudais insuflado e extraído é:

$$(\dot{V}_{ins} - \dot{V}_{ev}) / V = 0,2 \text{ h}^{-1}$$

Este valor é **inferior** ao limite de **0,25 h⁻¹** estabelecido para a **classe de exposição 2** e, portanto, o contributo da ventilação natural (Figura 2.12) é:

$$(\dot{V}_x / V) = 0,22 \text{ h}^{-1}$$

Neste caso a taxa horária de renovação do ar interior (**R_{ph}**) a adoptar para o cálculo das necessidades de aquecimento (vd. 4.2) e de arrefecimento (vd. 4.3) é de:

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}_f}{V} + \frac{\dot{V}_x}{V} = 0,80 + 0,22 = 1,02 \text{ h}^{-1}$$

Para assegurar uma qualidade mínima do ar interior e reduzirem-se os riscos de ocorrência de condensações nos elementos da envolvente dos edifícios, os sistemas de ventilação mecânica devem ser projectados de modo a garantirem uma **taxa horária de renovação mínima de 0,6 h⁻¹**.

De referir, ainda, que no caso de utilização de sistemas mecânicos de ventilação tem de incluir-se no cálculo dos consumos nominais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc}) os consumos de energia eléctrica, E_v , correspondentes ao funcionamento dos ventiladores (vd. Quadros 4.5 e 4.9):

$$E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot M \quad [\text{kWh}], \text{ na estação de aquecimento}$$

e

$$E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot 4 \quad [\text{kWh}], \text{ na estação de arrefecimento}$$

em que:

P_v - soma das potências eléctricas de todos os ventiladores instalados, em [W]

M - duração média da estação convencional de aquecimento, em meses (vd. 2.1.4 e 2.1.5) –

Nota: No Verão, conforme já referido em 2.1.3, a estação convencional de arrefecimento é de 4 meses (1 de Junho a 30 de Setembro).

No caso de um ventilador comum a várias fracções autónomas, a energia total correspondente ao seu funcionamento deve ser dividida entre cada uma dessas fracções autónomas, numa base directamente proporcional aos caudais de ar nominais correspondentes a cada uma delas.

No caso de a ventilação mecânica incluir um sistema de recuperação de calor do ar extraído, a respectiva eficácia (η_v) deve ser considerada apenas na estação de aquecimento (vd. Quadro 4.5), visto que na estação de arrefecimento as temperaturas médias mensais exteriores são inferiores (vd. Quadros 2.7, 2.10 e 2.13) à temperatura interior de conforto (25°C).

2.2.4 Inércia Térmica

A **inércia térmica interior** de uma fracção autónoma é função da capacidade térmica (ou *capacidade de armazenamento e de restituição de calor*) que os locais apresentam e 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 fracção.

Em função do valor de **I_t** o regulamento (vd. RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.6) define as três classes de inércia térmica indicadas no Quadro seguinte:

Quadro 2.17 – Classes de inércia térmica interior.

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área útil de pavimento, I_t [kg/m ²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

A massa superficial útil por unidade de área útil de pavimento, **I_t** , é calculada a partir da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} S_i}{A_p}$$

em que:

M_{si} - massa superficial útil do elemento i [kg/m^2]

S_i - área da superfície interna do elemento i [m^2]

A_p - área útil de pavimento [m^2]

A massa superficial útil⁽¹⁾, M_{si} , de cada elemento de construção envolvente (elemento *exterior*) ou interior à fracção autónoma depende da *massa total por unidade de área* do elemento (m_t) e, ainda, dos seguintes aspectos:

- da sua localização no edifício (em contacto com o ambiente exterior, com espaços não-úteis, com outras fracções autónomas ou com o terreno; ou no interior da fracção autónoma);
- da sua própria massa superficial e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento de uma eventual **solução de isolamento térmico** (interior, exterior ou intermédia);
- das características térmicas do respectivo **revestimento superficial interior**.

Em função destes aspectos o regulamento apresenta (vd. RCCTE, Anexo VII, capítulo 2) a forma de cálculo (ou os valores máximos a considerar) da massa superficial útil, M_{si} , de um grande número de elementos construtivos correntes.

No Quadro seguinte apresentam-se os valores máximos de M_{si} a considerar em função de três casos genéricos de localização dos elementos de construção no edifício ou fracção autónoma:

- elementos em contacto com o ambiente exterior, outras fracções autónomas ou espaços não-úteis (EL1);
- elementos em contacto com o solo (EL2);
- elementos de compartimentação interior da fracção autónoma em estudo (EL3).

Quadro 2.18 – Valores máximos da massa superficial útil (M_{si}) em função da localização no edifício dos elementos de construção.

Localização dos elementos de construção no edifício	Valores máximos de $M_{si}(\text{kg/m}^2)$ a considerar no cálculo de I_t	
	Com Isolamento(*)	Sem Isolamento
EL1 - Elemento da envolvente exterior, em contacto com outra fracção autónoma ou com espaços não úteis	$M_{si} = m_i$	$M_{si} = m_t/2$
	e $M_{si} \leq 150$	e $M_{si} \leq 150$
EL2 – Elementos em contacto com o solo.	$M_{si} = m_i$	
	e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = 150$
EL3 – Elementos de compartimentação interior da fracção autónoma em estudo (paredes e pavimentos interiores)		$M_{si} = m_t$
		e $M_{si} \leq 300$

m_i – massa do elemento da envolvente situada do lado interior do isolamento térmico;

m_t – massa total do elemento da envolvente;

(*) material de condutibilidade térmica inferior a $0,065 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, com espessura tal que conduza a uma resistência térmica superior a $0,30 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, de acordo com o Anexo VII do RCCTE, Capítulo 2.1.

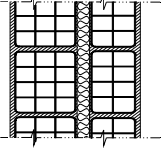
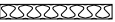
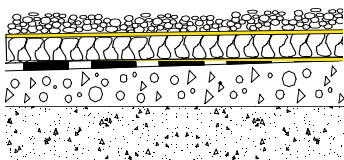

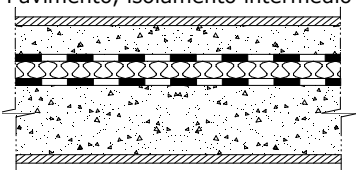
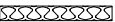
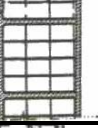

NOTA : os valores indicados não têm em consideração a existência e influencia das características dos revestimentos superficiais (vd. Quadro 2.20).

A constituição dos elementos de construção da envolvente em termos do posicionamento das soluções de isolamento térmico (interior, exterior ou intermédia) vai condicionar a contabilização da sua massa superficial útil, como se

¹ - Massa por unidade de área do próprio elemento.

apresenta no Quadro 2.19 para alguns dos elementos mais comuns da envolvente representados esquematicamente no Anexo VII do RCCTE (Figuras VII.2 a VII.6).

Quadro 2.19 – **Exemplos** de valores a adoptar para a massa superficial útil (M_{si}) em função da constituição do elemento e do posicionamento de uma eventual solução de isolamento térmico.

Elemento da envolvente	Constituição e posicionamento de uma eventual solução de isolamento térmico	M_{si} (kg/m ²)	
		Com Isolamento	Sem Isolamento
Paredes exteriores ou em contacto com o solo	Parede dupla, isolada no espaço de ar		
		$M_{si} = m_{pi}$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_{pi}/2$ e $M_{si} \leq 150$
	 – Isolante térmico		
Coberturas	Terraço, isolado pelo exterior		
		$M_{si} = m_t$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
	 – Isolante térmico		
Pavimentos	Pavimento, isolamento intermédio		
		$M_{si} = m_t$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
	 – Isolante térmico		
Paredes de separação entre fracções autónomas sem isolamento			$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
Paredes e pavimentos interiores à fracção autónoma			$M_{si} = m_t$ e $M_{si} \leq 300$

m_{pi} – massa do pano interior de uma parede dupla (**do isolamento para o interior**).

m_t – massa total do elemento da envolvente (**do isolamento para o interior**);

NOTA : os valores indicados não têm em consideração a existência e influência das características dos revestimentos superficiais (vd. Quadro 2.20).

As massas superficiais (m_t , ou m_{pi}) necessárias ao cálculo dos valores de M_{si} dos diversos elementos de construção podem ser obtidas em publicações e Documentos de Homologação (DH) do LNEC ou similar, em tabelas técnicas ou em documentação técnica idónea dos respectivos fabricantes⁽¹⁾.

¹ - Em último caso pode ser calculada a partir do conhecimento das características geométricas do elemento e das massas volúmicas dos respectivos materiais constituintes.

Relembre-se que se consideram **soluções de isolamento térmico** as camadas constituintes do elemento construtivo que proporcionam uma resistência térmica igual ou superior $0,30 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A influência das características térmicas dos **revestimentos superficiais interiores** é considerada no RCCTE da forma indicada no quadro seguinte:

Quadro 2.20 – Influência dos revestimentos superficiais interiores na massa superficial útil.

Elemento construtivo	Resistência térmica, R , do revestimento superficial [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]	Valor efectivo a adoptar para a massa superficial útil (M_{si})
Elemento das envolventes exterior ou “interior”	$R \leq 0,14$	M_{si}
	$0,14 < R \leq 0,30$	$0,50 \cdot M_{si}$
	$R > 0,30$	0
Elemento de compartimentação interior (parede ou pavimento interior) da fracção autónoma	$R \leq 0,14$	M_{si}
	$R > 0,14$ uma das faces do elemento	$0,75 \cdot M_{si}$
	$R > 0,14$ ambas as faces do elemento	$0,50 \cdot M_{si}$

A título de exemplo pode apontar-se a influência de algumas soluções habituais de revestimentos superficiais de paredes, de pavimentos e de tectos:

- os rebocos correntes com base em argamassas de gesso, de cimento ou de cal, bem como os revestimentos cerâmicos ou de pedra, ou ainda, os revestimentos de madeira (tacos, *parquet*) ou de produtos derivados de madeira assentes **directamente** sobre o suporte contínuo apresentam resistências térmicas reduzidas ($R \leq 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);
- os revestimentos de paredes, de tectos ou de pisos aplicados sobre elementos descontínuos formando um **espaço e ar** (placas de gesso cartonado, placas ou régua de madeira ou de derivados de madeira, tectos falsos diversos) apresentam resistências térmica (R) superiores a $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ (incluindo a resistência térmica do espaço de ar) e, portanto, deverão ser considerados no cálculo da massa superficial útil como se indica no quadro anterior
- os revestimentos de piso flutuantes (madeira ou derivados de madeira) aplicados sobre uma camada resiliente (*underlay* ou outra camada de isolamento para sons de percussão) de cortiça, de espumas plásticas (em geral polietileno extrudido) ou de lã mineral, apresentam, em geral, resistências térmicas (R) superiores a $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e, portanto, deverão também ser considerados no cálculo da massa superficial útil como se indica no quadro anterior.

Uma ilustração detalhada do cálculo das massas superficiais úteis de diversos elementos e da inércia térmica de fracções autónomas é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2F) deste manual.

Em termos gerais pode referir-se o facto de uma maior inércia térmica (**média** ou **forte**) ser benéfica em termos do desempenho térmico e energético do edifício (ou da fracção autónoma) ao permitir, por um lado um melhor aproveitamento dos ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno) e, por outro lado, minimizar o risco de sobreaquecimento indesejado durante a meia estação e a estação de arrefecimento (Verão).

2.2.5 Factores Solares

2.2.5.1 Generalidades

Para o cálculo (vd. 4.2 e 4.3) das necessidades nominais de energia útil de aquecimento (Nic) e de arrefecimento (Nvc) devem ser contabilizados os ganhos solares através dos vãos envidraçados que ocorrem, respectivamente, durante as estações de aquecimento e de arrefecimento.

Na estação de aquecimento (**Inverno**), os ganhos solares (brutos) através do vão envidraçado n com orientação j são dados pela expressão

$$Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj} \right] M$$

e na estação de arrefecimento (**Verão**) pela expressão

$$Q_s = \sum_j \left[I_{rj} \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj} \right]$$

em que G_{sul} (X_j) e I_{rj} representam a energia solar incidente (vd. 2.1), respectivamente no Inverno e no Verão, no vão envidraçado com a orientação j e A a área correspondente.

Nestas expressões, os diversos factores F_{\perp} e g_{\perp} traduzem a fracção da radiação solar incidente disponível no exterior ($G_{sul} \cdot X_j$ ou I_{rj}) que entra para o interior do espaço útil (sob a forma de radiação, quer visível quer térmica), e M a duração da estação de aquecimento (Quadro 2.1).

Esses factores têm o seguinte significado:

F_h , *factor de sombreamento do horizonte*, traduz a percentagem da área do envidraçado que não é sombreada por obstruções longínquas exteriores ao edifício (outros edifícios ou construções, relevo, etc.) ou por outros elementos (corpos e outros volumes) do próprio edifício;

F_o , *factor de sombreamento por elementos horizontais adjacentes (ou sobrepostos) ao vão envidraçado*, traduz a percentagem da área do envidraçado que não é sombreada por palas, varandas ou outros elementos exteriores **horizontais** (ou, eventualmente, inclinados em relação ao plano horizontal), fixos ou móveis (toldos, por exemplo);

F_f , *factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes (ou sobrepostos) ao vão envidraçado*, traduz a percentagem da área do envidraçado que não é sombreada por palas, outros elementos exteriores **verticais** (ou, eventualmente, inclinados em relação ao plano vertical), fixos ou móveis (portadas exteriores abertas, por exemplo), adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado;

Nota: No RCCTE, o produto ($F_h \cdot F_o \cdot F_f$) denomina-se **factor de obstrução** (F_s).

F_g , *fracção envidraçada*, traduz a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia (opaca), sendo dada pela relação entre a área envidraçada (vidro) e a área total do vão envidraçado;

F_w , *factor de correcção da selectividade angular do tipo de envidraçado utilizado*, traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades de transmissão da radiação solar directa através do vidro com o respectivo ângulo de incidência;

g_{\perp} , *factor solar do vão envidraçado*, traduz a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado e a radiação solar incidente na direcção normal a esse vão.

Como é compreensível, os factores acima apresentados não tomam, necessariamente, os mesmos valores nas estações de aquecimento e de arrefecimento, devido aos diferentes ângulos de incidência da radiação solar ou modos de utilização das protecções solares móveis nessas estações, pelo que se torna necessário o cálculo individualizado para cada uma delas.

2.2.5.2 Factores Solares na Estação de Aquecimento (Inverno)

2.2.5.2.1 Método Detalhado

F_h, *factor de sombreamento do horizonte*: o sombreamento provocado num vão envidraçado por outros edifícios e outras obstruções construídas ou naturais (próximas ou longínquas) depende de vários factores, nomeadamente, do **ângulo de horizonte**, da orientação solar e da latitude em que o edifício se situa.

O **ângulo de horizonte** é definido como o ângulo entre o plano horizontal e a recta que passa pelo centro do envidraçado e pelo ponto mais alto da **maior obstrução** existente entre dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado

Nota: *Só se consideram as obstruções situadas no interior de um ângulo diedro definido por dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado (vd. Figuras 2.13 e 2.14).*

Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte:

No caso da figura 2.13 representam-se (**em planta**) quatro edifícios A, B, C, e D. O edifício A tem dois corpos A1 e A2.

Para o cálculo do **ângulo de horizonte** do vão envidraçado do corpo **A2** considere-se:

a) o ângulo formado por dois planos verticais (a traço contínuo) que fazem 60° com a normal (a traço interrompido) ao ponto médio do vão.

Só os edifícios **B** e **C** e o canto do corpo **A1** (assinalados a cinzento) estão dentro do ângulo formado pelos dois planos. Portanto só estes edifícios vão ser considerados para o cálculo do ângulo de horizonte;

b) o ângulo formado entre a horizontal e o ponto mais alto de cada edifício considerado (**B**, **C** e canto do corpo **A1**), medido a partir do centro do vão envidraçado como se representa na figura 2.14;

c) o ângulo de horizonte (α) a adoptar para o cálculo dos ganhos solares (de Inverno) é o maior dos ângulos determinados (neste caso o ângulo α_1 formado com o canto do corpo **A1**).

Nota: *Chama-se a atenção para o facto de o maior desses ângulos (ângulo de horizonte) depender da **altura** da obstrução considerada, da **distância** a que esta se encontra do vão envidraçado, e da diferença relativa de **cotas de implantação** entre o edifício em estudo e as obstruções eventuais.*

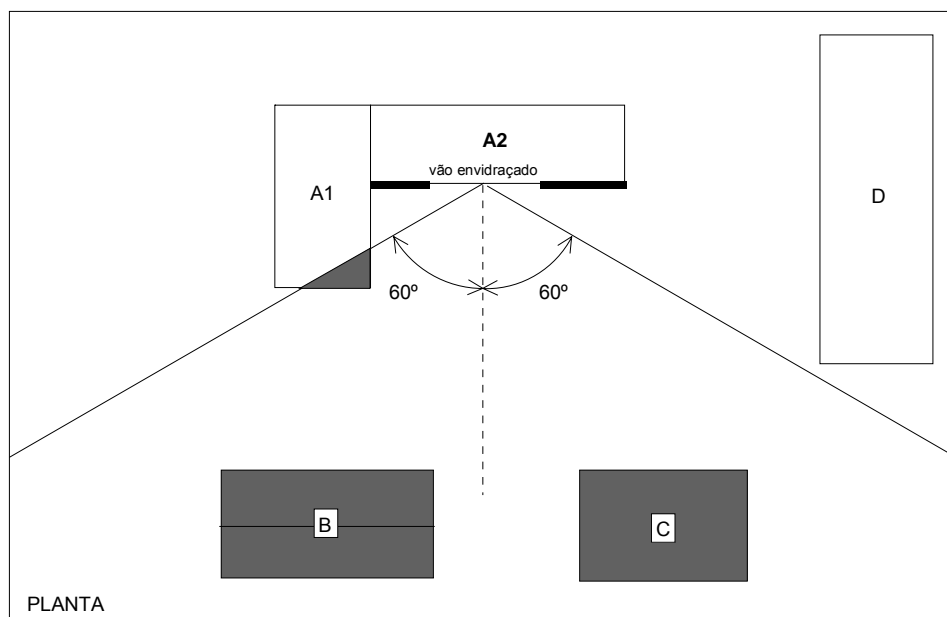


Figura 2.13 – Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte. **Planta** de implantação dos edifícios e obstruções a considerar.

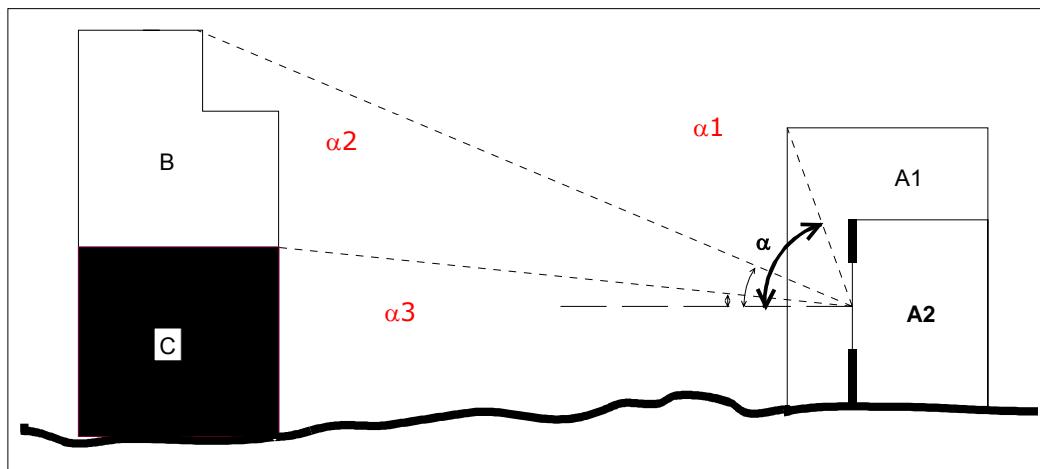


Figura 2.14 – Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte (α). Vista lateral (**alçados**) dos edifícios e determinação do ângulo de horizonte.

Naturalmente que, para o cálculo do factor de sombreamento F_h , apenas se poderão considerar as obstruções existentes ou previsíveis à data da execução do projecto, as quais deverão ser consideradas para o cálculo do ângulo de horizonte .

Quando não haja informação suficiente sobre as obstruções existentes ou previsíveis, na estação de aquecimento (**Inverno**) podem adoptar-se os seguintes valores para o **ângulo de horizonte**:

45°, em meio **urbano**

20°, em meio **rural**

A partir do conhecimento do **ângulo de horizonte** a consulta da Tabela IV.5 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IV, depois das Folhas de Cálculo), permite obter o valor do *factor de sombreamento do horizonte* **F_h (Inverno)** correspondente a cada vão envidraçado (ou a um conjunto de vãos idênticos em condições de exposição semelhantes) com uma determinada orientação.

Por uma questão de simplificação, para *ângulos de horizonte superiores* a 45° adoptam-se os valores de **F_h (Inverno)** indicados na tabela IV.5 do RCCTE correspondentes a um ângulo de 45°

F_o, *factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao vão envidraçado*: a percentagem da área do envidraçado que não é sombreada por palas, varandas ou outros elementos exteriores **horizontais** (ou, eventualmente, inclinados em relação ao plano horizontal) depende, naturalmente, do ângulo de incidência da radiação solar, do comprimento do elemento horizontal sobreposto ao vão e da orientação deste.

Em termos práticos a influência da geometria do elemento de sombreamento e a sua interacção com a altitude solar é representada pelo **ângulo da "pala"**, α , medido a partir do **ponto médio** do envidraçado (Figura 2.15).

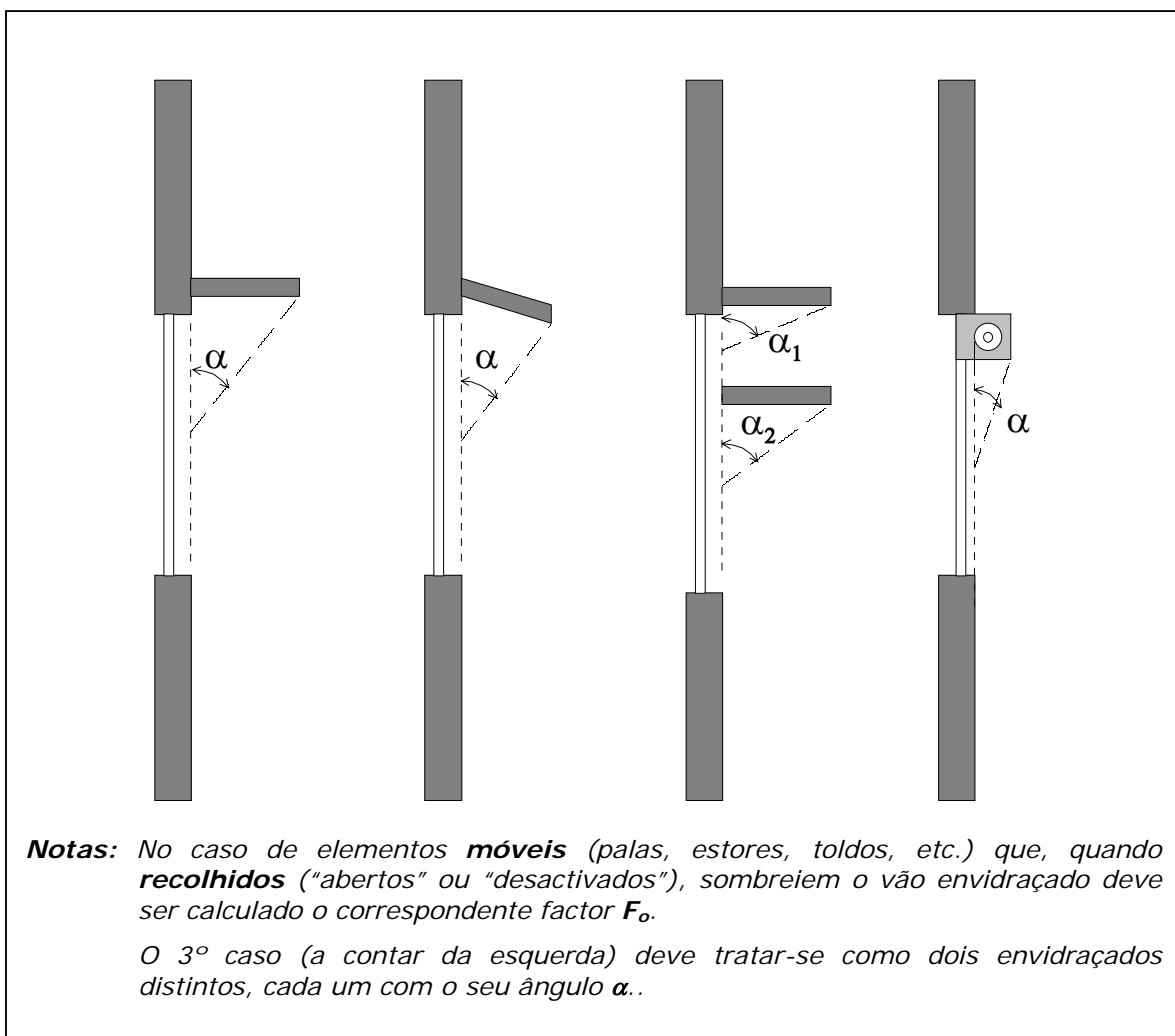


Figura 2.15 – Exemplos de medição do *ângulo α de palas* e de outros elementos "horizontais" (secção vertical) sobrepostos ao vão envidraçado.

Na estação de aquecimento (**Inverno**) o valor de F_o correspondente aos elementos "horizontais" de protecção solar (palas opacas comuns ou outros elementos com efeito semelhante) é obtido por consulta directa da Tabela IV.6 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IV, depois das Folhas de Cálculo), uma vez conhecidos o **ângulo da pala, α** , (Figura 2.15) e a orientação do vão envidraçado.

Por uma questão de simplificação, para **ângulos α do elemento de sombreamento superiores a 60°** adoptam-se os valores de F_o (**Inverno**) indicados nas tabela IV.6 do RCCTE correspondentes a um ângulo de 60°

F_f , *factor de sombreamento por elementos **verticais** adjacentes (ou sobrepostos) ao vão envidraçado*: à semelhança do caso anterior, o valor de F_f (Inverno) correspondente aos elementos verticais de protecção solar (palas verticais opacas comuns ou outros elementos com efeito semelhante) é obtido por consulta directa da Tabela IV.7 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IV, depois das Folhas de Cálculo), uma vez conhecidos o **ângulo da "pala" vertical, β** , (fig. 2.16) e a orientação do vão envidraçado.

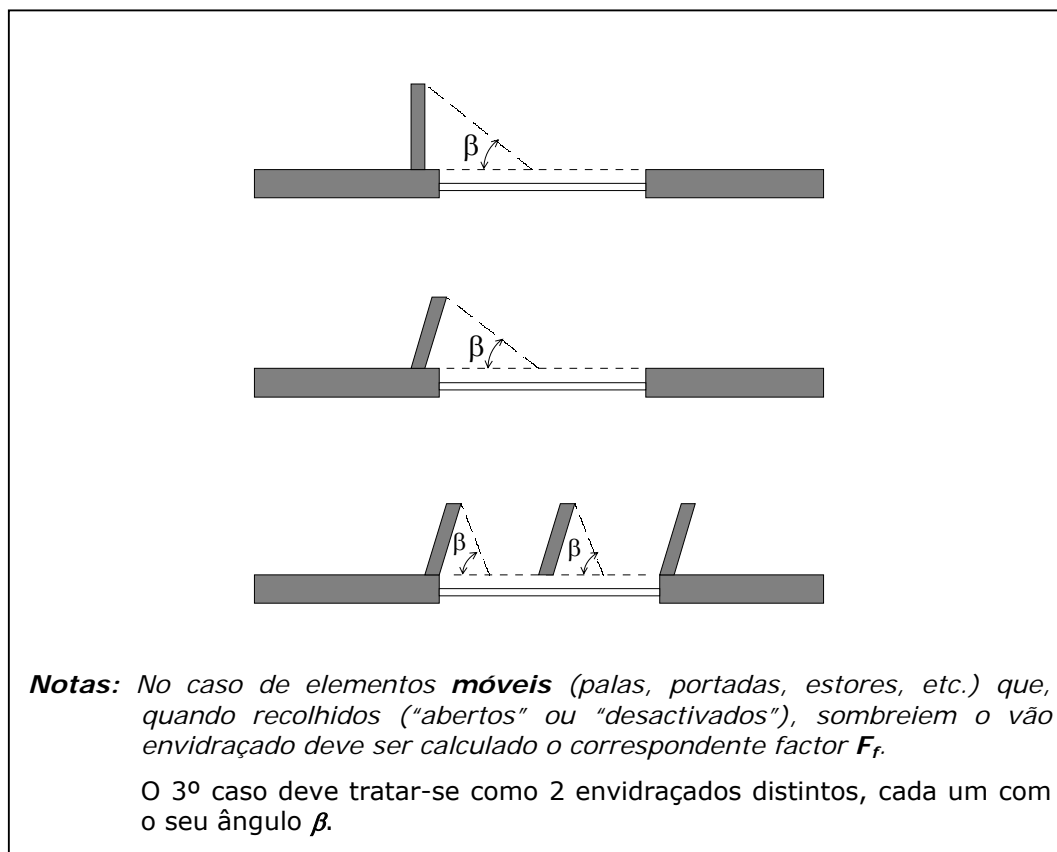


Figura 2.16 – Exemplos de medição do **ângulo (β) de palas verticais** (secção horizontal).

Por uma questão de simplificação, para **ângulos do elemento vertical de sombreamento superiores a 60°** adoptam-se os valores de F_f (**Inverno**) indicados nas tabela IV.7 do RCCTE correspondentes a um ângulo de 60°.

Nota 1: Quando o vão envidraçado não dispuser de quaisquer palas de sombreamento, **horizontais** e **verticais**, deve considerar-se o produto

$$F_o \cdot F_f = 0,90$$

que traduz o sombreamento provocado pelo contorno do vão, uma vez que o vão envidraçado não é, habitualmente, aplicado no plano da face exterior da parede.

Nota 2: No RCCTE o produto ($F_h \cdot F_o \cdot F_f$) denomina-se factor de obstrução (F_s).

Para ter em atenção o facto de existir sempre radiação incidente difusa e reflectida - mesmo que o vão envidraçado esteja totalmente sombreado pelo horizonte ou por elementos horizontais ou verticais adjacentes ou sobrepostos - o regulamento estabelece que o produto do **factor de orientação**, $X_{j,,}$, do envidraçado (vd. RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.4) pelo **factor de obstrução** não pode ser **inferior a 0,27**, ou seja:

$$X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \geq 0,27$$

F_g , *fracção envidraçada*; o valor da fracção envidraçada F_g pode ser obtido, para os tipos correntes de caixilharia, por consulta directa do Quadro IV.5 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IV, capítulo 4.3.4).

F_w , *factor de correcção da selectividade angular do tipo de vidro* utilizado: na estação de aquecimento (**Inverno**), para os vidros simples e duplos correntes, o valor de F_w assume o valor:

$$F_w = 0,9$$

Nota: Para outros tipos de vidros devem ser utilizados os valores de F_w fornecidos pelos respectivos fabricantes, determinados com base na EN 410.

g_L , *factor solar do vão envidraçado*: na estação de aquecimento (**Inverno**) o valor de g_L tem em consideração a utilização desejável dos dispositivos **móveis** de protecção solar (estores, portadas, gelosias, cortinas, etc.), interiores ou exteriores. Admite-se que aqueles dispositivos **móveis** são utilizadas com razoável eficácia e, portanto, estão em geral abertos (*“desactivados”*) para permitir os ganhos solares.

Todavia, de acordo com o regulamento, sempre que seja previsível a utilização de dispositivos que normalmente permanecem fechados durante a estação de aquecimento, estes devem ser considerados no cálculo do factor solar do vão envidraçado.

Nesta situação inclui-se o **sector residencial**, no qual, **salvo justificação em contrário**, deve ser considerada a existência, pelo menos, de **cortinas interiores muito transparentes de cor clara**. Em consequência deste

pressuposto no **sector residencial** devem adoptar-se por defeito os seguintes valores de g_{\perp} :

$g_{\perp} = 0,70$ para vidro **simples incolor c/ cortinas interiores muito transparentes**

$g_{\perp} = 0,63$ para vidro **duplo incolor c/ cortinas interiores muito transparentes**

***Nota:** Para outros tipos de vidros (coloridos ou especiais) devem ser calculados os correspondentes valores de g_{\perp} de acordo com o procedimento apresentado no regulamento (Anexo V, no final de 2.3, a seguir ao Quadro V.4) ou utilizarem-se os valores fornecidos pelos respectivos fabricantes, determinados com base na EN 410.*

Exemplos de cálculo:

A) Vão envidraçado com vidro simples reflectante incolor

O valor de g_{\perp} correspondente a este **vidro simples** e às cortinas interiores muito transparentes é dado por (Anexo V, no final de 2.3, a seguir ao Quadro V.4):

$$g_{\perp} = \frac{g_{\perp}' \cdot g_{\perp v}}{0,85} = (0,70 \cdot 0,60) / 0,85 = 0,49$$

g_{\perp} - factor solar do vão envidraçado com cortinas muito transparentes e vidro simples reflectante incolor

g_{\perp}' - factor solar do vão envidraçado com cortinas muito transparentes e vidro simples incolor (**0,70**, vd. Quadro V.4, Anexo V do RCCTE)

$g_{\perp v}$ - factor solar do vidro simples reflectante incolor (**0,60**, vd. Tabela IV.4.1, Anexo IV do RCCTE)

*

B) Vão envidraçado com vidro duplo constituído por:

vidro reflectante incolor + vidro incolor

O valor de g_{\perp} correspondente a este **vidro duplo** e às cortinas interiores muito transparentes é dado por (Anexo V, no final de 2.3, a seguir ao Quadro V.4):

$$g_{\perp} = \frac{g_{\perp}' \cdot g_{\perp v}}{0,75} = (0,63 \cdot 0,52) / 0,75 = 0,44$$

g_{\perp} - factor solar do vão envidraçado com cortinas muito transparentes e vidro duplo reflectante incolor

g_{\perp}' - factor solar do vão envidraçado com cortinas muito transparentes e **vidro duplo** incolor + incolor (**0,63**, vd. Quadro V.4, Anexo V do RCCTE)

$g_{\perp v}$ - factor solar do **vidro duplo** reflectante incolor + incolor (**0,52**, vd. Tabela IV.4.1, Anexo IV do RCCTE)

Uma ilustração detalhada do cálculo dos diversos coeficientes F_{\perp} e g_{\perp} para determinação dos ganhos solares de Inverno é apresentada no exemplo 5.2 (vd. Anexo 5.2E) deste manual.

2.2.5.2.2 Método Simplificado (Inverno)

Para dispensar um cálculo exaustivo dos vários coeficientes F_i , para cada orientação, o valor do produto $F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w$ pode ser considerado, por defeito, igual a

$$F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w = 0,46$$

desde que sejam satisfeitas, simultaneamente, as seguintes condições:

- para cada orientação, tendo em conta o ponto médio de cada uma das fachadas do edifício (ou fracção autónoma), não devem existir obstruções situadas acima de um plano inclinado a 20° com a horizontal e também entre os planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao ponto médio da fachada, a menos de pequenos obstáculos sem impacto significativo, do tipo postes de iluminação, de telefones, ou equivalente;
- os envidraçados não devem ser sombreados por elementos do edifício, nomeadamente palas ou outros elementos, sendo esta aproximação satisfatória quando os elementos horizontais que se projectam sobre a janela têm um comprimento inferior a $1/5$ da altura da janela, e os elementos verticais adjacentes às janelas não se projectam mais de $1/4$ da largura da janela.

Nestas condições, na estação de aquecimento (**Inverno**) os ganhos solares brutos (Q_s) através dos vãos envidraçados (vd. 2.2.5.1) podem ser calculados, **para cada fachada** do edifício ou da fracção autónoma, conforme o objecto de aplicação do RCCTE, pela equação:

$$Q_s = G_{\text{sul}} \sum_j [X_j \cdot 0,46 \cdot A_j \cdot g_{\perp}] \cdot M$$

Exemplo de aplicação

Na Figura 2.17 representa-se a planta de implantação do edifício **A** (edifício em estudo) e de dois outros edifícios (B e C).

Admite-se que a cada piso do edifício **A** corresponde uma fracção autónoma.

Neste exemplo considera-se, a título ilustrativo, apenas uma das fachadas do edifício **A**.

A aplicação às outras fachadas com vãos envidraçados seria idêntica.

Para dispensar o cálculo exaustivo dos vários coeficientes F_{0i} , e ser possível aplicar o valor por defeito $F_h, F_o, F_f, F_g, F_w = 0,46$, há que proceder às seguintes verificações:

- considerando, em **planta** (Figura 2.17), o ponto médio da fachada de cada uma das fracções autónomas do edifício **A**, entre os planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal desse ponto apenas o edifício B pode constituir uma obstrução solar;
- admitindo que o comprimento das palas horizontais existentes sobre os vãos envidraçados (Figura 2.18) é de 0,30 m e que a altura desses vãos é de 1,80 m, verifica-se a condição de o comprimento da pala ser inferior a 1/5 da altura do vão envidraçado;
- considerando, em **alçado**, o ponto médio das fachadas das fracções autónomas dos 2º e 3º pisos do edifício **A**, não existem obstruções (no edifício B) situadas acima de um plano inclinado a 20°;

Neste caso, e para as fachadas destas duas fracções autónomas do edifício **A**, estão satisfeitas as condições para utilização do valor por defeito acima referido.

$$F_h, F_o, F_f, F_g, F_w = 0,46$$

A fachada da fracção autónoma do 1º piso não satisfaz a esta última condição (Figura 2.18) e, portanto, para ela não pode ser utilizado aquele valor por defeito, devendo proceder-se ao cálculo pelo método detalhado.

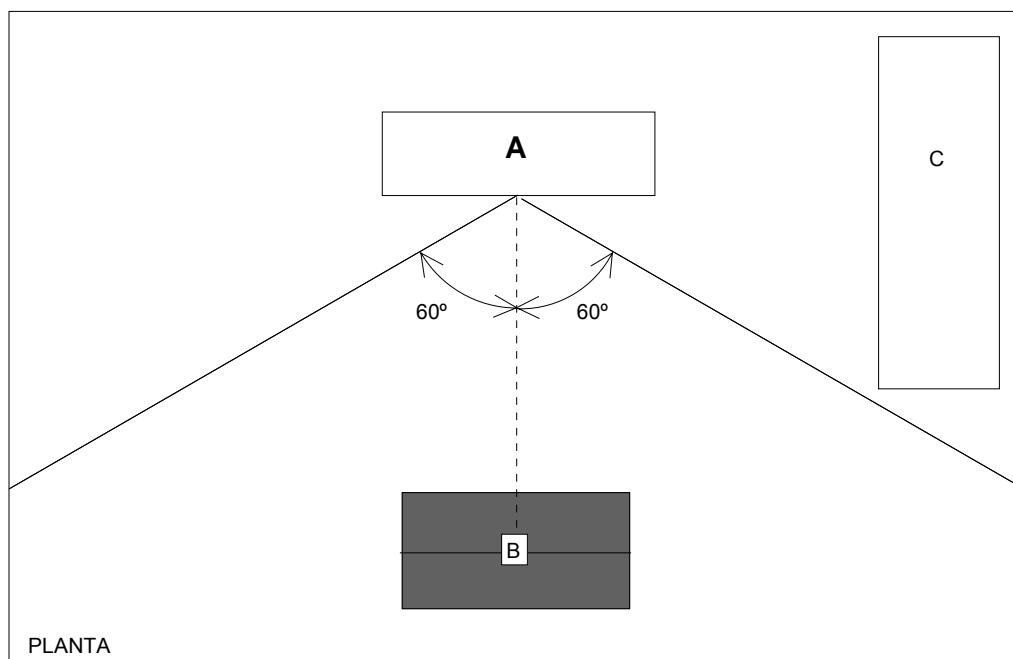


Figura. 2.17 – Exemplo de verificação da aplicabilidade do valor por defeito dos factores F_0 . **Planta** de implantação dos edifícios e obstruções a considerar.

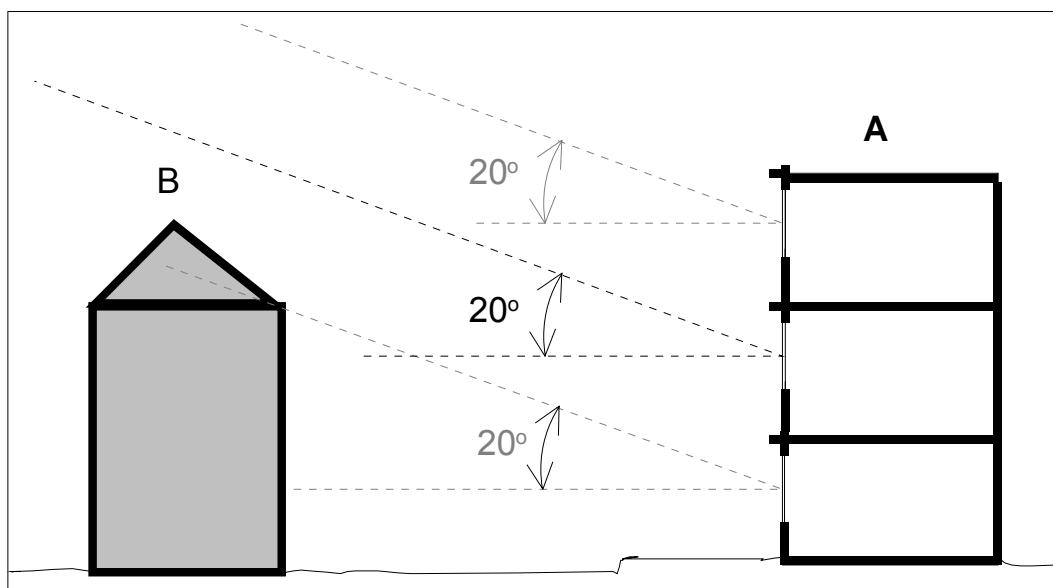


Figura. 2.18 – Exemplo de verificação da aplicabilidade do valor por defeito dos factores F_0 . **Vista lateral** (alçados/corte) dos edifícios.

2.2.5.3 Factores Solares na Estação de Arrefecimento (Verão)

2.2.5.3.1 Método Detalhado

F_h, *factor de sombreamento do horizonte*: na estação de arrefecimento (**Verão**), atendendo ao facto de a altitude solar ser superior à de Inverno, considera-se, simplificadamente, que a fachada do edifício em estudo não é sombreada e, portanto:

$$F_h = 1$$

F_o, *factor de sombreamento por elementos horizontais (ou inclinados) sobrepostos ao vão envidraçado*: na estação de arrefecimento (**Verão**) o valor de **F_o** correspondente aos elementos exteriores horizontais fixos (ou, eventualmente, inclinados em relação ao plano horizontal) de protecção solar (palas, varandas ou outros elementos) é obtido por consulta directa do Quadro V.1 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo da "pala"**, α , (vd. 2.2.5.2, Figura 2.15) e a orientação do vão envidraçado.

Admite-se que as protecções **móveis** "horizontais" (toldos, palas reguláveis, etc.) são utilizadas com razoável eficácia com o objectivo de se minimizarem os indesejados ganhos solares de Verão; por essa razão admite-se que o correspondente valor do factor de sombreamento **F_o** seja obtido pela seguinte soma ponderada:

F_o (*protecção "horizontal" móvel*) =

70% do valor de **F_o** obtido por consulta directa do Quadro V.1 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo α da protecção móvel** (Figura 2.15) na sua posição de totalmente "*activada*" e a orientação do vão envidraçado;

+

30% do valor de **F_o** obtido por consulta directa do Quadro V.1 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo da protecção móvel** (Figura 2.15) na sua posição de totalmente "*desactivada*" (*recolhida*) e a orientação do vão envidraçado.

F_f, *factor de sombreamento por elementos **verticais** adjacentes (ou sobrepostos) ao vão envidraçado*: na estação de arrefecimento (**Verão**) o valor de **F_f** correspondente aos elementos verticais **fixos** de protecção solar (palas verticais ou outros elementos com efeito semelhante) é obtido por consulta directa do Quadro V.2 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo β da pala** (vd. 2.2.5.2, Figura 2.16) e a orientação do vão envidraçado.

À semelhança do caso das protecções móveis horizontais, admite-se que as protecções **móveis** verticais (toldos, palas reguláveis, etc.) são utilizadas com razoável eficácia com o objectivo de se minimizarem os indesejados ganhos solares de Verão; por essa razão admite-se que o correspondente valor do factor de sombreamento **F_f** seja obtido pela seguinte soma ponderada:

F_f (*protecção vertical móvel*) =

70% do valor de **F_f** obtido por consulta directa do Quadro V.2 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo β da protecção móvel** (Figura 2.16) na sua posição de totalmente “*activada*” e a orientação do vão envidraçado;

+

30% do valor de **F_f** obtido por consulta directa do Quadro V.2 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3), uma vez conhecidos o **ângulo da protecção móvel** (Figura 2.16) na sua posição de totalmente “*desactivada*” e a orientação do vão envidraçado.

Exemplo de cálculo:

Considere-se (Figura 2.19) um vão envidraçado com vidro simples incolor protegido na estação de arrefecimento (**Verão**) por um toldo opaco vertical amovível.

Largura do vão envidraçado: 4,0 m

Comprimento do toldo completamente aberto: 2,0 m

Ângulo (β) do toldo vertical (aberto): 45° (vd. 2.5.2, Figura 2.16)

Orientação do vão envidraçado: Sudoeste

Factor F_f correspondendo ao toldo completamente "activado" (aberto):

$$F_f = 0,85 \text{ (vd. RCCTE, , Anexo V, Tabela V.2)}$$

Factor F_f correspondendo ao toldo completamente recolhido (admitindo que nesta posição não sombreia o vão envidraçado):

$$F_f = 1,0 \text{ (vd. RCCTE, , Anexo V, Tabela V.2)}$$

Valor de F_f a utilizar no cálculo dos ganhos solares:

$$F_f = 0,7 \cdot (0,85) + 0,3 \cdot (1,0) = \mathbf{0,90}$$

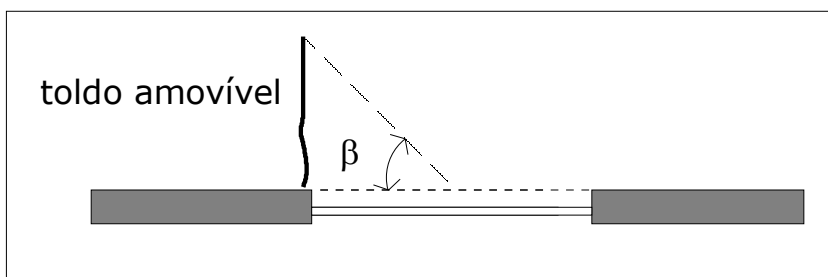


Figura 2.19 - Representação esquemática (**em planta**) de uma janela com protecção por toldo amovível vertical lateral (exemplo de cálculo).

Nota: À semelhança do preconizado para a estação de aquecimento (vd. 2.5.2), quando o vão envidraçado não dispuser de quaisquer palas e sombreamento, **horizontais** e **verticais**, deve considerar-se o produto

$$F_o \cdot F_f = \mathbf{0,90}$$

que traduz o sombreamento provocado pelo contorno do vão, uma vez que o vão envidraçado não é, habitualmente, aplicado no plano da face exterior da parede.

F_g, *fracção envidraçada*; naturalmente que o valor a fracção envidraçada **F_g** é igual todo o ano e, portanto, pode ser obtido, para os tipos correntes de caixilharia, por consulta directa do Quadro IV.5 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo IV, capítulo 4.3.4).

F_w, *factor de correcção da selectividade angular do tipo de vidro* utilizado: na estação de arrefecimento (**Verão**) o valor de **F_w** pode ser obtido, para os tipos correntes de vidros simples e duplos, por consulta directa do Quadro V.3 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3).

Nota: Para outros tipos de vidros devem ser utilizados os valores de **F_w** fornecidos pelos respectivos fabricantes, determinados com base na EN 410.

g_l, *factor solar do vão envidraçado*: na estação de arrefecimento (**Verão**) o valor de **g_l** tem em consideração a utilização desejável dos dispositivos **móveis** de protecção solar (estores, portadas, gelosias, cortinas, etc.), interiores ou exteriores. Admite-se que aqueles dispositivos **móveis** são utilizados com razoável eficácia e, por essa razão, o regulamento prevê que o valor do factor solar **g_l** seja obtido pela seguinte soma ponderada:

g_l (*vão envidraçado*) =

70% do valor de **g_l'**, obtido, para as soluções correntes de dispositivos de protecção interior ou exterior e de vidro **incolor**, simples ou duplo, por consulta directa do Quadro V.4 do regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, capítulo 2.3)

Nota: Para outros tipos de vidros (*coloridos ou especiais*) devem ser calculados os correspondentes valores de **g_l** de acordo com o procedimento apresentado no regulamento (vd. RCCTE, Anexo V, no final de 2.3, a seguir ao Quadro V.4)

+

30% do valor do *factor solar do vidro* **sem qualquer dispositivo de protecção solar**, (**g_{lv}**) obtido, para as soluções correntes de vidros simples e duplos, por consulta directa da Tabela **IV.4** do regulamento (vd. RCCTE, **Anexo IV**, depois das Folhas de Cálculo).

Nota: Para outros tipos de vidros devem ser utilizados os valores de **g_{lv}** fornecidos pelos respectivos fabricantes, determinados com base na EN 410.

No sector residencial, por uma questão de coerência com os pressupostos admitidos para o cálculo do factor solar na estação de aquecimento (vd. 2.5.2), também na estação de arrefecimento se admite a existência de cortinas interiores muito transparentes de cor clara, caso não estejam definidas outras protecções solares específicas.

2.2.5.3.2 Método Simplificado (Verão)

De modo idêntico ao referido no caso da estação de aquecimento, para dispensar um cálculo exaustivo dos vários coeficientes F_{ij} para cada orientação, o valor do produto $F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w$ pode ser considerado, por excesso, igual a

$$F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w = 0,51$$

desde que sejam satisfeitas a seguinte condição:

- os envidraçados não devem ser sombreados por elementos do edifício, nomeadamente palas ou outros elementos, sendo esta aproximação satisfatória quando os elementos horizontais que se projectam sobre a janela têm um comprimento inferior a 1/5 da altura da janela, e os elementos verticais adjacentes às janelas não se projectam mais de 1/4 da largura da janela.

Nestas condições, na estação de arrefecimento (**Verão**) os ganhos solares brutos (Q_s) através dos vãos envidraçados (vd. 2.2.5.1) podem ser calculados, **para cada fachada**, pela equação:

$$Q_s = \sum_j \left[I_{r_j} \sum_n (A_j \cdot 0,51 \cdot g_{\perp})_{nj} \right]$$

Capítulo 3

Aplicação do Regulamento

3 APLICAÇÃO DO REGULAMENTO

3.1 Requisitos Mínimos Regulamentares

Na sua nova formulação, o RCCTE, à semelhança da versão de 1990, impõe requisitos mínimos de qualidade térmica aos elementos da envolvente dos edifícios/fracções autónomas a partir da limitação dos valores, quer do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) dos elementos opacos da envolvente, quer do factor solar dos vãos envidraçados (q_v).

3.1.1 Envolvente Opaca

O RCCTE estabelece valores máximos admissíveis para os coeficientes de transmissão térmica superficial da zona corrente da envolvente opaca, diferenciados consoante a zona climática de Inverno (I1, I2, I3) e o tipo de elemento¹ da envolvente em zona corrente (paredes, coberturas, pavimentos sobre o exterior ou sobre alguns locais não-aquecidos), conforme se indica no Quadro 3.1. Distinguem-se dois tipos de envolvente:

Envolvente Exterior – conjunto dos elementos do edifício ou da fracção autónoma que definem a fronteira entre o espaço útil interior e o ambiente exterior.

Envolvente Interior – fronteira entre a fracção autónoma e ambientes normalmente não climatizados (espaços anexos não úteis: garagens, marquises, armazéns, sótãos, caves não habitadas, etc), e ainda fracções autónomas em edifícios adjacentes.

Quadro 3.1 – Envolvente Opaca - Coeficientes de transmissão térmica superficial - valores máximos admissíveis – U (W/m².°C).

Envolvente Opaca Zona Corrente		Zona Climática de Inverno U (W/m ² .°C)		
		I1	I2	I3
Exterior	paredes	1,80	1,60	1,45
	cobertura e pavimentos	1,25	1,00	0,90
Interior	paredes	2,00	2,00	1,90
	cobertura e pavimentos	1,65	1,30	1,20

Na Figura 3.1 encontram-se sistematizados os diferentes elementos da envolvente da Fracção Autónoma A relativamente a um mesmo edifício (Edifício A).

¹ As exigências não se aplicam a paredes ou a pavimentos em contacto com o terreno. De modo idêntico, também não se aplicam a elementos que separam espaços não-úteis do ambiente exterior.

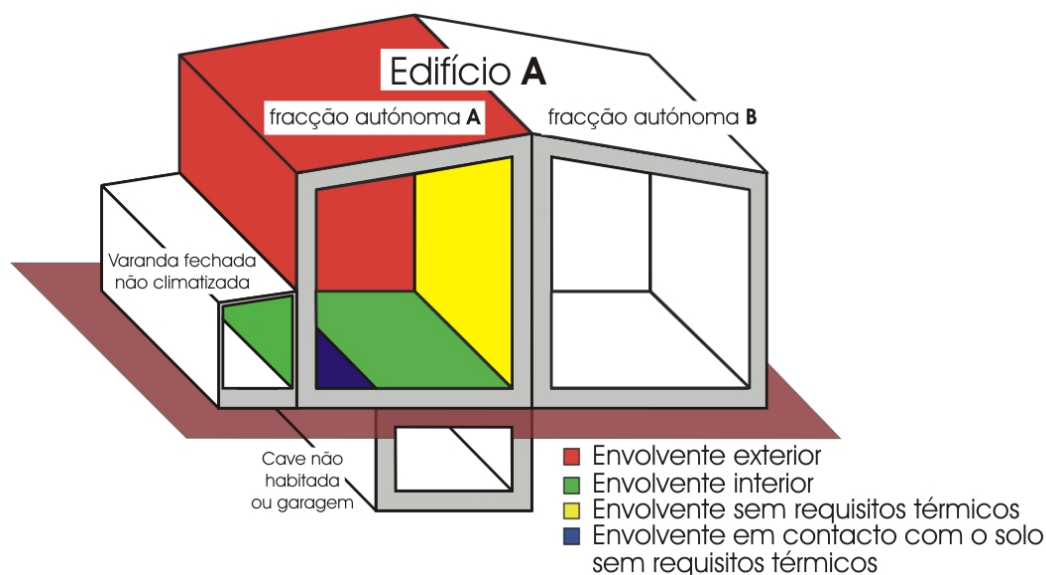


Figura 3.1 – Elementos da envolvente de uma fracção autónoma (A) confinante com outra fracção autónoma (B) de um mesmo edifício (Edifício A).

Importa realçar que a nova versão do RCCTE considera como envoltório interior os elementos que confinam com outras fracções autónomas, desde que se situem em edifícios vizinhos (Figura 3.2).

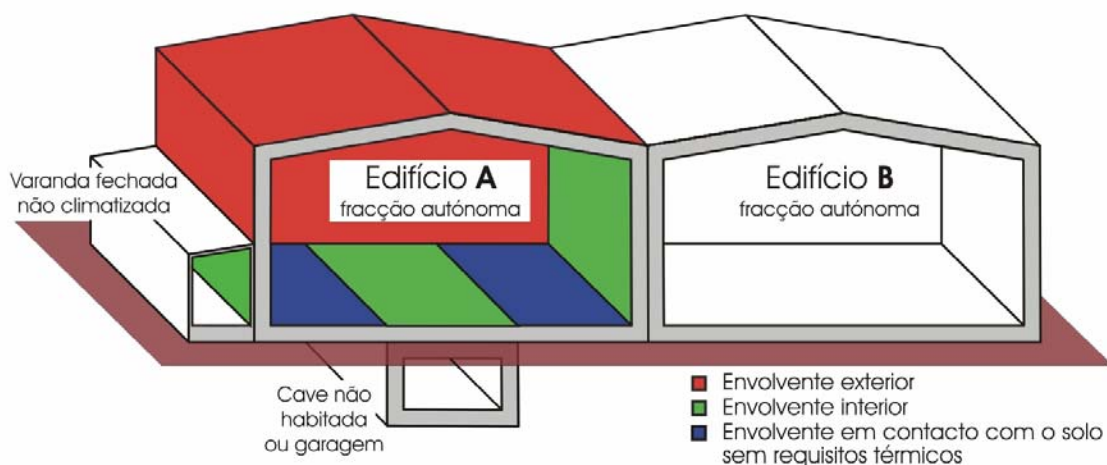


Figura 3.2 – Elementos da envolvente de uma fracção autónoma (A) de um edifício A confinante com outra fracção autónoma (B) de um edifício vizinho B.

Os requisitos térmicos relativamente à envolvente interior são, à partida, menos exigentes que os da envolvente exterior uma vez que as trocas térmicas entre o espaço útil e o espaço não útil são geralmente inferiores às que se observariam com o exterior pois a temperatura do ar nos espaços anexos não úteis (θ_a) toma normalmente valores intermédios entre a temperatura da zona útil (θ_i) e a temperatura do ar exterior (θ_{atm}), recorrendo para a quantificação de θ_i ao parâmetro τ – ver capítulo 2, secção 2.2.1. A Figura 3.3 ilustra duas situações típicas e os correspondentes valores do factor τ .

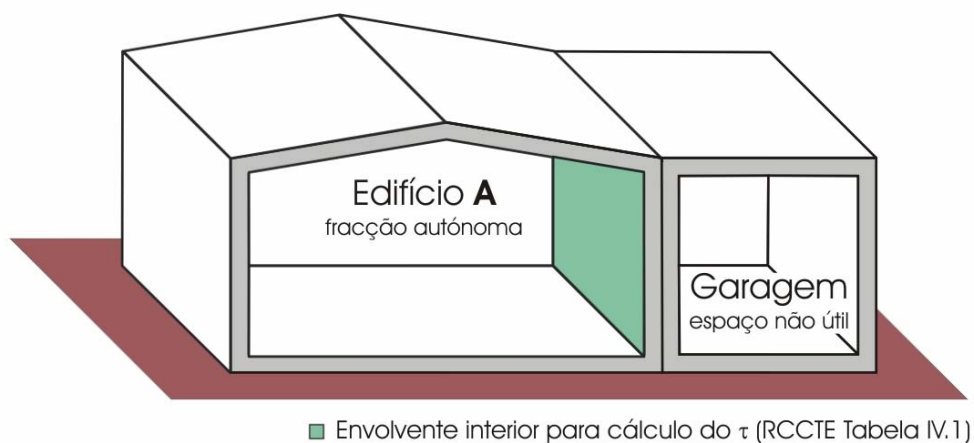
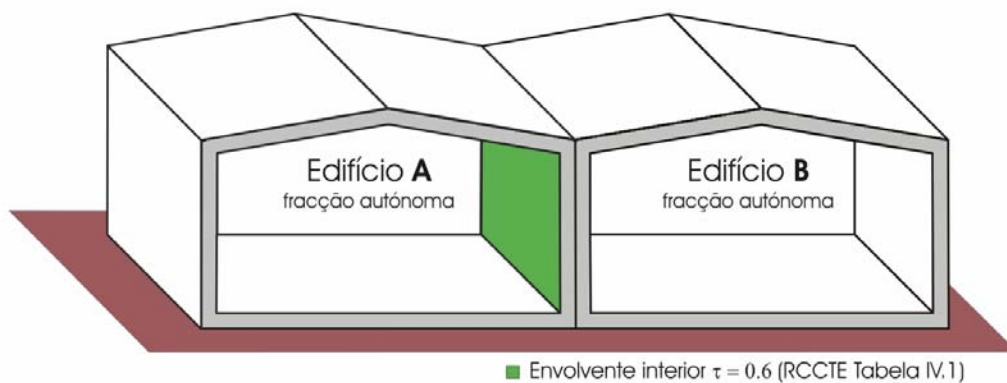


Figura 3.3 – Elementos da envoltório interior e coeficiente τ .

Para valores de τ superiores a 0,7, aplicam-se à envoltório interior os requisitos correspondentes à envoltório exterior (Quadro 3.1).



Figura 3.4 –Edifícios adjacentes.

O RCCTE de 2006 mantém para a envoltório opaca em zona corrente os mesmos **requisitos mínimos de qualidade** térmica estabelecidos na versão de 1990, mas torna-se mais restritiva relativamente aos elementos opacos em zonas não correntes, incluindo as zonas de ponte térmica plana (pilares, vigas, caixas de estores) conforme foi descrito no Capítulo 2.

3.1.2 Vãos Envidraçados

Os requisitos regulamentares para os vãos envidraçados são expressos em termos do factor solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais (g_{\perp}), ou seja, o quociente entre a energia solar transmitida através de um vão envidraçado com o respectivo dispositivo de protecção solar (100% activo) e a energia solar nele incidente.

Os requisitos relativos ao factor solar são impostos para vãos não orientados a Norte (entre Noroeste e Nordeste) e com uma área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem.

De notar, no entanto, que para este limite de 5% conta a soma de todos os envidraçados presentes num espaço (excepto os orientados a norte), para evitar que um conjunto de pequenos envidraçados, somados entre si, acabem por ter um impacto indesejável equivalente a um grande envidraçado.

Quadro 3.2 – Factores Solares Máximos Admissíveis dos Vãos Envidraçados.

Classe de Inércia Térmica	Zona climática		
	V1	V2	V3
fraca	0,15	0,15	0,10
média	0,56	0,56	0,50
forte	0,56	0,56	0,50

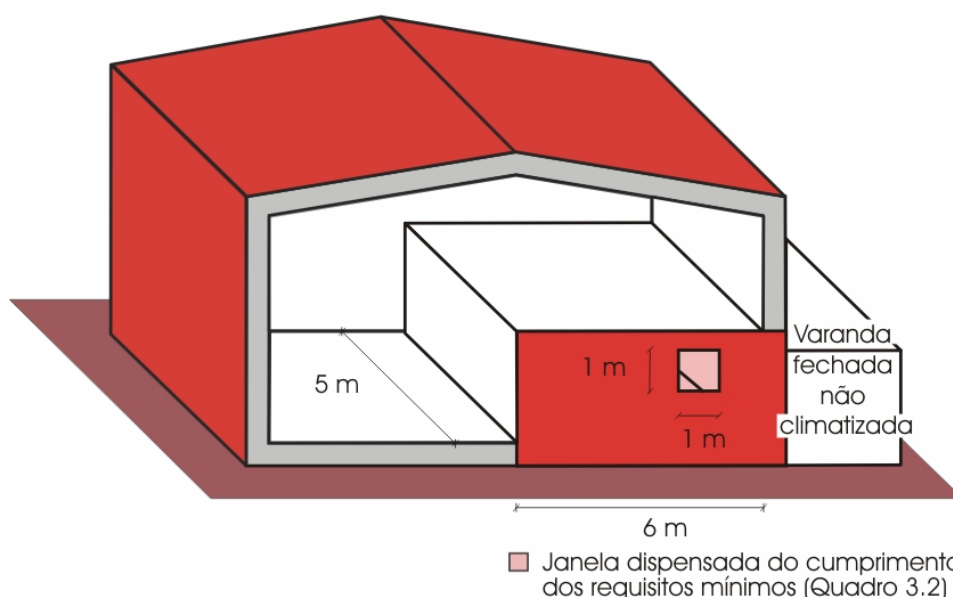


Figura 3.5 – Requisitos relativos aos Vãos Envidraçados.

Os valores limites impostos para o factor solar dos vãos envidraçados com dispositivos de protecção solar 100% activos, são expressos em função da zona climática de Verão e da inércia térmica do edifício, Quadro 3.2.

No caso do vão se encontrar protegido por uma pala ou elemento equivalente, que reduza a incidência da radiação solar, esse dispositivo deve ser considerado para a verificação do critério de protecção solar mínima do vão envidraçado. Por exemplo, num edifício de inércia térmica forte, um vão com vidro simples ($g_{\perp} = 0,85$) protegido com uma pala horizontal com ângulo de 60° ($F_o = 0,52$) apresenta uma protecção solar de 0,44 ($0,85 \times 0,52 = 0,44$), satisfazendo o requisito de protecção solar de 0,50 aplicável à zona V₃.

3.2 Requisitos Energéticos

Para cada fracção autónoma sujeita à verificação regulamentar, é necessário proceder ao cálculo das necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}) e águas quentes sanitárias (N_{ac}), valores estes que terão de ser, respectivamente, inferiores aos correspondentes valores limites de referência para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento N_i , para arrefecimento N_v e para preparação das águas quentes sanitárias N_a , impostos no presente texto regulamentar.

Para além destas condições, é necessário efectuar a soma ponderada daquelas necessidades, em termos de energia primária e em função das formas de energia final utilizadas (N_{tc}). Este valor, definido como Necessidades Globais de Energia Primária da Fracção Autónoma (N_{tc}), deverá ser inferior a um valor máximo (N_t) definido por portaria conjunta. Na figura 3.6 representa-se esquematicamente o que foi explicitado nos parágrafos anteriores.

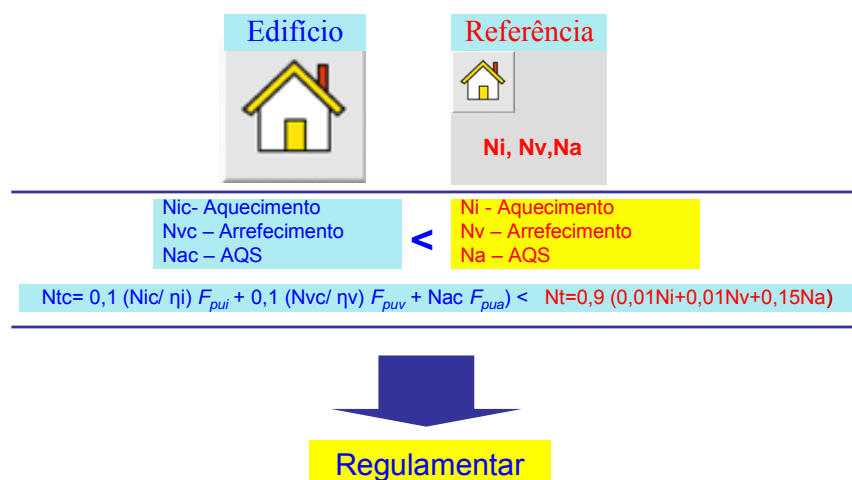


Figura 3.6 – Esquema da Verificação Regulamentar – RCCTE 2006.

Neste capítulo apenas se descrevem as metodologias e critérios a aplicar. No capítulo 5 apresentar-se-ão alguns exemplos detalhados a aplicar estas metodologias a edifícios de habitação unifamiliares (vivenda) e multifamiliares.

3.2.1 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento

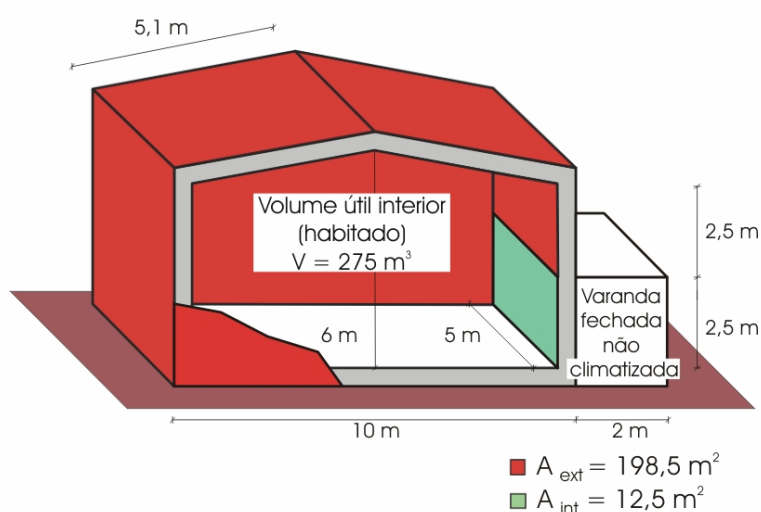
A limitação das necessidades nominais de aquecimento é expressa no termo N_i em função do factor de forma do edifício ou fracção autónoma e dos Graus Dias correspondentes ao Concelho onde o edifício se localiza.

O factor de forma de uma fracção autónoma (FF), define-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior- A_{ext} , e da envolvente interior- A_{int} , através das quais se verificam as trocas de calor e o volume útil interior (V) e traduz a compacidade dessa fracção. Cada elemento da envolvente interior deverá ser afectado do coeficiente τ , correspondente ao espaço não-útil adjacente (RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.1).

Para o mesmo volume interior, factores de forma mais elevados implicam necessariamente maiores áreas de perda de calor exigindo portanto, para um mesmo clima, mais dispêndio de energia para aquecimento.

A determinação do Factor de Forma (FF) inclui todos os elementos da envolvente (interior e exterior) de acordo com a expressão seguinte. Na Figura 3.7 indicam-se os elementos da envolvente que intervêm na definição do Factor de Forma e ilustra-se o seu cálculo com um exemplo.

$$FF = \frac{(\sum A_{ext}) + \sum_i (\tau \cdot A_{int})}{V}$$

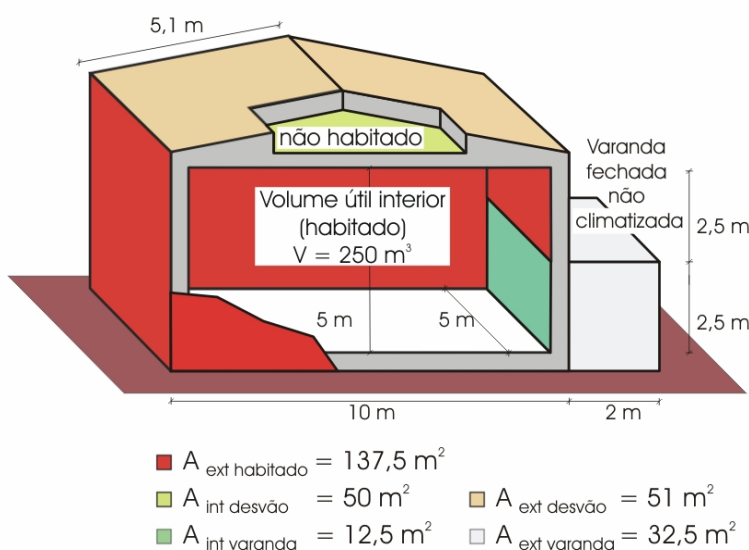


$$A_i/A_u = 12,5/32,5 = 0,38$$

$$\Rightarrow \tau (\text{varanda}) = 0,8$$

$$FF = (198,5 + 0,8 \times 12,5)/275$$

$$FF = 0,76$$



Varanda

$$A_i/A_u = 12,5/32,5 = 0,38$$

$$\Rightarrow \tau (\text{varanda}) = 0,8$$

Desvão

$$A_i/A_u = 50,0/51,0 = 0,98$$

$$\Rightarrow \tau (\text{desvão}) = 0,8$$

$$FF = (137,5 + 0,8 \times 62,5)/250$$

$$FF = 0,75$$

Figura 3.7 – Definição do Factor de Forma.

Assim, o RCCTE determina que cada fracção autónoma de um edifício abrangido por este regulamento não pode, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta o aproveitamento dos ganhos solares

e internos e de outras formas de energias renováveis, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_i (Quadro 3.4 e Figura 3.8).

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i) foram estabelecidos com base em estudos paramétricos levados a cabo para as diferentes zonas climáticas de Inverno e para diversas tipologias de fracções autónomas ou seja, diferentes factores de forma.

As variações paramétricas incidiram também em soluções construtivas da envolvente com vários níveis de isolamento térmico na envolvente e diferentes áreas de vãos envidraçados. No entanto, os valores limites estabelecidos para N_i , derivam de uma solução de referência correspondente a uma área de vãos envidraçados igual a 15% da área útil de pavimento, sem ganhos solares, com uma taxa de renovação horária nominal (R_{ph}) de $0,8 \text{ h}^{-1}$ com soluções construtivas e de isolamento térmico correspondentes aos valores dos coeficientes de transmissão térmica indicados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Envolvente Opaca e Envidraçados - Coeficientes de transmissão térmica de referência no Continente e Regiões Autónomas, U_{ref} ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), para estabelecer os Valores Limites das Necessidades Nominais de Referência de Aquecimento N_i .

Envolvente Opaca em Zona Corrente		Continente Zona Climática de Inverno			Madeira e Açores
		I1	I2	I3	I1
Exterior	paredes	0,70	0,60	0,50	1,40
	cobertura e pavimentos	0,50	0,45	0,40	0,80
Interior	paredes	1,40	1,20	1,00	2,00
	cobertura e pavimentos	1,00	0,90	0,80	1,25
Envidraçados		4,30	3,30	3,30	4,30

Assim, no que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica de referência utilizados, determinam uma melhoria do nível de isolamento térmico da envolvente em cerca de 50 % relativamente ao RCCTE de 1990.

As correlações apresentadas no Quadro 3.4 e representadas na figura 3.9 denotam uma maior exigência regulamentar para edifícios com elevados Factores de Forma, como forma de sensibilizar os promotores a um maior cuidado na qualidade térmica da envolvente.

Quadro 3.4 - Necessidades Nominais de Referência de Aquecimento – N_i ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{ano}$).

$FF \leq 0,5$	$\Rightarrow N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$
$0,5 < FF \leq 1$	$\Rightarrow N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$
$1 < FF \leq 1,5$	$\Rightarrow N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}](1,2 - 0,2 \text{ FF})$
$FF > 1,5$	$\Rightarrow N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$

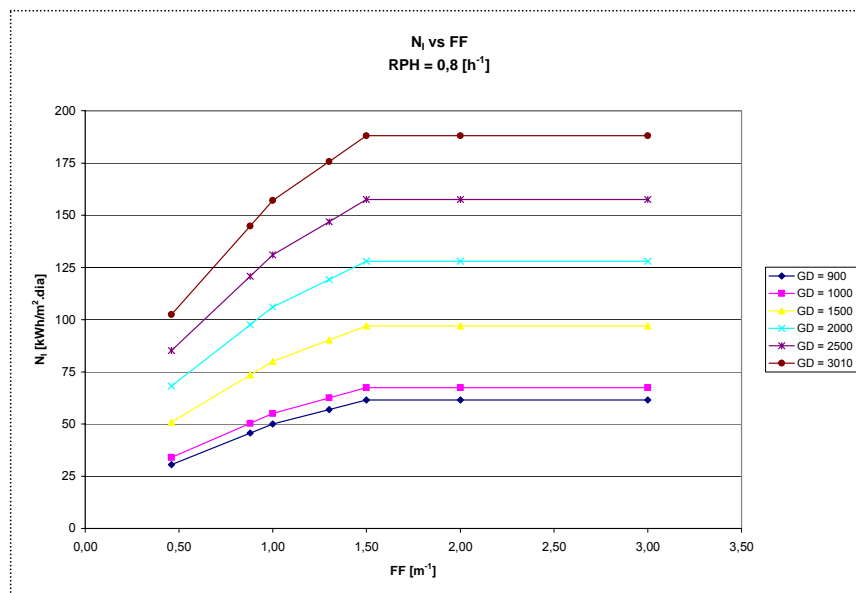


Figura 3.8 – Necessidades de Aquecimento em função do factor de forma (FF) para diferentes valores de Graus dias de Aquecimento.

3.2.2 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Arrefecimento

Os valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v) foram estabelecidos com base em estudos paramétricos levados a cabo para as diferentes zonas climáticas de Verão e para diversas tipologias de fracções autónomas, ou seja, diferentes factores de forma. As variações paramétricas incidiram também em soluções construtivas com vários níveis de isolamento térmico e tiveram por base, à semelhança do que foi feito para o período de aquecimento, os valores de referência relativos aos coeficientes de transmissão térmica que se encontram tabelados no Quadro 3.3 (envolvente opaca em zona corrente, envidraçados). Consideram-se ainda as orientações norte-sul e este-oeste para os cálculos efectuados.

Assim o RCCTE determina que *“cada fracção autónoma de um edifício abrangido por este regulamento não pode, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta a existência de ganhos solares e internos, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_v ”*.

No Quadro 3.5 encontram-se tabelados os valores limites impostos pelo RCCTE (artigo 15º) para as necessidades nominais de referência de arrefecimento N_v expressos em função da zona climática de Verão.

Quadro 3.5 - Necessidades Nominais de Referência de Arrefecimento – N_v (kWh/m².ano).

V1 (Norte)	$N_v = 16 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$	V1 (Sul)	$N_v = 22 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
V2 (Norte)	$N_v = 18 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$	V2 (Sul)	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
V3 (Norte)	$N_v = 26 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$	V3 (Sul)	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
Açores	$N_v = 21 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$	Madeira	$N_v = 23 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$

3.2.3 Limitação das Necessidades Nominais de Energia Útil para Produção de Águas Quentes Sanitárias

O RCCTE preconiza ao nível da produção de águas quentes sanitárias que *“cada fracção autónoma de um edifício abrangido por este Regulamento não pode, sob condições e padrões de utilização nominais, como resultado dos tipos e eficiências dos equipamentos de produção de água quente sanitária, bem como da utilização de formas de energias renováveis, exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (Na).”* O método de contabilização da eficiência dos equipamentos é descrito no Capítulo 4.

O RCCTE torna obrigatório o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária, na base de 1 m² de colector por ocupante previsto, desde que os edifícios (fracções autónomas) tenham uma cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada com água cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste. As coberturas não deverão ainda ser sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do Sol e termina duas horas antes do ocaso.

Embora esteja previsto no articulado 1 m² de colector por ocupante, este valor poderá ser reduzido de modo a que não seja ultrapassada 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul, entre sudeste e sudoeste.”

Nota:

Embora o RCCTE apenas exija a colocação de colectores solares térmicos, a contabilização da energia captada por estes só é feita (vd. Capítulo 4) caso se utilizem colectores/sistemas certificados (etiqueta CERTIF ou etiqueta Solar keymark),



e instalados por instaladores certificados (lista em www.aguaquentesolar.com ou via DGGE/ADENE) que assegurem manutenção durante 6 anos. Assim é altamente recomendável a instalação de equipamentos de qualidade sem o que os edifícios poderão vir a não cumprir os requisitos em termos de N_{ac} e N_{tc} (vd. Capítulo 4).

O limite das necessidades de energia para preparação de águas quentes (N_a) é estabelecido em função do consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias - M_{AQS} , do número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias - n_d , da área útil de pavimento - A_p com base na expressão:

$$N_a = \frac{0,081 \cdot M_{aqs} \cdot n_d}{A_p} \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

Na expressão anterior, n_d traduz o número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias e M_{aqs} os valores de o consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias, valores estes que diferem, consoante se trate de edifícios residenciais ou de serviços.

Para os edifícios residenciais, o RCCTE considera que em média uma pessoa necessita de 40 l de água quente por dia e que o número de ocupantes depende da tipologia da fracção autónoma. No Quadro 3.6 especificam-se os valores a atribuir às variáveis para o sector residencial.

Quadro 3.6 – Edifícios Residenciais - Consumo anual de águas quentes sanitárias

Tipologia	Maqs		n _d	Consumo anual águas quentes (litros)
	Consumo médio diário por Ocupante (litros)	Ocupantes	Período de consumo	
T0 e T1	40	2	365	29 200
T2		3		43 800
T3		...		...
Tn		n+1		(n+1) 14 600

Para o caso dos edifícios de serviços, o RCCTE admite que o consumo total diário de referência de águas quentes sanitárias é de 100 l. No Quadro 3.7 indicam-se os valores previstos no articulado do regulamento para o consumo anual de água quente em função do tipo de utilização. No entanto, o RCCTE aceita que se utilize qualquer outro valor desde que justificado.

Quadro 3.7 – Edifícios de Serviço - Consumo anual de águas quentes sanitárias.

Utilização dos Edifícios de Serviço	Número de Dias de Consumo de AQS n _d	Consumo médio diário (litros)	Consumo anual águas quentes (litros)
permanente	365	100	36 500
encerrado 1 dia por semana	313		31 300
encerrado 1,5 dias por semana	287		28 700
encerrado 2 dias por semana	261		26 100

O RCCTE prevê ainda a utilização de qualquer outra forma de energia renovável, por exemplo, painéis fotovoltaicos, energia geotérmica, recuperação de calor de equipamentos ou fluidos residuais, etc) em alternativa à utilização de colectores solares térmicos, que numa base anual, captem energia equivalente à dos colectores solares. O RCCTE exclui, especificamente a biomassa em lareiras como alternativa aos colectores solares. Quanto ao fim a que se destina a energia renovável, esta poderá não ser para o aquecimento de água desde que seja mais eficiente ou conveniente.

3.2.4 Necessidades Globais de Energia Primária

O somatório ponderado das necessidades de aquecimento, arrefecimento e de produção de águas quentes, permite estimar as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária de acordo com a expressão:

$$Ntc = 0,1 \cdot (N_{ic}/\eta_i) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot (N_{vc}/\eta_v) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

em que F_{pui} , F_{puv} e F_{pua} são os factores de conversão entre energia útil e energia primária relativos ao aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias, respectivamente. Estes factores são definidos periodicamente por despacho do Director Geral de Geologia e Energia, em função do mix energético nacional na produção de electricidade - distribuição percentual das fontes de

energia primária na produção de energia eléctrica da rede nacional, variável anualmente em função da hidraulicidade. Os valores em vigor ao iniciar-se a aplicação do regulamento são os mesmos aplicáveis no RGCE:

- Electricidade: 0,290 Kgep/kWh
- Combustíveis: 0,086 Kgep/KWh

A eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento e arrefecimento é traduzida, respectivamente por η_i e η_v . A metodologia de cálculo das necessidades de aquecimento, arrefecimento e de produção de águas quentes encontra-se descrita no capítulo seguinte.

O RCCTE, na nova versão, impõe assim que o valor das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária para cada fracção autónoma N_{tc} nunca poderá exceder o valor de referência Nt definido com base nos valores das necessidades de referência relativamente ao aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes, N_i , N_v e N_a , respectivamente.

$$Nt = 0,9 \cdot (0,01 \cdot N_i + 0,01 \cdot N_v + 0,15 \cdot N_a) \quad [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

Os factores de ponderação incluídos nesta equação pretendem traduzir os padrões típicos de consumo nas habitações, obtidos em levantamentos estatísticos: 50% dos consumos para AQS, 25% para aquecimento e arrefecimento ambiente e 25% para outros fins específicos. Na prática, esta equação traduz o princípio de que as habitações não são aquecidas 24 h/dia durante toda a estação de aquecimento, nem arrefecidas durante todo o Verão.

Estão também implícitos na equação os valores das eficiências nominais de dos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de produção de AQS que o RCCTE assume por defeito (ver capítulo 4), e os correspondentes factores F_{pu} de conversão para energia primária.

O factor 0,9 pretende traduzir o princípio de que um edifício que cumpra estritamente o mínimo exigido pelo RCCTE em termos de qualidade térmica da envolvente (N_i e N_v) e dos respectivos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS, não será regulamentar. Para o ser, terá que ser 10% melhor do que a soma ponderada dos requisitos mínimos de qualidade (N_i , N_v e N_a).

Exemplo ilustrativo:

Um determinado edifício residencial no Porto, utilizando os sistemas de referência (aquecimento, arrefecimento e AQS), apresenta os seguintes valores calculados; $N_{ic}=55,2$ kWh/m² ano, $N_{vc}=3,3$ kWh/m² ano, $N_{ac}=21,2$ kWh/m² ano (sem colectores solares).

Com base nestes valores, se o edifício fosse aquecido e arrefecido em permanência, os consumos anuais de energia primária seriam os seguintes;

Aquecimento= $55,2/1 \times 0,29 = 16,0$ kgep/ano, Arrefecimento= $3,3/3 \times 0,29 = 0,32$ kgep/ano e AQS= $21,2/0,5 \times 0,86 = 3,65$ kgep/ano

Dado que as estatísticas mostram que na realidade, as AQS representam cerca de 50% da energia consumida numa habitação numa base anual, sendo 25% para usos específicos de electricidade e os restantes 25% para aquecimento e arrefecimento, utilizando os factores de ponderação (0,1 para N_{ic} e N_{vc}) da expressão de N_{tc} obter-se-á:

Aquecimento= 1,6 kgep/ano, arrefecimento=0,03 kgep/ano e AQS=3,65 kgep/ano ou seja, aproximadamente, o consumo para AQS é da ordem de grandeza do dobro da soma dos valores necessários para aquecimento, e arrefecimento, numa base anual ponderada. Foi escolhida uma localização I2, por ser a média nacional. Na zona I1, a percentagem das AQS será maior enquanto que, na Zona I3, a fracção das AQS será substancialmente menor.

Capítulo 4

Métodos de Verificação

4 MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO

4.1 Cálculo das Necessidades Energéticas

A verificação da conformidade regulamentar faz-se através do cálculo detalhado, para cada fracção autónoma, das necessidades de aquecimento (N_{ic}, RCCTE - Anexo IV), de arrefecimento (N_{vc}, RCCTE - Anexo V), de energia para preparação de águas quentes Sanitárias (N_{ac}, RCCTE - Anexo VI) e nominais globais de energia primária (N_{tc}, RCCTE - n.º 4 do artigo 15.º), para além da demonstração da satisfação dos requisitos mínimos (RCCTE, Anexo IX) tal como foi referido no parágrafo 3.2 relativo aos requisitos energéticos. Assim, para que o RCCTE seja verificado, é necessário que, para cada fracção autónoma, os valores parcelares das necessidades nominais de energia não excedam os valores máximos admissíveis correspondentes. Portanto, o RCCTE obriga, para cada fracção autónoma, à verificação de quatro indicadores distintos, cujos valores devem ser inferiores aos correspondentes valores máximos de referência estabelecidos pelo regulamento, que podem ser actualizados por Portaria sempre que conveniente.

Embora as necessidades nominais de aquecimento e de arrefecimento não traduzam as necessidades energéticas reais de uma fracção autónoma em virtude de poderem ocorrer diferenças substanciais, quer por excesso, quer por defeito, entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos deste Regulamento, elas permitem no entanto comparar entre si, objectivamente, os edifícios ou fracções autónomas quanto ao comportamento térmico. Valores elevados indiciam que será necessário utilizar mais energia para se obterem condições de conforto térmico pelo que, quanto maiores forem os seus valores, mais frios e mais quentes serão os edifícios, respectivamente, no Inverno e no Verão.

No cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento são tidos em conta os fenómenos descritos nos Quadros 4.1 e 4.2.

Quadro 4.1 – Necessidades de Aquecimento – balanços energéticos.

P E R D A S	Transmissão	ENVOLVENTE EXTERIOR E ENVOLVENTE INTERIOR paredes, pavimentos, coberturas, vãos envidraçados
		ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO paredes, pavimentos
		PONTES TÉRMICAS LINEARES E PLANAS <u>ligação entre paredes verticais</u>
		<u>ligação da fachada com pavimentos:</u> térreos, interiores, exterior, intermédios
	Ventilação	<u>ligação da fachada com:</u> cobertura inclinada ou terraço, padieira, ombreira ou peitoril, varanda, caixa de estore
G A N H O S	Internos	OCUPANTES EQUIPAMENTOS ILUMINAÇÃO
	Solares	VÃOS ENVIDRAÇADOS

Quadro 4.2 – Necessidades de Arrefecimento– balanços energéticos.

P E R D A S	Transmissão	ENVOLVENTE EXTERIOR paredes, pavimentos, coberturas, pontes térmicas planas e vãos envidraçados
	Ventilação	NATURAL OU MECÂNICA
G A N H O S	Internos	OCUPANTES EQUIPAMENTOS ILUMINAÇÃO
	Solares	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES
		ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES

Nos parágrafos subsequentes (4.2 a 4.5) descrevem-se as disposições gerais referentes às metodologias normalizadas adoptadas para a Verificação Detalhada.

4.2 Necessidades Nominais de Aquecimento

As necessidades nominais de aquecimento de uma fracção autónoma (**Nic**) são calculadas para a duração convencional da estação de aquecimento (vd. 2.1) da localidade em que se situa o edifício e correspondem à energia útil que é necessário fornecer para que no interior seja mantida uma temperatura constante de 20°C. O método utilizado baseia-se na seguinte expressão:

$$Nic = (Q_t + Q_v - Q_{gu})/A_p$$

$$[\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

em que as variáveis no 2ª membro representam:

Q_t - perdas de calor por condução através da envolvente do edifício;

Q_v - perdas de calor resultantes da renovação de ar;

Q_{gu} - ganhos de calor úteis, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados;

A_p - área útil de pavimento do edifício/fracção autónoma.

PERDAS DE CALOR POR CONDUÇÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE Q_t

As perdas de calor por condução através da envolvente, Q_t , obtêm-se pelo somatório das perdas parcelares descritas nos Quadros 4.3 e 4.4:

Quadro 4.3 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através das envolventes exterior e interior– síntese das equações.

Perda	Equação	Terminologia	Referência
Envolvente em contacto com o exterior Q_{ext} [kWh]	$Q_{ext} = 0,024 \cdot \sum_j U_j \cdot A_j \cdot GD$	U_j – coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado), $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$; A_j – área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente, $[m^2]$; GD – número de graus-dias $[^\circ C.dias]$ da localidade em que o edifício se situa (vd. 2.1).	RCCTE, Anexo VII, parágrafo 1 e publicações LNEC Ficha 2 RCCTE, Anexo III
Envolvente em contacto com locais não-aquecidos Q_{ina} [kWh]	$Q_{ina} = 0,024 \cdot \sum_j U_j \cdot A_j \cdot GD \cdot \tau$	τ – coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não-aquecidos;	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.1

Quadro 4.4 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através da envolvente em contacto com o solo e das pontes térmicas lineares – síntese das equações

Perda	Equação	Terminologia	Referência
Pavimentos e paredes em contacto com o terreno Q_{pe} [kWh]	$Q_{pe} = 0,024 \cdot \sum_j \psi_j \cdot B_j \cdot GD$ Pavimentos com isolante térmico perimetral*	Ψ_j - coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j , [W/m. °C]; B_j - desenvolvimento linear (medido pelo interior) do elemento j em contacto com o terreno, ou da ponte térmica linear j , [m]; GD - número de graus-dias [°C.dias] da localidade em que o edifício se situa (vd. 2.1).	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.2.1, Tabela IV.2.2
			Ficha 2
Pontes térmicas lineares Q_{pt} [kWh]	$Q_{pt} = 0,024 \cdot \sum_j \psi_j \cdot B_j \cdot GD$		RCCTE, Anexo III

* Por lapso editorial este quadro não foi publicado no Decreto Lei 80/2006.

PERDAS DE CALOR POR RENOVAÇÃO DE AR Q_v

As perdas de calor por renovação de ar (RCCTE, Anexo IV, capítulo 3) obtêm-se pela expressão descrita no Quadro 4.5:

Quadro 4.5 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas de calor por renovação de ar, Q_v – síntese das equações.

Perda	Equação	Terminologia	Referência
Renovação do ar Q_v [kWh]	$Q_v = 0,024.(0,34.R_{ph}.A_p.P_d).(1-\eta_v).GD.$ <p><u>adicionar</u>, se houver ventiladores mecânicos:</p> $E_v = P_v .24. 0,03 . M$	<p>R_{ph} – nº de renovações horárias do ar interior (vd. 2.2.3), [h^{-1}];</p> <p>A_p – área útil de pavimento [m^2]</p> <p>P_d – pé direito, [m];</p> <p>GD – número de graus-dias [$^{\circ}C.dias$] da localidade em que o edifício se situa (vd. 2.1);</p> <p>η_v – rendimento do eventual sistema de recuperação de calor ($\eta_v=0$, caso não haja recuperador);</p> <p>E_v – valor médio mensal da energia eléctrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação [kWh];</p> <p>P_v – somatório das potências eléctricas dos ventiladores instalados [W];</p> <p>M – duração convencional da estação de aquecimento [meses].</p>	<p>RCCTE, Anexo IV: 3.2.1-ventilação natural 3.2.2-ventilação mecânica</p> <p>Ficha 2</p> <p>RCCTE, Anexo III</p> <p>Especificação do do fabricante do equipamento</p> <p>Placas de características dos equipamentos instalados</p> <p>RCCTE, Anexo III</p>

GANHOS ÚTEIS DE CALOR Q_{gu}

Os ganhos térmicos úteis, Q_{gu} , resultam do aproveitamento de parte do ganhos solares brutos através dos envidraçados Q_s e dos ganhos internos brutos, Q_i , resultantes da iluminação, utilização de equipamentos e presença dos ocupantes.

Os ganhos térmicos totais brutos, Q_g , obtêm-se pelo somatório dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (Quadro 4.6) e dos ganhos internos brutos (Quadro 4.7):

Quadro 4.6 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos solares brutos, Q_s – síntese das equações.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
Ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados Q_s [kWh]	$Q_s = G_{sul} \sum_j \left[X_j \sum_n A_{snj} \right] \cdot M$ $=$ $G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj} \right] \cdot M$ <p>NOTAS COMPLEMENTARES:</p> <ul style="list-style-type: none"> No cálculo do factor solar de vãos envidraçados do sector residencial, salvo justificação em contrário, deve ser considerada a existência, pelo menos, de cortinas interiores muito transparentes de cor clara ($g_{\perp}=0,70$ para vidro simples incolor e $g_{\perp}=0,63$ para vidro duplo incolor). O valor mínimo a adoptar para o produto $X_j \cdot (F_h \cdot F_o \cdot F_f)_{nj}$ é 0,27, que corresponde à fracção média de radiação difusa. Caso não existam palas, para contabilizar o efeito de sombreamento do contorno do vão deve ser considerado o valor 0,9 para o produto $F_o \cdot F_f$. Em determinadas circunstâncias pode ser adoptado um método de cálculo simplificado dos ganhos solares (vd. RCCTE, Anexo IV, capítulo 4.3.1.2 e cap. 2.2.5.2.2 deste manual) 	<p>G_{sul} – energia solar média mensal incidente durante a estação de aquecimento numa superfície vertical de área unitária orientada a Sul, [kWh/m².mês];</p> <p>X_j – factor de orientação para as diversas exposições j;</p> <p>A_{snj} – área efectiva do vão n segundo a orientação j, [m²];</p> <p>A – área total da janela (vidro mais caixilho), [m²];</p> <p>Factores de sombreamento (vd.2.2.5):</p> <p>F_h – pelo horizonte;</p> <p>F_o – por elementos horizontais (palas, varandas);</p> <p>F_f – por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos);</p> <p>F_g – devido ao caixilho;</p> <p>F_w –devido à selectividade angular dos envidraçados, o qual toma o valor 0,9 por defeito;</p> <p>g_{\perp} – factor solar do conjunto vidro e protecção;</p>	<p>RCCTE, Anexo III, Quadro III.8</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.4</p> <p>Ficha 2</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.5</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.6</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.7</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.5</p> <p>Especificação do do fabricante</p> <p>RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.4</p>

Quadro 4.7 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos internos brutos, Q_i – síntese das equações.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
Ganhos internos brutos (iluminação, equipamento, ocupantes) Q_i [kWh]	$Q_i = q_i \cdot M \cdot A_p \cdot 0,720$	q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil [W/m^2]; M – duração média da estação convencional de aquecimento, em meses, (vd. 2.1); A_p – área útil de pavimento [m^2].	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.3 RCCTE, Anexo III Ficha 2

Os ganhos internos são considerados constantes durante todas as horas de funcionamento do edifício. Por exemplo, num edifício residencial, admite-se que durante toda a estação de aquecimento (com a duração de M meses) o valor de q_i é, em média igual a $4 W/m^2$ durante 24 horas por dia.

Uma vez calculada a relação¹

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_t + Q_v}$$

entre os ganhos térmicos totais brutos Q_g ($= Q_s + Q_i$) e as perdas térmicas totais ($= Q_t + Q_v$) determinam-se os ganhos térmicos úteis, Q_{gu} , a partir do conhecimento prévio do **factor de utilização dos ganhos térmicos**, η (RCCTE, Anexo IV, capítulo 4.4). O factor η calcula-se pelas expressões seguintes, representadas graficamente na Figura 4.1:

$$\begin{cases} \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \\ \eta = \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \end{cases}$$

com

$$a = \begin{cases} 1,8 & \text{edifícios com inércia térmica fraca} \\ 2,6 & \text{edifícios com inércia térmica média} \\ 4,2 & \text{edifícios com inércia térmica forte} \end{cases}$$

¹ - Para evitar problemas de sobreaquecimento, a menos de cuidados muito especiais com a protecção solar do edifício, ou outras medidas equivalentes, nos períodos quentes, deve conceber-se um edifício de modo a que o valor de γ não seja superior a 0,8 e devem prever-se sempre meios eficazes de protecção solar.

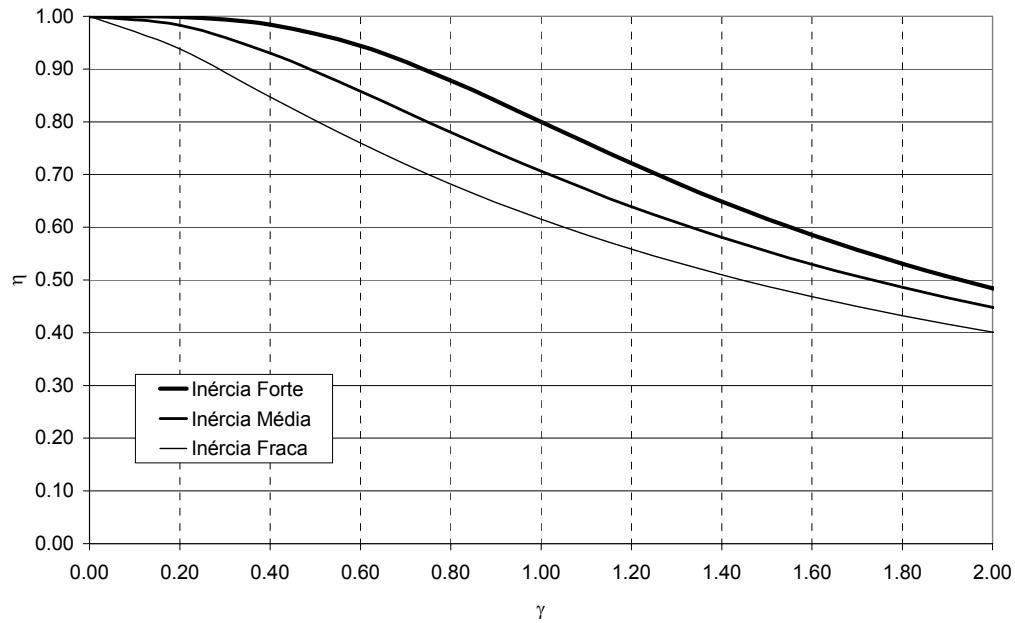


Figura 4.1 – Factor de utilização dos ganhos térmicos, η , em função do parâmetro γ e da classe de inércia térmica interior.

Finalmente, os ganhos térmicos úteis obtêm-se pelo produto

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

Pelo que as necessidades nominais de aquecimento poderão assim ser expressas da seguinte forma:

$$N_{ic} = (Q_t + Q_v - \eta \cdot Q_g) / A_p$$

4.3 Necessidades Nominais de Arrefecimento

As necessidades nominais de arrefecimento de uma fracção autónoma (N_{vc}) são calculadas para os quatro meses de Verão – Junho a Setembro (122 dias), definidos pelo RCCTE como a estação convencional de arrefecimento - e correspondem à energia útil que seria necessário retirar para que no interior não seja excedida a temperatura de 25°C. O método utilizado baseia-se na seguinte expressão:

$$N_{vc} = Qg \cdot (1 - \eta) / A_p \text{ [kWh/m}^2\text{.ano]}$$

em que $(1 - \eta)$ é o factor de utilização dos ganhos solares e internos na estação de arrefecimento, η_{arref} , A_p a área útil de pavimento da fracção autónoma e Qg o balanço entre os ganhos e as perdas térmicas do edifício. A metodologia adoptada é similar à utilizada na determinação das necessidades de aquecimento.

O comportamento térmico de um edifício, em regime de temperatura flutuante, resulta das trocas de calor com o exterior, arrefecendo quando no exterior está mais frio, e aquecendo sempre que haja ganhos solares (e outros). Durante a estação fria (Inverno), o objectivo é que o edifício atinja uma determinada temperatura de referência, normalmente 20°C no RCCTE, sendo necessário fornecer energia auxiliar sempre que tal objectivo não seja atingido. Quando a temperatura interior sobe acima do valor de referência, devido ao excesso de ganhos internos (e solares), estes ganhos térmicos dão origem a um sobreaquecimento sendo pois indesejáveis ou inúteis (ganhos não úteis). O parâmetro η representa, assim, a fracção dos ganhos que é útil para o objectivo enunciado (atingir a temperatura de referência, sem a ultrapassar).

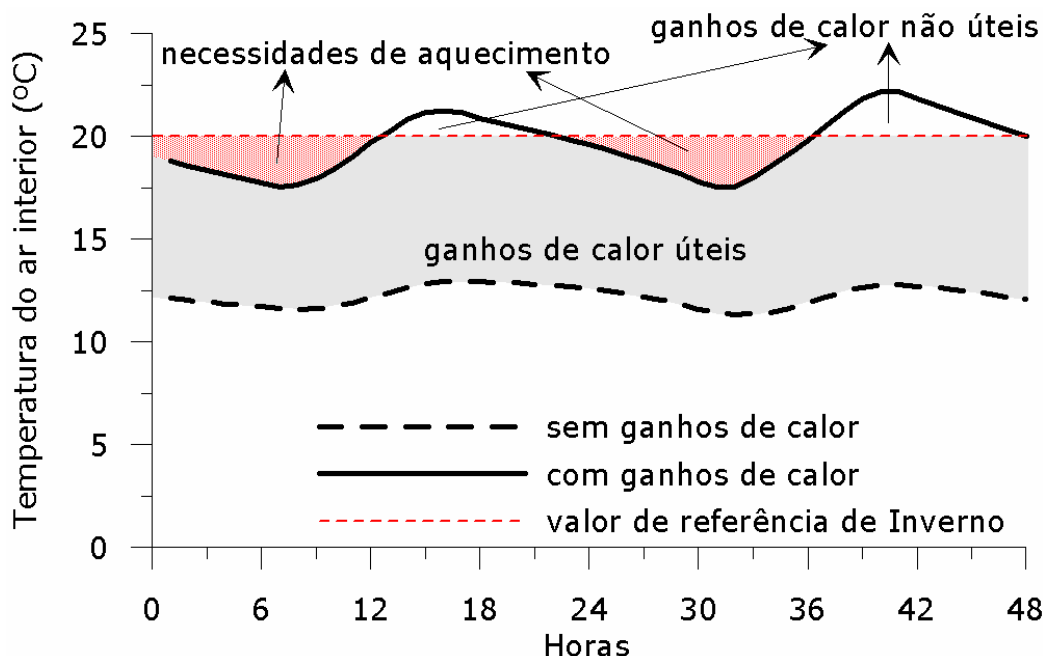


Figura 4.2 – Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de aquecimento.

Pelo contrário, na estação de arrefecimento, o objectivo é que o edifício não aqueça acima de uma outra temperatura de referência, 25°C no RCCTE. Se, a temperatura se mantiver abaixo desse valor, não será necessário arrefecer artificialmente o edifício com ar-condicionado. Portanto, sempre que os ganhos internos e solares forem tais que contribuam para o sobreaquecimento do edifício acima da referida temperatura de referência, esses são precisamente os ganhos excessivos que o sistema de ar-condicionado tem de retirar, ou seja, os ganhos em excesso são as necessidades de arrefecimento. Ora, pelo mesmo princípio referido no parágrafo anterior, essa fracção de ganhos excessivos é, precisamente, $(1-\eta)$. Uma vez que este parâmetro, no Verão, é calculado com base em ganhos e perdas referidas a condições interiores distintas das utilizadas para a estação de aquecimento, ele diferenciar-se-á na nomenclatura através do recurso à designação η_{arref} .

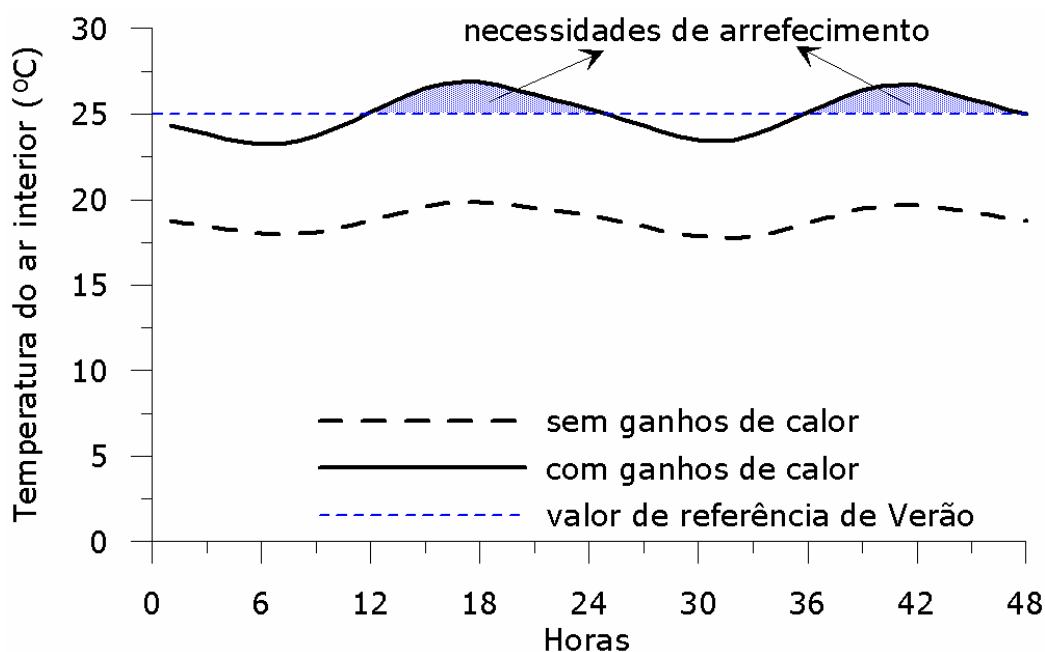


Figura 4.3 - Evolução da temperatura interior com e sem ganhos de calor e necessidades de arrefecimento.

O cálculo do factor de utilização $\eta_{arref}=1-\eta$, é feito através da figura 4.1 ou das correspondentes equações, tendo em atenção que η_{arref} é obtido a partir da razão (γ) entre os ganhos térmicos totais brutos Q_g , que resultam do somatório

$$Q_g = (Q_i + Q_s + Q_{opaco})$$

em que:

Q_i – ganhos internos (Quadro 4.10).

Q_s – ganhos solares através dos vãos envidraçados (Quadro 4.11).

Q_{opaco} - ganhos solares através da envolvente opaca (Quadro 4.12).

e as perdas térmicas, que dizem respeito às perdas associadas aos elementos da envolvente exterior (Quadro 4.8) e por renovação de ar (Quadro 4.9). Esta situação

deve-se ao facto de a temperatura média exterior, durante toda a estação de arrefecimento, e para todas as regiões climáticas em Portugal, ser sempre inferior à temperatura interior de referência (25 °C).

Nos Quadros 4.8 a 4.12 encontram-se sintetizadas as equações utilizadas para descrever os fenómenos em jogo.

Quadro 4.8 – Perdas associadas aos Elementos da Envolvente Exterior.

Perda	Equação	Terminologia	Referência
Envolvente em contacto com o exterior Q_{ext} [kWh]	$Q_{ext} = 2,928 \cdot \sum_j U_j \cdot A_j \cdot (\theta_i - \theta_{atm})$	U_j – coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado), [W/m ² ·°C]; A_j – área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente, [m ²]; θ_i – temperatura interior de referência de Verão – 25 °C; θ_{atm} – temperatura média do ar exterior (°C).	RCCTE, Anexo VII, ponto 1 Ficha 2 RCCTE, Anexo III

Quadro 4.9 – Perdas por Renovação de Ar.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
Renovação do ar Q_v ([kWh])	$Q_v = 2,928 (0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) (\theta_i - \theta_{atm})$ Se houver meios mecânicos de insuflação ou extracção de ar, a equação acima passa a ter mais um termo: $Q_v = 2,928 (0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) (\theta_i - \theta_{atm}) + P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot M$ $=$ $Q_v = 2,928 (0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d) (\theta_i - \theta_{atm}) + P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \cdot 4$	R_{ph} renovações horárias do ar interior, (h ⁻¹); A_p – área útil de pavimento (m ²) P_d – pé direito, (m); θ_i – temperatura interior de referência de Verão – 25 °C; θ_{atm} – temperatura média do ar exterior (°C). P_v – soma das potências eléctricas dos ventiladores M – duração da estação de arrefecimento igual a 4 meses	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.1, Ficha 2 RCCTE, Anexo III Placas das características dos ventiladores instalados RCCTE Quadro III.9

Para a estação de arrefecimento, os ganhos totais são obtidos pelo somatório dos ganhos internos (Quadro 4.10) e dos ganhos solares através do vãos envidraçados

(Quadro 4.11) e da envolvente exterior opaca (Quadro 4.12). A metodologia de cálculo para os ganhos internos é igual à utilizada para a estação de aquecimento.

Quadro 4.10 – Ganhos internos.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
Ganhos internos Q_i [[kWh]	$Q_i = 2,928 \cdot q_i \cdot A_p$	Q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil (W/m^2); A_p – área útil de pavimento (m^2).	RCCTE, Quadro IV.3 Ficha 2

Quadro 4.11 – Ganhos solares através dos vãos envidraçados.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
Radiação solar através dos vãos envidraçados Q_s [[kWh]	$Q_s = \sum_j \left[I_{rj} \sum_n A_{snj} \right] =$ $= \sum_j \left[I_{rj} \sum_n \left(A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp} \right)_{nj} \right]$ <p>Nota: g_{\perp} - factor solar com dispositivos de sombreamento móveis será igual à soma de 30% do factor solar do vidro mais 70% do factor solar do vão envidraçado com protecção móvel activada a 70% (ver capítulo 2.2.5.3.1. deste manual).</p>	I_{rj} – energia solar incidente por orientação j, (kWh/m^2) A_{snj} – área efectiva do vão n segundo j, (m^2); A – área total da janela (vidro mais caixilho), (m^2); F_w – factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados;; g_{\perp} – factor solar do conjunto vidro e dispositivo de protecção solar <u>Factores de sombreamento</u> F_h – horizonte (igual a 1 no Verão); F_o – elementos horizontais (palas, varandas);; F_f – elementos verticais (pala verticais, próprio edifício ou outros corpos); F_g – devido ao caixilho.	RCCTE – Quadro III.8 Ficha 2 Ficha 2 RCCTE Quadro V.3 RCCTE Quadro V.4 RCCTE Quadro V.1 RCCTE Quadro V.2 RCCTE Quadro IV.5

Quadro 4.12 – Ganhos através da envolvente opaca.

Carga	Equação	Terminologia	Referência
<p>Envolvente opaca</p> <p>Q_{opaco}</p> <p>([kWh])</p>	<p>Nota:</p> <p>Uma vez os valores médios da temperatura do ar exterior θ_{atm} são sempre inferiores a 25 °C para todas as zonas climáticas de Verão (RCCTE, Anexo III – Quadro III.9), a 1ª parcela da equação, de acordo com a metodologia adoptada, será sempre nula em Portugal, donde:</p> $Q_{opaco} = \sum_j U_j \cdot A_j \left(\frac{\alpha_j \cdot I_r}{h_e} \right)$	<p>U_j – coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente opaca, (W/m² °C);</p> <p>A_j – área do elemento j da envolvente, (m²);</p> <p>θ_{atm} – temperatura média do ar exterior (°C);</p> <p>θ_i – temperatura interior referência Verão – 25 °C;</p> <p>α_j – coeficiente de absorção solar da superfície ext. do elemento da envolvente j,</p> <p>I_r – energia solar incidente por orientação j, (kWh/m²),;</p> <p>h_e – condutância térmica sup. ext. elemento j, (W/m² °C).</p>	<p>RCCTE, Anexo VII</p> <p>Ficha 2</p> <p>RCCTE, Quadro III.9</p> <p>RCCTE, Quadro V.5</p> <p>RCCTE, Quadro III.9</p> <p>RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1</p>

A metodologia adoptada para o cálculo das necessidades de arrefecimento é pois complementar à utilizada para a estação de aquecimento e encontra-se já validada a nível europeu, fazendo parte da nova proposta de norma Europeia prEN13790. Trata-se de uma abordagem que, embora simplificada, permite obter resultados com uma aproximação adequada aos objectivos do RCCTE.

4.4 Necessidades de Águas Quentes Sanitárias

O RCCTE exige a avaliação das necessidades de anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}), e prevê também a obrigatoriedade de utilização de colectores solares para aquecimento de águas sanitária, sempre que haja exposição solar adequada. Prevê também a possibilidade de utilização de outras formas de energia renovável que seja captada no edifício¹ para esse ou outros fins.

$$N_{ac} = (Q_a / \eta_a - E_{solar} - E_{ren}) / A_p \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}]$$

O termo E_{solar} representa a contribuição de colectores solares enquanto a parcela E_{ren} traduz a contribuição de outras formas de energia renovável. E_{solar} só pode ser contabilizada, se os colectores forem certificados, e instalados por instaladores acreditados pela DGGE e, se houver garantia de manutenção do sistema durante seis anos. O cálculo de E_{solar} deve ser feito utilizando o programa SOLTERM. O cálculo de E_{ren} deverá ser devidamente justificado pelo responsável pela demonstração das exigências regulamentares (RCCTE).

O primeiro termo diz respeito à produção de águas quentes com sistemas convencionais: Q_a é a energia útil dispendida com sistemas convencionais e η_a a respectiva eficiência de conversão a partir da fonte primária de energia, sendo este valor fornecido pelo fabricante com base em ensaios normalizados. Em alternativa, podem utilizar-se valores convencionais tabelados, normalmente penalizadores relativamente aos valores nominais dos equipamentos disponíveis no mercado, pois estão nivelados pelo pior equipamento de cada tipo disponível no mercado, e que variam entre 0,95 para o termoacumulador eléctrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico e 0,50 para o simples esquentador corrente a gás (RCCTE - Anexo VI, secção 3).

Quadro 4.13 – Eficiência de conversão para os sistemas convencionais de produção de águas quentes– valores por defeito.

Sistemas Convencionais de Produção de Águas Quentes Sanitárias		Eficiência de conversão η_a
Termoacumulador eléctrico	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,95
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,90
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,80
Termoacumulador a gás	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,80
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,75
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,70
Caldeira mural com acumulação	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,87
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,82
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,65
Esquentador a gás		0,50

Se as redes de distribuição água quentes internas não forem isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico (ou uma resistência térmica equivalente da tubagem respectiva), os valores de eficiência de conversão tabelados no Quadro 4.13 deverão ser diminuídos de 0,10. Para sistemas centralizados comuns a várias fracções autónomas, de um mesmo edifício, ou outros sistemas de preparação de AQS, a eficiência deve ser calculada e demonstrada caso a caso pelo projectista, sendo aplicáveis, nos ramais principais de distribuição de água quente exteriores às fracções autónomas, os requisitos de isolamento térmico especificados no RSECE.

¹ De notar que a expressão “captada no local” implica, por exemplo, que a utilização de biomassa em lareiras, salamandras ou dispositivos equivalentes não pode ser considerada como substituto dos colectores solares.

Sempre que o sistema de preparação das AQS não seja previsto no projecto, admite-se o recurso a um termoacumulador eléctrico com 5 cm de isolamento térmico ($\eta_a = 0,90$) para edifícios sem alimentação a gás e a um esquentador a gás natural ou GPL ($\eta_a = 0,65$) para os edifícios com alimentação a gás.

No Quadro 4.14 faz-se uma síntese dos pressupostos admitidos para o cálculo da energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias.

Quadro 4.14 – Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias – síntese das equações.

Preparação AQS	Equação	Terminologia	Referência
Sistemas convencionais [kWh/ano]	$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / (3\,600\,000)$	<p>M_{AQS} – consumo médio diário de referência:</p> <p><u>Residencial</u> $M_{AQS} = 40\,l \cdot N_{ocup}$</p> <p><u>Serviços</u> $M_{AQS} = 100\,l \cdot$</p> <p>ΔT – diferença de temperatura de referência (60 °C -15 °C)</p> <p>N_{ocup} – número de ocupantes em função da tipologia</p> <p>T0 e T1 → 2 ocupantes T2 → 3 ocupantes T3 → 4 ocupantes TN → N+1 ocupantes</p> <p>n_d – número anual de dias de consumo</p> <p><u>residencial</u> → 365</p> <p><u>serviços com utilização:</u> permanente → 365 6 dias/semana → 313 5,5 dias/semana → 287 5 dias/semana → 261</p>	<p>RCCTE Quadro VI.1</p> <p>RCCTE - Quadro VI.2</p>

4.5 Necessidades de Energia Primária

As necessidades energéticas determinadas pela metodologia de cálculo do RCCTE, para aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}) e águas quentes sanitárias (N_{ac}) são convertidas em energia primária em função das formas de energia final utilizadas para cada uma das funções, de acordo com as metodologias descritas nos parágrafos anteriores, com base na expressão seguinte.

$$N_{tc} = 0,1 \cdot (N_{ic}/\eta_i) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot (N_{vc}/\eta_v) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

onde F_{pu} representa o factor de conversão de energia útil para energia primária e η_i e η_v a eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento e arrefecimento, respectivamente.

Os factores de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária adoptados pelo regulamento encontram-se especificados no Quadro 4.15.

Quadro 4.15 – Conversão de energia útil para energia primária.

Fonte de Energia	Factor de conversão - F_{pu} (kgep/kWh)
electricidade	0,290
Combustível sólido, líquido e gasoso	0,086

Para a eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento (η_i) e arrefecimento (η_v) devem utilizar-se os dados reais correspondentes aos equipamentos efectivamente instalados, fornecidos pelos fabricantes na base de ensaios normalizados, ou, em alternativa, podem-se utilizar os valores de referência do Quadro 4.16, que, no entanto, e conforme já referido anteriormente, serão normalmente penalizadores dos resultados finais obtidos.

Quadro 4.16 – Eficiência nominal dos sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

Sistema		Eficiência nominal - η
resistência eléctrica		1,00
caldeira com combustível	gasoso	0,87
	líquido	0,80
	sólido	0,60
bomba de calor	aquecimento	4,00
	arrefecimento	3,00
máquina frigorífica	ciclo de compressão	3,00
	ciclo de absorção	0,80

Para efeitos de cálculo das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária, sempre que um edifício não tiver previsto os sistemas de aquecimento e de arrefecimento ambiente, considera-se, que o aquecimento é obtido recorrendo a uma resistência eléctrica e o arrefecimento por uma máquina frigorífica com eficiência (COP) igual a 3.

O valor de N_{tc} não deverá exceder um valor máximo admissível de energia primária (N_t), já definido no capítulo 3, e que se reproduz de seguida:

$$N_t = 0,9 \cdot (0,01 \cdot N_i + 0,01 \cdot N_v + 0,15 \cdot N_a) \quad [\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

Capítulo 5

Exemplos de Aplicação

5 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

5.1 Edifício unifamiliar

5.1.1 Introdução

O presente exemplo refere-se à aplicação do RCCTE a uma vivenda unifamiliar (geminada) de tipologia T4, localizada na cidade de Lisboa, para a qual serão apresentados os documentos necessários ao licenciamento/certificação:

- Folhas de cálculo para a estação de aquecimento - FCIV.1a a FCIV.1f e FCIV.2;
- Folhas de cálculo para a estação de arrefecimento - FCV.1a a FCV.1g;
- Fichas para obtenção da licença de construção e de utilização – Fichas 1 a 4.

No entanto aplicar-se-á ainda o RCCTE para este mesmo edifício suposto localizado em diferentes regiões climáticas a fim de avaliar as medidas que deverão ser tomadas, quer a nível das soluções construtivas, quer a nível dos equipamentos de aquecimento e de arrefecimento, para que a vivenda unifamiliar (que é uma fracção autónoma) verifique os requisitos energéticos do RCCTE.

A análise de sensibilidade incidirá sobre:

- a solução construtiva, melhoramento dos isolamentos;
- os sistemas de aquecimento e de arrefecimento;
- os sistemas de produção de águas quentes sanitárias, nomeadamente a utilização de sistemas solares;
- os sistemas de ventilação.

5.1.2 Caracterização Geométrica

Os valores que se apresentam de seguida, resultantes do levantamento dimensional do projecto de arquitectura, são os necessários para verificar se o edifício está de acordo com os requisitos mínimos de qualidade térmica e para calcular os índices térmicos fundamentais: necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento, de arrefecimento e para a produção de águas quentes sanitárias, bem como as necessidades globais de energia primária.

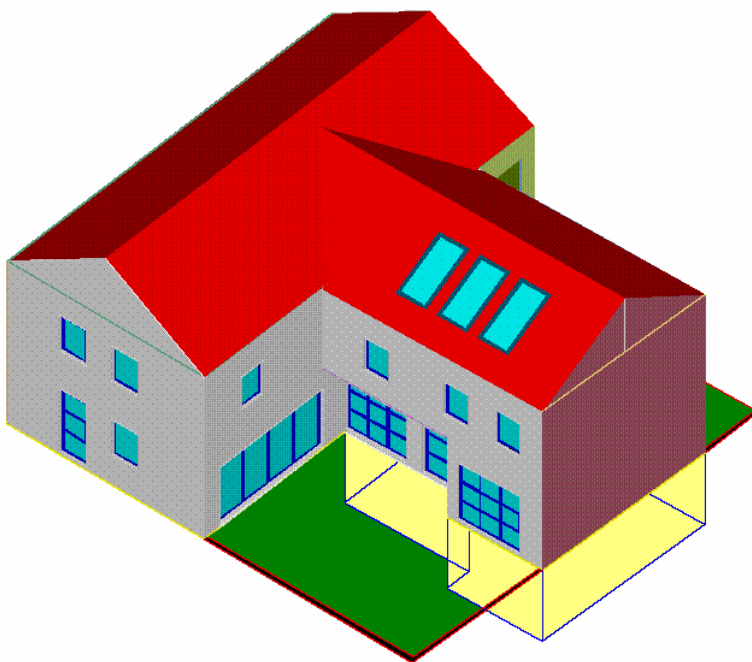


Figura 5.1 – Perspectiva da vivenda unifamiliar.

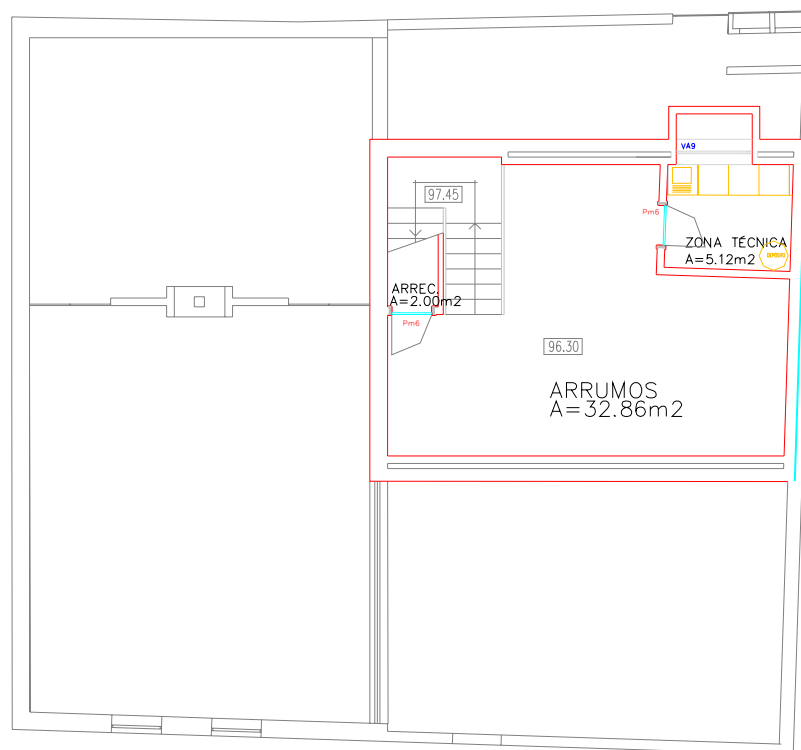


Figura 5.2 – Planta do Piso -1.

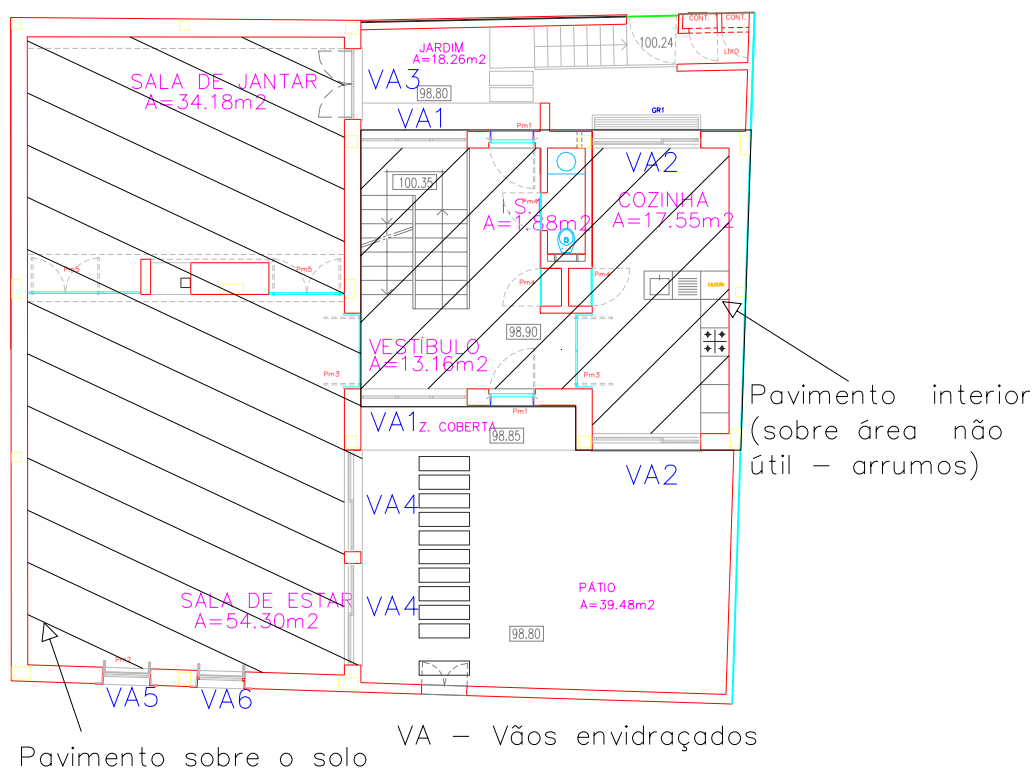


Figura 5.3 – Planta do Piso 0.

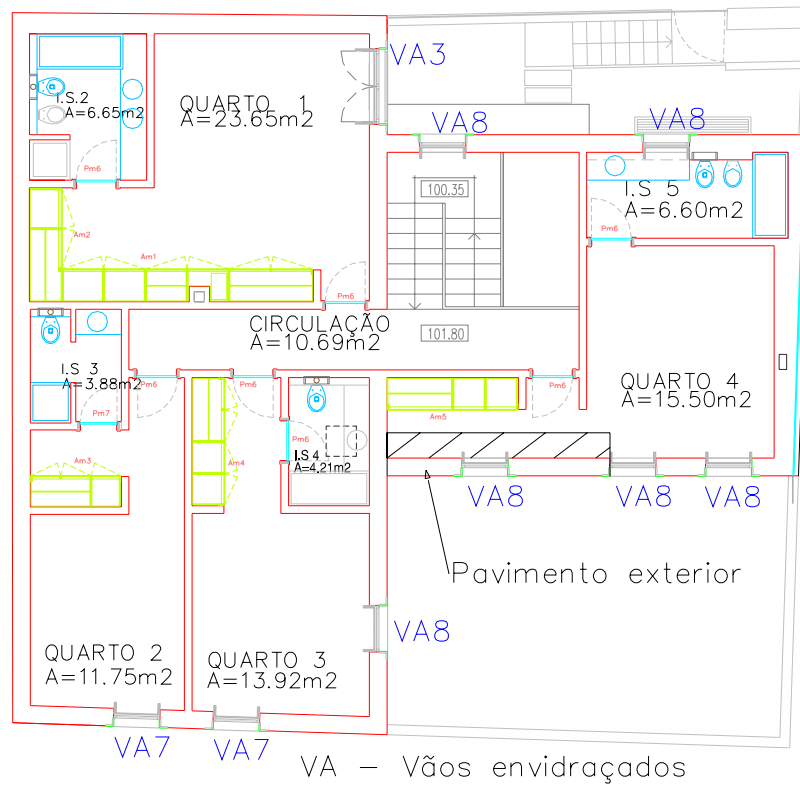


Figura 5.4 – Planta do Piso 1.

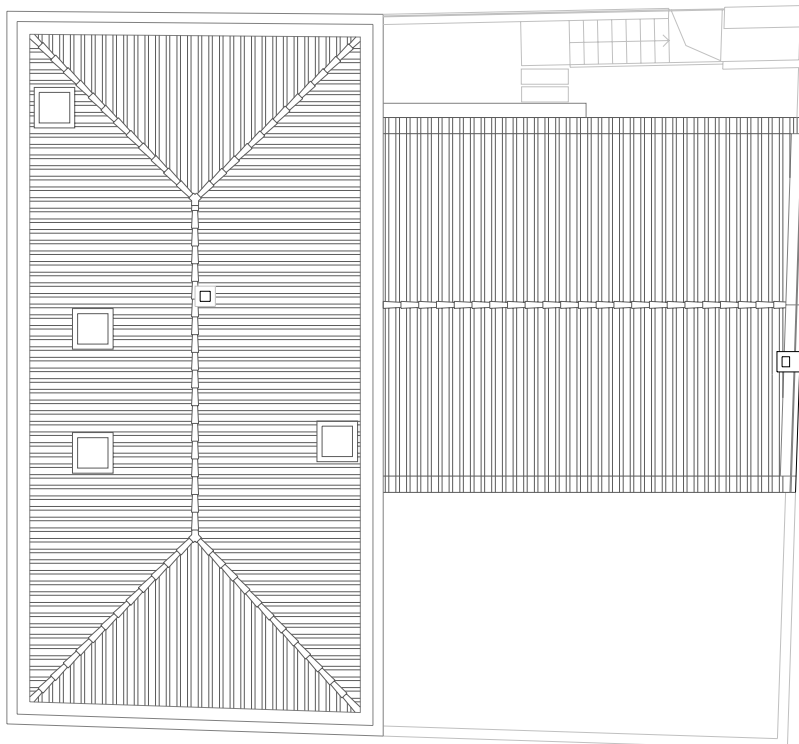


Figura 5.5 – Planta da cobertura.

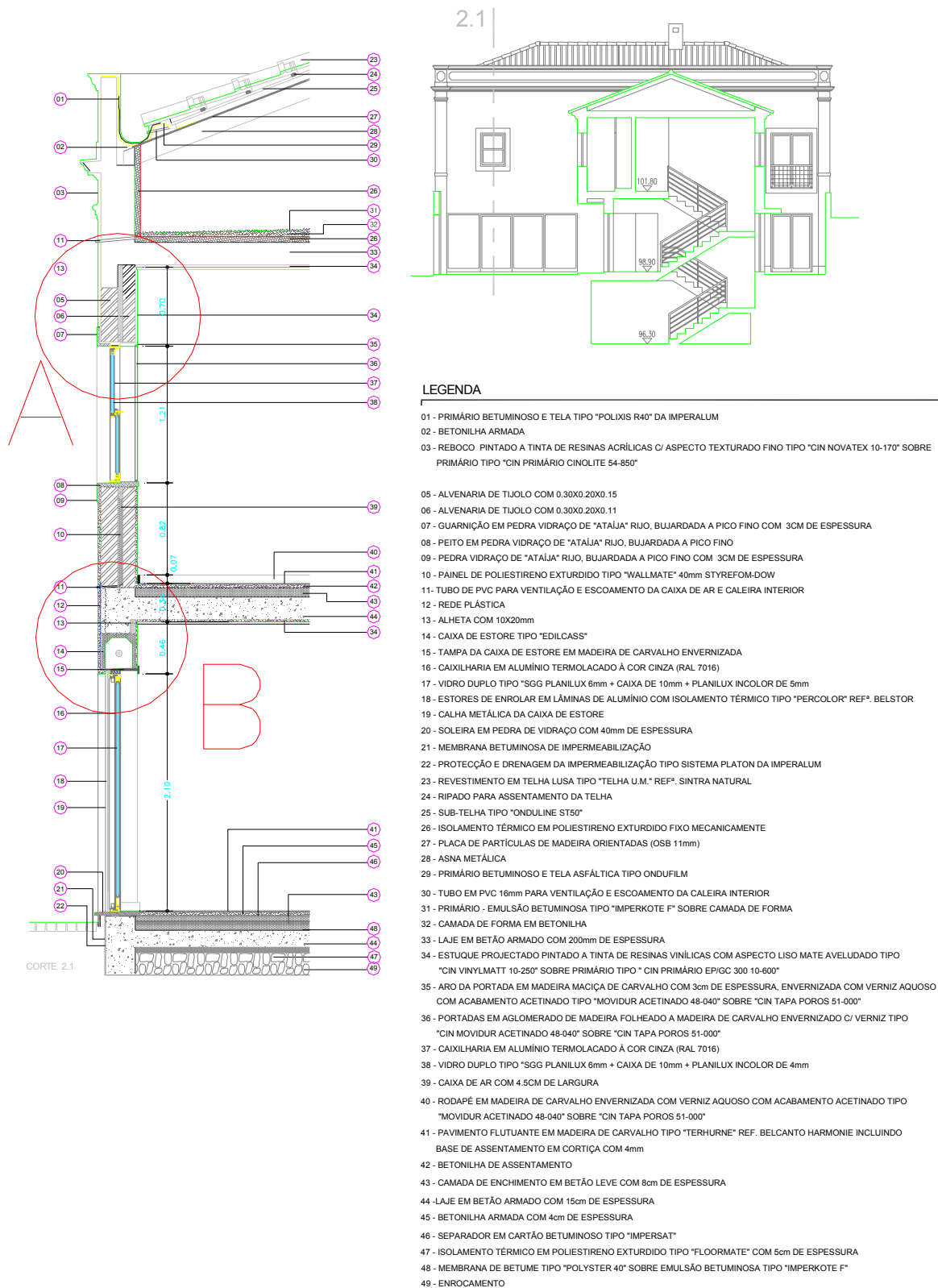


Figura 5.6 – Corte construtivo pela fachada.

Nota: A e B são pontes térmicas planas.

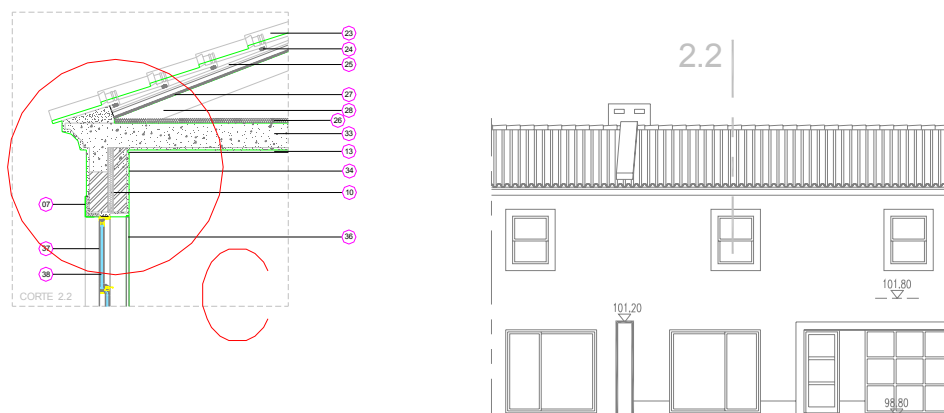


Figura 5.6 (cont.) – Corte construtivo pela fachada.

5.1.3 Área útil e pé direito

De acordo com o projecto de arquitectura, a área útil de pavimento é de 279,0 m² (132,3 m² no Piso 0 e 146,7 m² no Piso 1) e o pé direito de 2,64 m.

5.1.4 Envolvente exterior e interior

Na Ficha 2, apresentam-se as áreas e os comprimentos correspondentes aos diferentes elementos constituintes da envolvente exterior e interior do espaço útil.

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

(Nos termos do artigo 12.º, nº 2, alínea b)
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Vivenda Unifamiliar

Área Útil de Pavimento ...279,0..... m²

Pé Direito Médio (ponderado): ...2,64..... m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	4,3	0,83
sobre área não-útil	55,0	0,75
Total	59,3	
PAREDES		
Exteriores	184,4	(ver quadro)
(total)		
Interiores		
Total	184,4	
PONTES TÉRMICAS PLANAS		
COBERTURAS		
terraço		
desvão		
não-ventilado		
ventilado	178,5	0,63
inclinadas		
sob área não-útil		
Total	178,5	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	28,5	1,50
PAREDES		

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
Térreo	21,0	0,60
intermédios	43,8	0,30
sobre locais não aquecidos ou exteriores	22,5	0,70
FACHADA COM:		
Cobertura	48,7	0,70
Varanda		
caixa estore	10,8	0,00
peitoril/padieira		0,00
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	44,9	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,4	0,4

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Dupla tijolo (15+11) c/40 pol: 0,51	45,5		30,0		70,3		38,6		184,4
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor Sv)									
VD: U=1,84: Sv=0,53: Svcprot=0,06	9,6		12,6						22,2
VD: U=1,84: Sv=0,53: Svcprot=0,33	2,0		4,1		19,2				25,3
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	0 m ²								

5.1.5 Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos (τ)

As perdas térmicas do pavimento que separa o espaço útil do não útil (Figura 4.3) são calculadas em função do coeficiente τ (coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não-aquecidos).

A determinação do valor de τ é feita a partir da Tabela IV.1 do RCCTE, em função do tipo de espaço não-útil e da relação entre as áreas dos elementos que separam os dois espaços e a dos elementos que separam o espaço não-útil do exterior.

Assim, o valor de τ para uma arrecadação em que a área dos elementos que separam o espaço útil do não útil é de 55,0 m², e a área dos elementos que separa

o não-útil do exterior¹ é de 0,89 m² $\left(\frac{A_i}{A_u} = \frac{55,0}{0,98} = 61,8 \right)$, será igual a 0,3.

5.1.6 Factor de forma

O factor de forma da vivenda é calculado de acordo com a definição dada no Anexo II do RCCTE, pela seguinte expressão:

$$FF = \frac{(\sum A_{ext}) + \sum_i (\tau A_{int})_i}{V}$$

sendo:

A_{ext} - somatório das áreas da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos, envidraçados) [m²];

A_{int} - área de cada elemento da envolvente interior [m²];

τ - coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não-aquecidos [-];

V - volume interior [m³].

Tabela 5.1 – Factor de forma.

Elementos exteriores		A_{ext} [m ²]	
Paredes		184,4	
Coberturas		178,5	
Pavimentos		4,3	
Envidraçados		47,5	
Total		414,7	
Elementos interiores	A_{int} [m ²]	τ	τA_{int}
Pavimentos	55,0	0,30	16,5
	$A_{\text{útil}}$ [m ²]	Pd [m]	[m ³]
Volume	279,0	2,64	736,56

$$FF = \frac{414,7 + 16,5}{736,56} = 0,59 \left[m^{-1} \right]$$

5.1.7 Caracterização térmica das soluções construtivas

Nos quadros seguintes apresenta-se a caracterização das propriedades térmicas da envolvente. É de referir que os valores apresentados foram retirados/calculados com base em publicações oficiais (LNEC), do RCCTE ou cedidos por empresas nacionais.

¹ Não se considera a área de envolvente em contacto com o solo.

Quadro 5.1 - Envolvente Opaca Exterior.

Descrição	U (W/m ² °C)
Paredes: duplas com panos em alvenaria de tijolo furado normal, (15+4+11 cm), com a caixa de ar totalmente preenchida com placas de poliestireno expandido extrudido de 40 mm de espessura, rebocadas pelo exterior e interior.	0,51*
Pavimento: betão de laje maciça, isolada termicamente com placas de poliestireno expandido extrudido de 30 mm de espessura, revestida interiormente com soalho de carvalho e exteriormente com estuque pintado.	0,83**
Cobertura: inclinada com desvão ventilado, isolada termicamente, na esteira horizontal, com poliestireno expandido extrudido em placas com 50 mm de espessura, revestida exteriormente com telha "Lusa" e interiormente com estuque pintado.	0,63***

* ITE 50, Quadro II.5, LNEC

* ITE 50, Quadro II.9 (fluxo descendente), LNEC

*** ITE 50, Quadro II.19 (fluxo descendente), LNEC – valor obtido por interpolação

Quadro 5.2 - Envolvente Opaca Interior

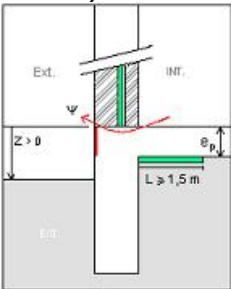
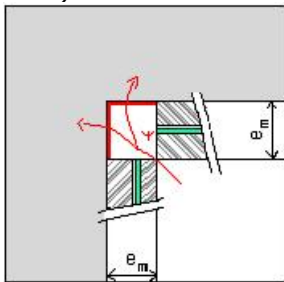
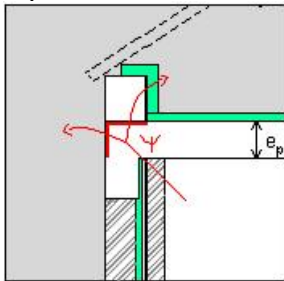
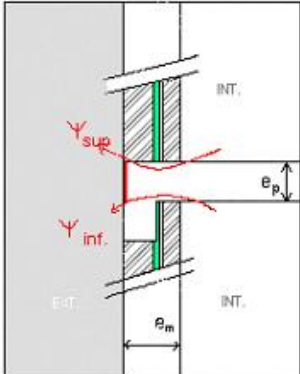
Descrição	U (W/m ² °C)
Pavimento: laje maciça de betão, isolada termicamente com placas de poliestireno expandido extrudido de 30 mm de espessura, revestida interiormente com soalho de carvalho e exteriormente com estuque pintado.	0,75***

*** ITE 50, Quadro II.9, (fluxo descendente), LNEC

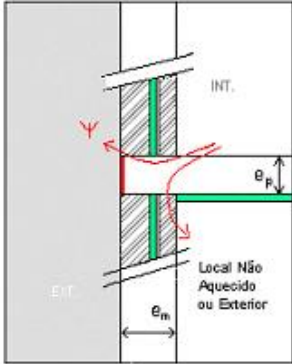
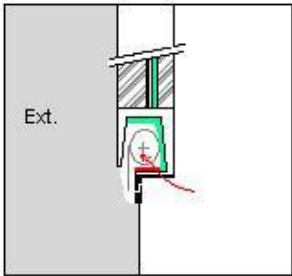
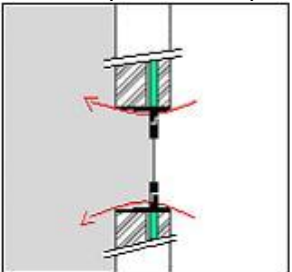
Quadro 5.3 - Vãos envidraçados.

Descrição	U (W/m ² °C)	g _{LI}	g _{LV}
TEMPERADO 6 mm + caixa de ar 10 mm + TEMPERADO SEGURANÇA 8 mm, caixilharia de alumínio termolacado, protegidos: VA2 interiormente com portadas de madeira, de cor média - Piso 0; VA2, VA4 exteriormente com estores de lâminas de alumínio, de cor média - Piso 0.	1,83	0,53	0,33 0,06
TEMPERADO 6 mm + caixa de ar 10 mm + LAMINADO 4+PVB+4, caixilharia de alumínio termolacado, protegidos: VA1, VA5 interiormente com portadas de madeira, de cor média - Piso 0; VA1, VA3 exteriormente com estores de lâminas de alumínio, de cor média - Piso 0.	1,83	0,53	0,33 0,06
TEMPERADO 6 mm + caixa de ar 10 mm + LAMINADO 4+PVB+4, caixilharia de alumínio termolacado, protegidos: VA1, VA5 interiormente com portadas de madeira, de cor média - Piso 0; VA1, VA3 exteriormente com estores de lâminas de alumínio, de cor média - Piso 0.	1,83	0,53	0,33 0,06
VA6, VA7 e VA8 TEMPERADO 6 mm + caixa de ar 10 mm + TEMPERADO INCOLOR 4 mm, caixilharia de alumínio termolacado, protegidos interiormente com portadas de madeira, de cor média - Pisos 0 e 1.	1,84	0,54	0,33

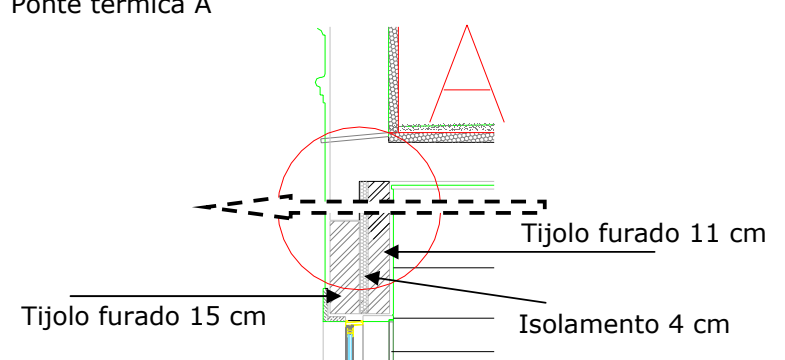
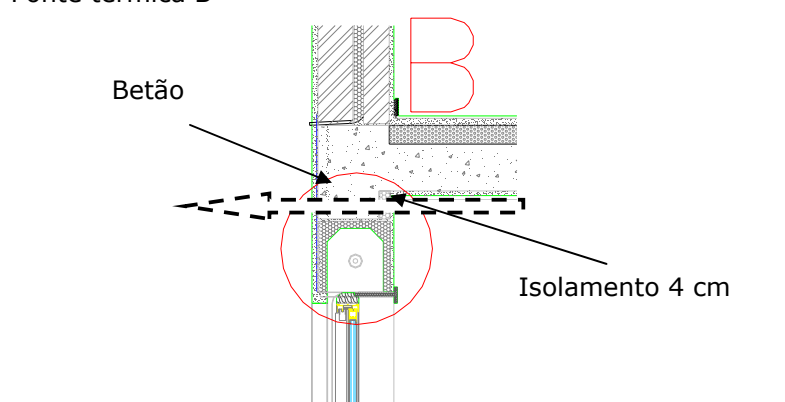
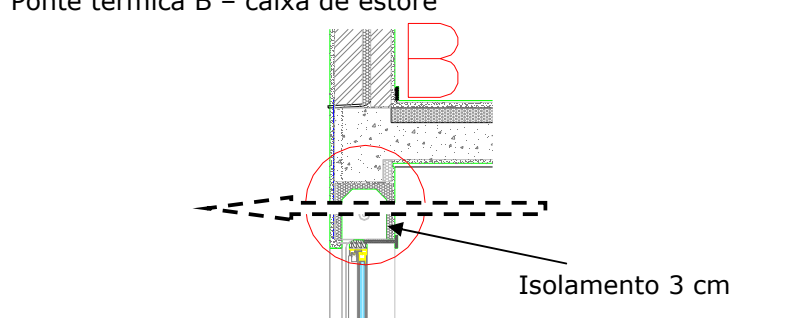
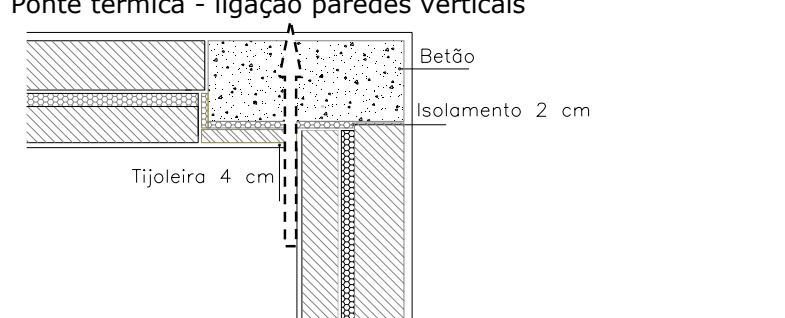
Quadro 5.4 – Pontes térmicas lineares (Tabelas IV.3 do RCCTE).


Descrição	ψ (W/m °C)
<p>Ligação da fachada com pavimentos térreos (Isolante na caixa de ar das paredes duplas, pavimento térreo isolado termicamente)</p> 	0,60
<p>Ligação entre duas Paredes verticais (Isolante na caixa de ar)</p> 	0,20
<p>Ligação da Fachada com Cobertura Inclinada ou Terraço (Isolante na caixa de ar da parede de fachada e isolante pelo exterior da cobertura)</p> 	0,70
<p>Ligação da Fachada com Pavimentos Intermédios (Isolante na caixa de ar de paredes duplas)</p> 	0,30

Quadro 5.4 (cont.) – Pontes térmicas lineares (Tabelas IV.3 do RCCTE).

<p>Ligação da Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores (Isolante na caixa de ar de paredes duplas)</p> 	<p>0,70</p>
<p>Caixa de estore (Isolante na caixa de ar de paredes duplas) A caixa de estore é isolada com 30 mm de poliestireno expandido ($R > 0,5 \text{ m}^2\text{C/W}$)</p> 	<p>0,00</p>
<p>Ligação Fachada Padieira ou peitoril (Isolante na caixa de ar de paredes duplas)</p> 	<p>0,00</p>

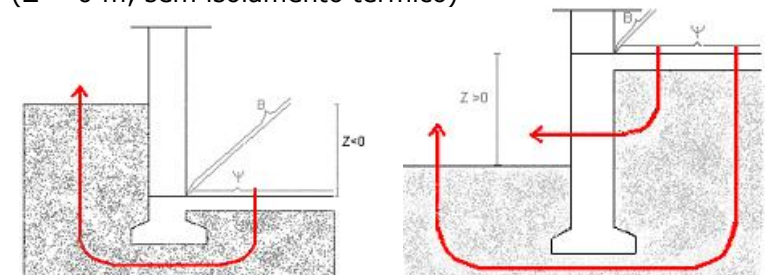
Quadro 5.5 – Pontes térmicas planas (ver Figura 6.6).

Descrição	U (W/m ² °C)
<p>Ponte térmica A</p> 	0,62
<p>Ponte térmica B</p> 	0,67
<p>Ponte térmica B – caixa de estore</p> 	0,96
<p>Ponte térmica - ligação paredes verticais</p> 	1,02

 “linha” de cálculo monodimensional adoptada para o U da ponte térmica plana.

Quadro 5.6 – Pavimentos em contacto com o solo (Tabelas IV.2.1 do RCCTE).

Descrição	ψ (W/m °C)
Sem isolamento térmico (Z = 0 m, sem isolamento térmico)	1,50



5.1.8 Taxa de renovação horária nominal

De acordo com os dados fornecidos pelo promotor (ver Figura 6.7), a entrada e saída do ar nas instalações sanitárias é feita de forma natural. Na cozinha há extracção por exaustor, existindo grelhas na fachada. Assim, segundo o RCCTE o edifício é ventilado naturalmente.

Como o edifício não está em conformidade com a NP 1037-1, para a determinação da taxa nominal de renovações horárias do ar interior, tem de recorrer-se à classe de permeabilidade ao ar das caixilharias que, segundo o projecto, é a Classe 1 (a pior das certificadas).

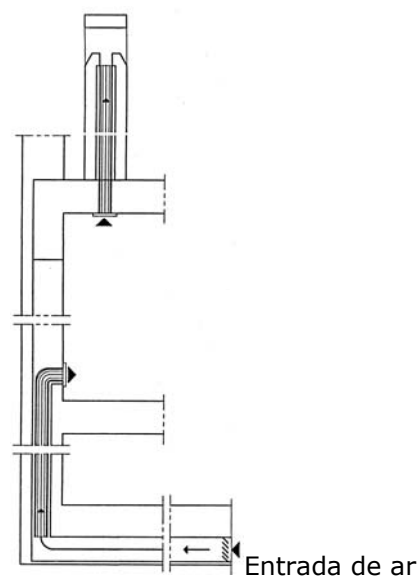


Figura 5.7 – Esquema de ventilação da casa de banho.

Assim, como o edifício vai ser construído no interior da zona urbana de Lisboa e sendo a sua altura acima do solo cerca de 6 m, de acordo com o Quadro VI.2 do RCCTE pode concluir-se que a classe de exposição aos ventos é a Exp. 1.

Quadro 5.7 – Classes de exposição das fachadas.

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
< 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
>28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

Os valores convencionais da taxa de renovação horária nominal para edifícios de habitação são obtidos a partir do Quadro IV.1 (RCCTE). Reproduz-se de seguida o referido quadro, no qual são assinalados os casos de os envidraçados possuírem ou não caixa de estore.

Quadro 5.8 – Renovação do ar.

Classe de Exposição	Dispositivos de Admissão na fachada	Permeabilidade ao ar das caixilharias (de acordo com EN 12207)								Edifícios conformes com NP 1037-1
		Sem classificação		Classe 1		Classe 2		Classe 3		
		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		
		sim	não	sim	não	sim	não	sim	não	
Exp. 1	sim	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	0,75	0,65	0,60
	não	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
Exp. 2	sim	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	
	não	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
Exp. 3	sim	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
	não	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	
Exp. 4	sim	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
	não	1,15	1,05	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	

Notas:

1. Quando as aberturas de ventilação para admissão de ar praticadas nas fachadas não forem dimensionadas de forma a garantir que, para diferenças de pressão entre 20 Pa e 200 Pa, o caudal não varie mais do que 1,5 vezes, os valores do Quadro 6.1.7 devem ser agravados de 0,10.
2. Quando a área dos envidraçados for superior a 15% da área útil de pavimento, os valores do Quadro 6.1.7 devem ser agravados de 0,10.
3. Se todas as portas do edifício ou fracção autónoma forem bem vedadas por aplicação de borrachas ou equivalente em todo o seu perímetro, os valores indicados no Quadro 6.1.7 para edifícios não conformes com a NP 1037-1 podem ser diminuídos de 0,05.

De acordo com o projecto de arquitectura, a área total de envidraçados é de 47,5 m², dos quais 22,2 m² têm caixa de estore (estores de lâminas de alumínio).

$$\text{Então: } R_{ph} = \frac{0,95 \times 22,2 + 0,85 \times 25,3}{47,5} = 0,90 \text{ [h}^{-1}\text{]}.$$

Assim, este valor deverá então ser:

- agravado de 0,10, por a área de envidraçados ser superior a 15 % da área útil de pavimento ($A_{env}/A_{pav} = 17\%$);
- uma vez que as portas do edifício não se encontram bem vedadas não é necessário introduzir a correcção prevista na nota 3.

Assim, do exposto advém que o valor da taxa nominal de renovação será de 1,00 [h⁻¹].

5.1.9 Verificação dos Requisitos Mínimos

Na ficha seguinte (FICHA 3 do RCCTE), apresenta-se a demonstração do cumprimento dos requisitos mínimos para o edifício a construir na zona de Lisboa.

FICHA 3

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente de Edifícios

(Nos termos da alínea d) do nº 2 do artigo 12.º)

Edifício	Vivenda Unifamiliar
Fracção Autónoma	1
Inércia	Forte

a) U máximo

Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares
0,51	Fachadas exteriores	1,80 W/m ² .°C
0,63	Coberturas exteriores.	1,25 W/m ² .°C
0,83	Pavimento. s/ ext.	1,25 W/m ² .°C
	Paredes interiores	W/m ² .°C
0,75	Pavimento interiores	1,65 W/m ² .°C
	Cobertura interior	W/m ² .°C
	Pontes térmicas	W/m.°C

b) Factores Solares dos Envidraçados

Soluções adoptadas – Verão		Valores Máximos Regulamentares
tipo de protecção solar	0,33	0,56
tipo de protecção solar	0,06	0,56
tipo de protecção solar		

c) Pontes Térmicas planas

U das Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares
Ponte térmica A 0,62	W/m ² .°C	1,02 W/m ² .°C
Ponte térmica B 0,67	W/m ² .°C	1,02 W/m ² .°C
Ponte térmica B – caixa de estore 0,67	W/m ² .°C	1,02 W/m ² .°C
Ponte térmica – ligação paredes verticais 1,02	W/m ² .°C	1,02 W/m ² .°C

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

caixas de estore (se existirem)	Figura 5.6
ligações entre paredes e vigas	Figura 5.6
ligações entre paredes e pilares	Quadro 5.5
ligações entre paredes e lajes de pavimento	Figura 5.6
ligações entre paredes e lajes de cobertura	Figura 5.6
contacto entre lajes de pavimento e o solo	Figura 5.6
montagem de caixilharias	

Técnico Responsável:

Nome:	Perito Sabedor
Data	1-1-2006
Assinatura	perito

5.1.10 Necessidades de Aquecimento

De acordo com a metodologia descrita no Anexo IV do RCCTE, a energia útil que é necessário fornecer à fracção autónoma para manter no seu interior a temperatura de referência de 20°C, N_{IC} , é a indicada no Quadro 5.9, para a cidade de Lisboa, onde também é indicado ainda o valor limite das necessidades nominais de aquecimento N_I (nº 1 do Artigo 17º - RCCTE).

Quadro 5.9 – Necessidade de aquecimento.

	N_{IC}	N_I
	(kWh/m ² .ano)	
Lisboa	37,7	55,3

5.1.11 Necessidades de arrefecimento

De acordo com a metodologia descrita no Anexo V do RCCTE, a energia útil que é necessário retirar à fracção autónoma para manter no seu interior a temperatura de referência de 25°C, N_{VC} , é a indicada no Quadro 5.10, onde também é indicado ainda o valor limite das necessidades nominais de aquecimento N_V (nº 1 do Artigo 17º - RCCTE).

Quadro 5.10 – Necessidades de arrefecimento.

	N_{VC}	N_V
	(kWh/m ² .ano)	
Lisboa	17,4	32,0

5.1.12 AQS - Águas quentes sanitárias

Segundo o número 2 do artigo 7º (RCCTE) “O recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1 m² de colector por ocupante convencional previsto, conforme definido na metodologia de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento de água sanitária referida no artigo 11.º, podendo este valor ser reduzido por forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul, entre sudeste e sudoeste”. Neste caso, tratando-se de um T4, são necessários 5 m² de colectores solares.

Ainda de acordo com o RCCTE (número 4 do Anexo IV) a contribuição de energia fornecida por estes sistemas deverá ser calculada utilizando o programa SOLTERM do INETI. Os colectores são certificados (marca CERTIF) e serão instalados por instalador certificado (www.aguaquentesolar.com).

Assim, de acordo com o programa SOLTERM, a energia fornecida por um sistema solar com 6¹ m² de área de captação, em que o consumo de água é realizado no início da manhã (100 l das 6 às 7 horas) e no final da tarde (100 l das 18 às 19 horas) é de aproximadamente 2351 kWh/ano para Lisboa.

No cálculo das necessidades de aquecimento para preparação das águas quentes sanitárias, admitiu-se que o sistema de apoio utilizado é um termoacumulador eléctrico, com pelo menos 100 mm de isolamento térmico e que a rede de distribuição de água quente é isolada termicamente com 10 mm de isolamento térmico.

No quadro seguinte, indicam-se as necessidades de energia útil para preparação das águas quentes sanitárias (Anexo VI do RCCTE) e o seu valor máximo admissível nos termos regulamentares (nº 3 do Artigo 15º).

¹ Optou-se por uma área de captação de 6 m² em vez de 5 m² em virtude dos colectores solares, actualmente existentes no mercado, terem em geral uma área de 2 m².

Quadro 5.11 – AQS – águas quentes sanitárias.

	N_{ac}	N_a
	(kWh/m ² .ano)	
Lisboa	6,0	21,2

5.1.13 Energia primária

No Quadro 5.12 indicam-se as necessidades globais anuais específicas de energia primária e o seu valor máximo admissível nos termos regulamentares (nº 4 e 5 do Artigo 15º - RCCTE).

É de referir que, no cálculo das necessidades de energia primária, se considerou que, por falta de indicação no projecto, o:

- aquecimento é obtido por resistência eléctrica;
- arrefecimento é realizado por uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3.

Quadro 5.12 – Energia primária.

	N_{tc}	N_t
	(kgep/m ² .ano)	
Lisboa	3,0	3,6

5.1.14 Folhas licenciamento

Para a obtenção das licenças de construção e de utilização deverão ser preenchidas para a vivenda unifamiliar o conjunto de fichas que a seguir se apresentam (fichas 1 a 3 para a licença de construção e ficha 4 para a licença de utilização). É de realçar que estas fichas devem ser acompanhadas dos documentos que nelas se referem.

Ficha 1
REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)
Demonstração da Conformidade Regulamentar para
Emissão de Licença ou Autorização Construção
(Nos termos da alínea a) do nº 2 do artigo 12.º)

Câmara Municipal de Lisboa _____
Edifício Bloco Lote 2 _____
Localização Lote 2 _____
Alameda dos Novos Regulamentos Térmicos _____
1999 - 999 Lisboa _____

Nº de Fracções Autónomas 1 (ou corpos _____)

Para cada Fracção Autónoma ou corpo, incluir:

- ☒ Ficha 2 - Levantamento Dimensional
- ☒ Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos
- ☒ Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Anexos:

<u>Técnico Responsável:</u>	
Nome _____	Perito Sabedor _____
Inscrito na:	
Ordem de Arquitectos, com o nº _____	
Ordem dos Engenheiros, com o nº <u>9 999 999</u>	
Assoc. Nac. dos Eng.ºs Técnicos com o nº _____	
Data <u>1-1-2006</u>	
Assinatura _____	

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do nº 2 do artigo 12º do RCCTE.

(pag 1 de 2)

* Se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

+ Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as Fracções Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

FICHA 2
REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO
TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

(Nos termos do artigo 12.º, nº 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Vivenda Unifamiliar (T4)

Área Útil de Pavimento ...279,0..... m²

Pé Direito Médio (ponderado): ...2,64..... m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	4,3	0,83
sobre área não-útil	55,0	0,75
Total	59,3	
PAREDES		
Exteriores	184,4	(ver quadro)
(total)		
Interiores		
Total	184,4	
PONTES TÉRMICAS PLANAS		
COBERTURAS		
terraço		
desvão		
não-ventilado		
ventilado	178,5	0,63
inclinadas		
sob área não-útil		
Total	178,5	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	28,5	1,50
PAREDES		

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
Térreo	21,0	0,60
intermédios	43,8	0,30
sobre locais não aquecidos ou exteriores	22,5	0,70
FACHADA COM:		
Cobertura	48,7	0,70
Varanda		
caixa estore	10,8	0,00
peitoril/padieira		0,00
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	44,9	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,4	0,4

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Dupla tijolo (15+11) c/40 pol.: 0,51	45,5		30,0		70,3		38,6		184,4
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor Sv)									
VD: U=1,84: g _{gl} =0,53: g _{gv} =0,06	9,6		12,6						22,2
VD: U=1,84: g _{gl} =0,53: g _{gv} =0,33	2,0		4,1		7,2				13,3
VD: U=1,83: g _{gl} =0,53: g _{gv} =0,33					12,0				12,0
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	0 m ²								

FICHA 3
**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO
TÉRMICO DE EDIFÍCIOS**

**Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos
para a Envolvente de Edifícios**

(Nos termos da alínea d) do nº 2 do artigo 12.º)

Edifício	Vivenda Unifamiliar
Fracção Autónoma	1
Inércia	Forte

a) U máximo

Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares	
0,51	Fachadas exteriores	1,80	W/m ² .°C
0,63	Coberturas exteriores.	1,25	W/m ² .°C
0,83	Pavimento. s/ ext.	1,25	W/m ² .°C
	Paredes interiores		W/m ² .°C
0,75	Pavimento interiores	1,65	W/m ² .°C
	Cobertura interior		W/m ² .°C
	Pontes térmicas		W/m.°C

b) Factores Solares dos Envidraçados

Soluções adoptadas – Verão		Valores Máximos Regulamentares	
tipo de protecção solar	0,33		0,56
tipo de protecção solar	0,06		0,56
tipo de protecção solar			

c) Pontes Térmicas planas

U das Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares	
Ponte térmica A	0,62 W/m ² .°C	1,02	W/m ² .°C
Ponte térmica B	0,67 W/m ² .°C	1,02	W/m ² .°C
Ponte térmica B – caixa de estore	0,67 W/m ² .°C	1,02	W/m ² .°C
Ponte térmica – ligação paredes verticais	1,02 W/m ² .°C	1,02	W/m ² .°C

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

caixas de estore (se existirem)	Figura 5.6
ligações entre paredes e vigas	Figura 5.6
ligações entre paredes e pilares	Quadro 5.5
ligações entre paredes e lajes de pavimento	Figura 5.6
ligações entre paredes e lajes de cobertura	Figura 5.6
contacto entre lajes de pavimento e o solo	Figura 5.6
montagem de caixilharias	

Técnico Responsável:

Nome:	Perito Sabedor
Data	1-1-2006
Assinatura	perito

Ficha 4

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)**

Demonstração da Conformidade Regulamentar para
Emissão de Licença de Utilização
(Nos termos do artigo 12.º, nº 3)

Construção conforme projecto		S/N
<u>Técnico Responsável pela Direcção Técnica da Obra:</u>		
Nome	Perito Sabedor _____	
Morada	R. da Directiva Europeia, 2006 _____	
	1999-999 Lisboa _____	
Membro da OE _____ com o nº: 9 999 999		
Data	4-1-2006 _____	
Assinatura	(outro rabisco) _____	

Anexos:

1. Certificado Energético emitido por perito qualificado no âmbito do SCE, conforme artigo 12.º, nº 3.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável pela Direcção Técnica da Obra.
3. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional do técnico responsável pela construção do edifício, emitida pela respectiva associação profissional.

Folha de Cálculo FC IV.1a
Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
N	45,50	0,51	23,21
S	70,30	0,51	35,85
E	30,00	0,51	15,30
O	38,60	0,51	19,69
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			94,04

Pavimentos exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Lage maciça isol c/30 mm poliestireno	4,30	0,83	3,57
TOTAL			3,57

Coberturas exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Cobertura inclinada	178,50	0,63	112,46
			0,00
			0,00
TOTAL			112,46

Paredes e Pavimentos em contacto com o Solo	Perímetro B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
	28,50	1,50	42,75
			0,00
			0,00
TOTAL			42,75

Pontes Térmicas lineares	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os Pavimentos térreos	21,00	0,60	12,60
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores	22,50	0,70	15,75
Fachada com Pavimentos intermédios	43,80	0,60	26,28
Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço	48,70	0,70	34,09
Fachada com Varanda			0,00
Duas Paredes verticais	44,88	0,20	8,98
Fachada com Caixa de estore			0,00
Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril			0,00
Outras			0,00
TOTAL			97,70

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	350,51
--------------	---------------

Folha de Cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
TOTAL				

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Pavimento entre o piso 0 e o piso -1	55,00	0,75	0,30	12,38
TOTAL				12,38

Coberturas interiores (tectos sobre espaços não-úteis)	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
TOTAL				

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
TOTAL				

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$)	Comprimento B (m)	ψ (W/m°C)	τ (-)	$\psi.B.\tau$ (W/°C)
TOTAL				

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	12,38
--------------	-------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;
Edifícios anexos;
Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c
Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

[illegible]

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)	<input type="text" value="279,00"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,64"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="736,56"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre NP 1037-1? (S ou N) se SIM:

Se NÃO:

Classe da caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)

Caixas de estore (S ou N)

Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4)

Aberturas auto-reguladas? (S ou N)

Área de Envidraçados > 15% Ap ? (S ou N)

Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)

Taxa de Renovação nominal:

RPH=

Ver Quadro IV.1

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação V_{ins} - (m³/h)

Caudal extraído V_{ev} - (m³/h)

Diferença entre V_{ins} e V_{ev} (m³/h)

Infiltrações (V_x) / (volume int) (RPH)

Recuperador de Calor (S ou N)

se SIM: η =

se NÃO: η =

Taxa de Renovação nominal (mínimo: 0,6) ($V_f / V + V_x$) (1 - η)

Consumo de electricidade para os ventiladores (Ev=Pv.24.0,03 M (kWh))

Volume	<input type="text" value="736,56"/>	
	x	
Taxa de Renovação nominal	<input type="text" value="1,00"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="250,43"/>	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e
Ganhos Úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação X(-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs(-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m2)
N	D	4,70	0,27	0,53	0,90	0,70	0,90	0,42
N	D	4,90	0,27	0,53	0,90	0,70	0,90	0,44
N	D	1,00	0,27	0,54	0,90	0,70	0,90	0,08
N	D	1,00	0,27	0,54	0,90	0,70	0,90	0,08
S	D	4,70	1,00	0,53	0,90	0,70	0,90	1,41
S	D	2,30	1,00	0,53	0,90	0,70	0,90	0,69
S	D	7,20	1,00	0,54	0,90	0,70	0,90	2,20
S	D	5,00	1,00	0,53	0,90	0,70	0,90	1,50
E	D	1,10	0,56	0,54	0,90	0,70	0,90	0,19
E	D	9,60	0,56	0,53	0,90	0,70	0,90	1,62
E	D	3,00	0,56	0,53	0,90	0,70	0,90	0,50
E	D	3,00	0,56	0,54	0,90	0,70	0,90	0,51

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m²) 9,66
x

Radiação Incidente num envidraçado a Sul (Gsul)
na Zona I1 (kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III) 108,00
x

Duração da Estação de Aquecimento (meses) 5,30
=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano) 5532,14

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.2)	4,00	(W/m²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	5,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	279,00	(m²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	4258,66	(kWh/ano)

Ganhos Totais Úteis:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$ 9790,79
20002,78

Inércia do edifício: Forte $\gamma =$ 0,49

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η) 0,97

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos 9790,79
=

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) 9497,07

Folha de Cálculo FCIV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes Exteriores	184,40
Coberturas Exteriores	178,50
Pavimentos Exteriores	4,30
Envidraçados Exteriores	47,50
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	16,50
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	431,20
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	736,56
	=
FF	0,59

Graus-Dia no Local (°C.dia)

1190

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	para FF < 0,5
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD	para 0,5 < FF < 1
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD] (1,2 - 0,2 FF)	para 1 < FF < 1,5
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	para FF > 1,5

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)

55,3

Folha de Cálculo FCIV.2
Cálculo do Indicador (N_{ic})

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	350,51
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	12,38
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	87,06
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	250,43
=	
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	700,38
x	
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1190
x	
	0,024
=	
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	20002,78
-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	9497,07
=	
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	10505,71
/	
Área Útil de pavimento (m²)	279,00
=	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	37,7
<	
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	55,3

Folha de Cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	94,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	3,57	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1b)	112,46	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	87,06	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	250,43	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	547,56	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		23,00	(°C)
(Quadro III.9)		=	
Diferença de temperaturas interior-exterior		2,00	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	547,56	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	3206,49	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1b
Perdas associadas a Coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Cobertura inclinada	178,50	0,63	112,46
TOTAL			112,46

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
N	4,70	1,83	8,60
N	4,90	1,83	8,97
N	1,00	1,84	1,84
N	1,00	1,84	1,84
S	4,70	1,83	8,60
S	2,30	1,83	4,21
S	7,20	1,84	13,25
S	5,00	1,83	9,15
E	1,10	1,84	2,02
E	9,60	1,83	17,57
E	3,00	1,83	5,49
E	3,00	1,84	5,52
Horizontais:			
TOTAL			87,06

Nota: O valor de U das coberturas a usar nesta Ficha corresponde à situação de Verão.

Folha de Cálculo FCV.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL											
	N	S	E	O					Cob	Cob	Cob	
Área, A (m ²)	45,50	70,30	30,00	38,60					178,50			
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	0,63			
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,51	0,51	0,51	0,51					0,63			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,40	0,40	0,40	0,40					0,40			
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
α U.A	9,28	14,34	6,12	7,87					44,98			(W/°C)
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200,00	380,00	470,00	470,00					820,00			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04					0,04			
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	TOTAL
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	74,26	217,99	115,06	148,04					1475,41			2030,75 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL											
	N	N	N	N	S	S	S	S	E	E	E	E
Área, A (m ²)	4.70	4.90	1.00	1.00	4.70	2.30	7.20	5.00	1.10	9.60	3.00	3.00
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.20	0.20	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.20	0.20	0.20	0.39
	0.06	0.06	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.06	0.06	0.33
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.4)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Factor de obstrução, F _o ⁽²⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.80	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, A _e	0.48	0.50	0.20	0.20	0.87	0.42	1.34	0.92	0.23	1.03	0.32	0.63
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200.00	200.00	200.00	200.00	380.00	380.00	380.00	380.00	470.00	470.00	470.00	470.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	95.23	99.28	39.61	39.61	329.12	161.06	508.05	350.12	108.80	485.65	151.77	296.74
												2665.04
												(kWh)

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel actuada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_o, é obtido pelo produto F_o F_g dos Quadros V.1 e V.2

Folha de Cálculo FCV.1e
Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m ²)	279,00
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	3267,65 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f
Ganhos Totais na Estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	2665,04	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	2030,75	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	3267,65	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		7963,43	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (NVC)

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<div>7963,43</div>	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<div>3206,49</div>	(kWh)
	=	
γ	<div>2,48</div>	
Inércia do edifício (a)	<div>4,20</div>	

	<div>1,00</div>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<div>0,39</div>	
	=	
	<div>0,61</div>	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1e)	<div>7963,43</div>	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	<div>4857,69</div>	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<div></div>	(Ev=Pv.24.0,03.122 (kWh))
	=	
TOTAL	<div>4857,69</div>	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento (m ²)	<div>279,00</div>	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	<div>17,4</div>	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	<div>32,00</div>	(kWh/m².ano)

5.1.15 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade será realizada para as cidades e correspondentes zonas climáticas listadas no Quadro 5.13.

Quadro 5.13 – Cidades e zonas climáticas.

Cidades	Zona climática	
	Inverno (I)	Verão (V)
Beja	1	3
Bragança	3	2
Coimbra	1	2
Faro	1	2
Guarda	3	1
Porto	2	1

No Quadro 5.14, apresentam-se os resultados da aplicação do RCCTE à vivenda em estudo localizada nas cidades anteriormente referenciadas.

Quadro 5.14 – Necessidades de energia.

	Altitude [m]	Colectores solares [kWh.ano]	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Beja		2438	41,1	59,5	17,6	32,0	5,7	21,2	3,0	3,7
Bragança		2231	124,2	126,1	3,7	18,0	6,4	21,2	5,5	4,2
Coimbra		2234	49,0	66,8	3,7	18,0	6,4	21,2	3,3	3,6
Faro		2422	35,9	49,7	17,4	32,0	5,7	21,2	2,9	3,6
Guarda	1056	2351	130,5	130,6	3,3	16,0	6,1	21,2	5,6	4,2
Porto		2153	56,9	73,2	3,3	16,0	6,7	21,2	3,6	3,7

Como se pode verificar (Quadro 5.14), existem duas localidades, na zona climática I_3 – Bragança e Guarda em que, apesar de serem cumpridas as disposições regulamentares relativas às necessidades de energia de aquecimento, arrefecimento e AQS, o edifício não verifica necessidades de energia primária. O recurso ao aquecimento por resistência eléctrica é penalizador, sobretudo em climas mais frios onde as necessidades de aquecimento são maiores.

SOLUÇÕES CORRECTIVAS E/OU ALTERNATIVAS

Uma vez que as condições regulamentares em termos de N_{IC} , N_{VC} e N_{ac} , são satisfeitas e que o RCCTE apenas não é verificado em termos das necessidades de energia primária (N_{tc}), será de esperar que este incumprimento resulte do facto do (no exemplo) sistema de aquecimento ser constituído por resistências eléctricas e o de arrefecimento por uma máquina frigorífica (ciclo de compressão) com COP baixo (3). Assim, a não verificação regulamentar poderá consequência da fonte de energia utilizada, que no caso foi a mais desvantajosa em termos deste Regulamento (aquecimento por resistência eléctrica).

Actuação nos sistemas de aquecimento e de arrefecimento

Assim, importa testar outras fontes alternativas ao aquecimento eléctrico, nomeadamente: 1) Caldeira a Combustível Gasoso ($\eta = 0,87$)/Máquina Frigorífica (ciclo de compressão, com COP = 3), 2) Bomba de Calor.

Os resultados da aplicação apresentam-se de seguida.

1) Caldeira a Combustível Gasoso ($\eta = 0,87$)/Máquina frigorífica (ciclo de compressão) (COP = 3)

Quadro 5.15 – Aquecimento com Caldeira a Combustível Gasoso e arrefecimento com Máquina Frigorífica (compressão).

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	124,2	126,1	3,7	18,0	6,4	21,2	3,1	4,2
Guarda	130,5	130,6	3,3	16,0	6,1	21,2	3,1	4,2

2) Bomba de Calor

Quadro 5.16 – Aquecimento e arrefecimento com Bomba de Calor (COP_{Aq} = 4; COP_{Arr} = 3).

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	124,2	126,1	3,7	18,0	6,4	21,2	2,8	4,2
Guarda	130,5	130,6	3,3	16,0	6,1	21,2	2,7	4,2

Como se pode observar, em ambas as situações, as disposições regulamentares (Artigo 15º - RCCTE) passam a ser totalmente satisfeitas em qualquer localização.

Actuação na envolvente

Mantendo os sistemas de aquecimento (resistência eléctrica) e de arrefecimento (máquina frigorífica), poder-se-á agir sobre a qualidade térmica da envolvente, de forma a que a solução construtiva seja alterada de modo a que os coeficientes de transmissão térmica das paredes, coberturas e pavimentos (aumento da espessura do isolamento), sejam iguais aos coeficientes de transmissão térmica de referência da zona climática correspondente. Como se pode verificar (Quadro 5.17), o melhoramento da qualidade térmica da envolvente do edifício conduz a uma redução das energias de aquecimento e primária, não sendo contudo o suficiente para o cumprimento do RCCTE em termos de $N_{tc} \leq N_t$.

Quadro 5.17 – Reforço do isolamento $U = U_{ref}$.

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	113,2	126,1	3,8	18,0	6,4	21,2	5,2	4,2
Guarda	119,2	130,6	3,1	16,0	6,1	21,2	5,3	4,2

No caso de isolar a envolvente (paredes, cobertura e pavimento exteriores) com isolamento térmico de 10 cm de espessura, coeficientes de transmissão térmica $\approx 0,35 \text{ W/m}^2\text{°C}$, verifica-se que o regulamento seria cumprido nas cidades de Coimbra e do Porto e não cumprido nas cidades de Bragança e da Guarda (Quadro 5.18)

Quadro 5.18 – Reforço do isolamento envolvente (paredes, cobertura e pavimento exteriores) com 10 cm.

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	102,5	126,1	3,9	18,0	6,4	21,2	4,9	4,2
Guarda	108,1	130,6	3,5	16,0	6,1	21,2	4,9	4,2

Actuação nos sistemas de ventilação

Os resultados anteriormente apresentados foram obtidos admitindo que a renovação do ar, para efeitos de higiene e conforto dos ocupantes, era realizada por sistemas de ventilação natural (taxa de renovação $R_{ph} = 1, h^{-1}$).

Para as localidades anteriores e em virtude das condições climáticas exteriores, a renovação do ar é um factor importante, pelo que poder-se-á optar por um sistema de ventilação mecânico que tenha pressurização suficiente de forma a garantir a eliminação das infiltrações (taxa de renovação $R_{ph} = 0,6, h^{-1}$).

Como se pode observar do Quadro 5.19, com a adopção de um sistema de ventilação mecânico (Figura 5.8), as disposições regulamentares (Artigo 15º - RCCTE), com aquecimento por resistência eléctrica esta solução continua a não ser suficiente em Bragança e na Guarda.

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	$V_{ins} - (m^3/h)$	<input type="text" value="0,00"/>	$V_f =$ <input type="text" value="441,94"/>
Caudal extraído	$V_{ev} - (m^3/h)$	<input type="text" value="441,94"/>	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m^3/h)	<input type="text" value="-441,94"/>	$V =$ <input type="text" value="0,60"/> (volume int) (RPH)
Infiltrações	(V_x)	<input type="text" value="0,00"/>	
Recuperador de Calor	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: $\eta =$ <input type="text"/> se NÃO: $\eta =$ <input type="text" value="0,00"/>
Taxa de Renovação nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,60"/>	$(V_f / V + V_x) (1 - \eta)$
Consumo de electricidade para os ventiladores		<input type="text" value="95,40"/>	$(E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \text{ M (kWh)})$

Figura 5.8 – Sistema de ventilação mecânica sem recuperador de calor

Quadro 5.19 – Ventilação mecânica, $r_{ph} = 0,6 h^{-1}$, sem recuperação de calor.

	N_{IC}	N_i	N_{VC}	N_v	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	100,1	126,1	13,9	18,0	6,4	21,2	4,9	4,2
Guarda	105,6	130,6	13,1	16,0	6,1	21,2	5,0	4,2

Caso se adopte um sistema de ventilação mecânico provido de recuperação de calor (Figura 5.9), verifica-se uma redução de cerca de 20 % das necessidades de aquecimento, não sendo contudo ainda suficiente para que as disposições regulamentares sejam verificadas em Bragança e na Guarda (Quadro 5.20).

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	$V_{ins} - (m^3/h)$	<input type="text" value="0,00"/>	$V_f =$ <input type="text" value="441,94"/>
Caudal extraído	$V_{ev} - (m^3/h)$	<input type="text" value="441,94"/>	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m^3/h)	<input type="text" value="-441,94"/>	$V =$ <input type="text" value="0,60"/> (volume int) (RPH)
Infiltrações	(V_x)	<input type="text" value="0,00"/>	
Recuperador de Calor	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	se SIM: $\eta =$ <input type="text" value="0,60"/> se NÃO: $\eta =$ <input type="text"/>
Taxa de Renovação nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,60"/>	$(V_f / V + V_x) (1 - \eta)$
Consumo de electricidade para os ventiladores		<input type="text" value="95,40"/>	$(E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \text{ M (kWh)})$

Figura 5.9 – Sistema de ventilação mecânica com recuperador de calor

Quadro 5.20 – Ventilação mecânica, $rph = 0,6 \text{ h}^{-1}$, com recuperação de calor ($\eta_v = 0,6$).

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	78,5	126,1	13,9	18,0	6,4	21,2	4,3	4,2
Guarda	82,7	130,6	13,1	16,0	6,1	21,2	4,3	4,2

Actuação no sistema de apoio AQS

No caso de se utilizar como sistema de apoio à produção de água quente solar uma caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico, as necessidades de energia serão as apresentadas no Quadro 5.21.

Quadro 5.21 – Caldeira mural.

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	124,2	126,1	3,7	18,0	7,7	21,2	4,3	4,2
Guarda	130,5	130,6	3,3	16,0	7,4	21,2	4,5	4,2

Como se pode verificar do Quadro 5.21, mesmo no caso de se manter a solução construtiva inicial e se alterar o sistema de apoio do AQS de eléctrico para uma caldeira mural a gás, continua a não se verificar as disposições regulamentares (Artigo 15º - RCCTE) em Bragança e na Guarda.

Actuação simultânea nos sistema de ventilação e de apoio AQS

No caso de se manter a solução construtiva inicial e se adoptar em simultâneo um sistema de ventilação mecânica, com ou sem recuperador de calor, e um sistema de apoio AQS do tipo caldeira mural a gás verifica-se o cumprimento do regulamento em Bragança e na Guarda (Quadros 5.22 e 5.23).

Quadro 5.22 – Ventilação mecânica s/recup. Sistema de apoio AQS Caldeira Mural.

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	100,1	126,1	13,9	18,0	7,7	21,2	3,7	4,2
Guarda	105,6	130,6	13,1	16,0	7,4	21,2	3,8	4,2

Quadro 5.23 – Ventilação mecânica c/recup. Sistema de apoio AQS Caldeira Mural.

	N_{IC}	N_C	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	78,5	126,1	13,9	18,0	7,7	21,2	3,1	4,2
Guarda	82,7	130,6	13,1	16,0	7,4	21,2	3,2	4,2

Actuação simultânea no sistema de ventilação mecânica e na envolvente

Caso se melhore a solução construtiva e se adopte em simultâneo um sistema de ventilação mecânica, com recuperação de calor verifica-se o cumprimento do regulamento em Bragança e na Guarda (Quadro 5.24).

Quadro 5.24 – Ventilação mecânica c/recup. $U < U_{ref}$.

	N_{IC}	N_C	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Bragança	57,4	126,1	14,3	18,0	6,4	21,2	3,7	4,2
Guarda	60,7	130,6	13,6	16,0	6,1	21,2	3,7	4,2

COMENTÁRIO

No presente exemplo, verifica-se que para a solução construtiva inicial, as disposições regulamentares não são cumpridas em Bragança, Coimbra, Guarda e Porto (Quadro 5.13).

Para que a vivenda unifamiliar se torne regulamentar nessas localidades poder-se-á actuar de diversas formas. Uma é mudando os sistemas de aquecimento e de arrefecimento de eléctrico/máquina frigorífica para caldeira combustível gasoso/máquina frigorífica (Quadro 5.15) ou para bomba de calor (Quadro 5.16).

Para localidades com climas como os de Bragança e da Guarda, a vivenda unifamiliar só verificará as disposições regulamentares se se tiver em atenção a forma da energia utilizada, os sistemas de aquecimento e de arrefecimento (Quadros 5.15 e 5.16), bem como a forma de produção de AQS e de promover a ventilação (Quadros 5.22 e 5.23) ou a eventual melhoria da envolvente (5.24).

Finalmente, note-se que esta situação apresentada pressupõe o recurso a colectores certificados instalados por um instalador também certificado e com manutenção durante 6 anos. Se não se verificarem estas condições, a energia captada nos colectores não pode ser contabilizada para efeitos do cálculo de N_{ac} , e a situação apresentada no Quadro 5.14 altera-se para a seguinte:

Quadro 5.25 – Necessidades de energia sem colectores solares.

	N_{IC}	N_I	N_{VC}	N_V	N_{ac}	N_a	N_{tc}	N_t
Beja	41,1	59,5	17,6	32,0	14,4	21,2	5,5	3,7
Bragança	124,2	126,1	3,7	18,0	14,4	21,2	7,8	4,2
Coimbra	49,0	66,8	3,7	18,0	14,4	21,2	5,6	3,6
Faro	35,9	49,7	17,4	32,0	14,4	21,2	5,4	3,6
Guarda	130,5	130,6	3,3	16,0	14,4	21,2	8,0	4,2
Lisboa	37,6	55,3	17,4	32,0	14,4	21,2	5,4	3,6
Porto	56,9	73,2	3,3	16,0	14,4	21,2	5,9	3,7

Comparando o quadro anterior com o Quadro 5.14, verifica-se que se não forem utilizados colectores as necessidades de energia de preparação de AQS são cerca do dobro conduzindo este aumento a um incumprimento, em todas as localidades, do RCCTE em termos de $N_{tc} \leq N_t$.

5.2 Edifício de Apartamentos

5.2.1 Introdução e Descrição do Edifício

Este exemplo pretende por um lado fazer um levantamento dos parâmetros necessários à caracterização do comportamento térmico dos edifícios de acordo com a metodologia adoptada no RCCTE – Decreto Lei 80/2006 e, por outro lado, sintetizar os elementos que terão de ser apresentados para licenciamento e certificação de cada uma das fracções autónomas que constituem o edifício.

O Edifício, designado por Bloco F3 do Lote F, localizado em Lisboa (zona climática I1-V2 Sul), será constituído por 6 Pisos (0 a 5) que se destinam exclusivamente a habitação e onde existem 4 apartamentos/fracções autónomas por piso: duas tipologias T1 e duas T2, com as fachadas principais orientadas a Nordeste (T1-A e T2-D) e a Sudoeste (T1a-B^(*), T1-B, T2c-C^(*) e T2-C) tal como se encontra descrito no Quadro 5.26. A fachada orientada a Noroeste irá ser considerada como exterior (edifício F2 ainda não está construído), e a fachada a Sudeste irá estar em contacto com outro edifício adjacente - Bloco F4 (Figuras 5.13 e 5.14), porém sobre o qual não se tem qualquer conhecimento relativamente à distribuição dos espaços interiores, pelo que se considera como envolvente interior.

No Bloco F3 o estacionamento e as arrecadações irão situar-se nos pisos -1 e -2 e serão comuns aos dos restantes Blocos do Lote F (Figura 5.10).

O projecto de ventilação não previu a existência de dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis em paredes de fachada nem a aplicação de vedantes nas portas exteriores ou para as zonas não úteis. Ainda de acordo com os elementos disponibilizados, a entrada e saída de ar nas instalações sanitárias é feita de forma natural, através de aberturas servidas por condutas de comunicação com o exterior. O exaustor na cozinha será o único dispositivo de extracção mecânica de que os apartamentos dispõem, pelo que se pode concluir que as fracções autónomas só têm ventilação natural e que não satisfazem a NP-1037-1.

Neste exemplo de aplicação do RCCTE, apresenta-se o mapa dos valores nominais - Ficha 1 do RCCTE - referente às 24 fracções autónomas que constituem o Bloco F3 do Lote F, realça-se no entanto que as fracções autónomas dos Pisos 1 a 4 (piso intermédios), diferem apenas na caracterização dos vãos envidraçados em termos do factor de horizonte (F_h) e consequentemente do factor de obstrução (F_s).

Para efeitos de aplicação do regulamento dever-se-ia, para cada fracção autónoma distinta, apresentar a Ficha 2 correspondente ao levantamento dimensional e à caracterização térmica, bem como as Folhas de Cálculo (Fichas FCIV e FCV dos Anexos IV e V do RCCTE). Já no que diz respeito à Ficha de demonstração da satisfação dos requisitos mínimos para a envolvente de edifícios (Ficha 3 do RCCTE) poderá ser submetida apenas uma única ficha, comum a todas as fracções autónomas do Bloco F3. Porém, no ponto 5.2.3 exemplifica-se unicamente as Fichas relativas à fracção autónoma identificada com o número 1 (T1-A, Piso 0), em virtude de a metodologia a adoptar para as restantes fracções ser similar.

No Quadro seguinte diferenciam-se as fracções autónomas que constituem o Bloco F3 do Lote F.

Quadro 5.26 – Fracções autónomas do Bloco F3 do Lote F.

Pisos	Designação	Orientação da fachada principal
0	T1-A	NE
	T1a-B**	SO
	T2c-C**	SO
	T2-D	NE
(1 a 4)*	T1-A	NE
	T1-B	SO
	T2-C	SO
	T2-D	NE
5	T1-A	NE
	T1-B	SO
	T2-C	SO
	T2-D	NE

* Diferem apenas nos vãos em termos do factor de horizonte (F_h) e consequentemente do factor de obstrução (F_s)

** Designação das fracções autónomas B e C situadas no piso 0.

Nas figuras 5.11 a 5.14, estão representados os alçados nascente e poente e as plantas das fracções autónomas situadas no piso 0 e nos pisos de 1 a 5.

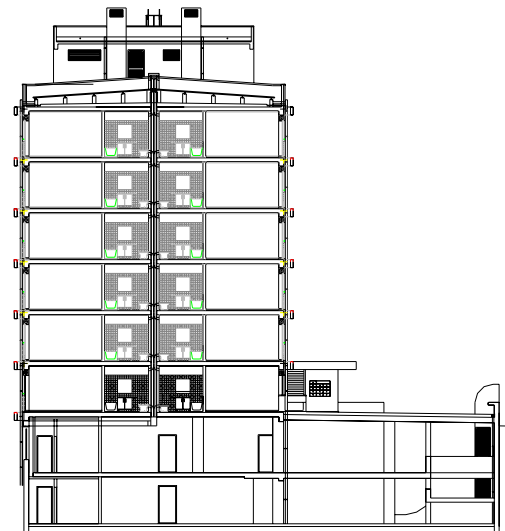


Figura 5.10 – Corte transversal.

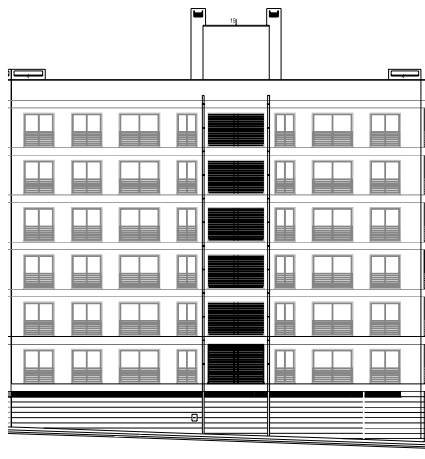


Figura 5.11 – Fachada a Nordeste.

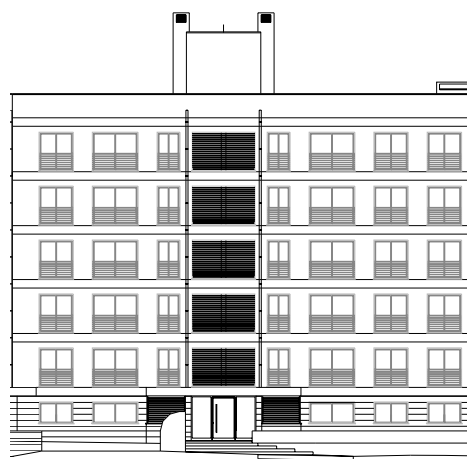


Figura 5.12 – Fachada a Sudoeste.

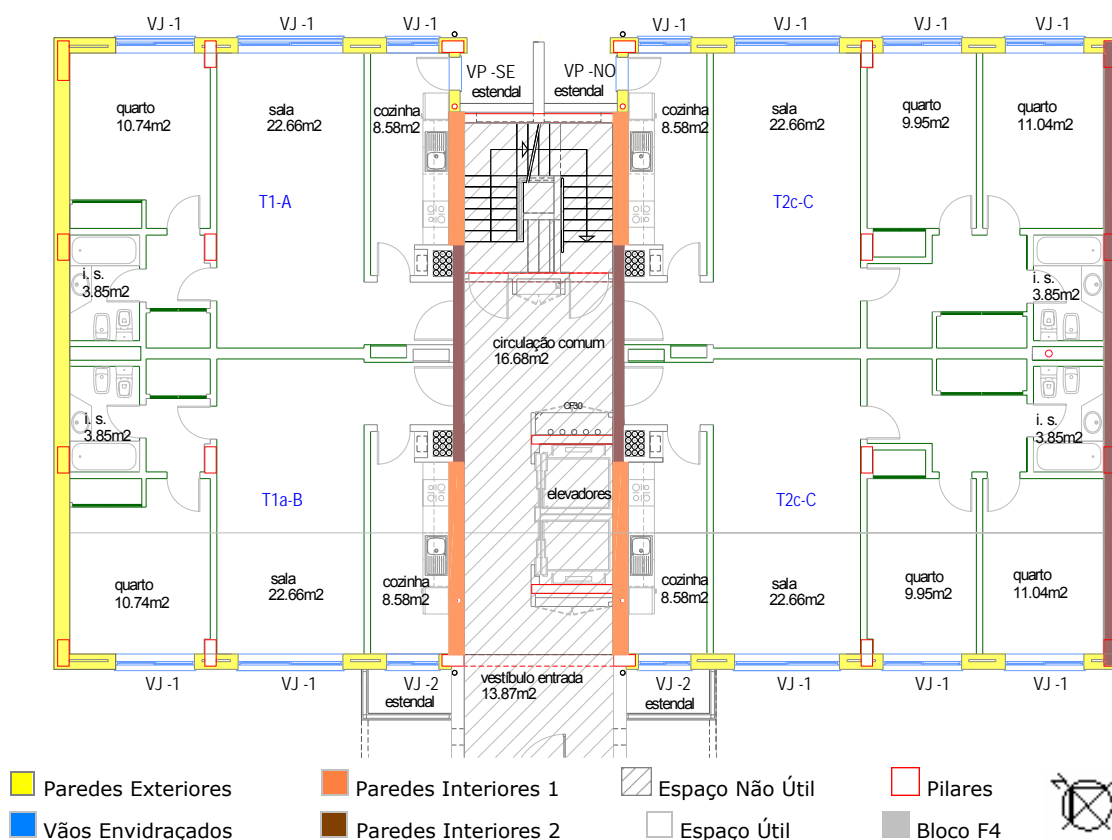


Figura 5.13 – Planta Piso 0 – Bloco F3.

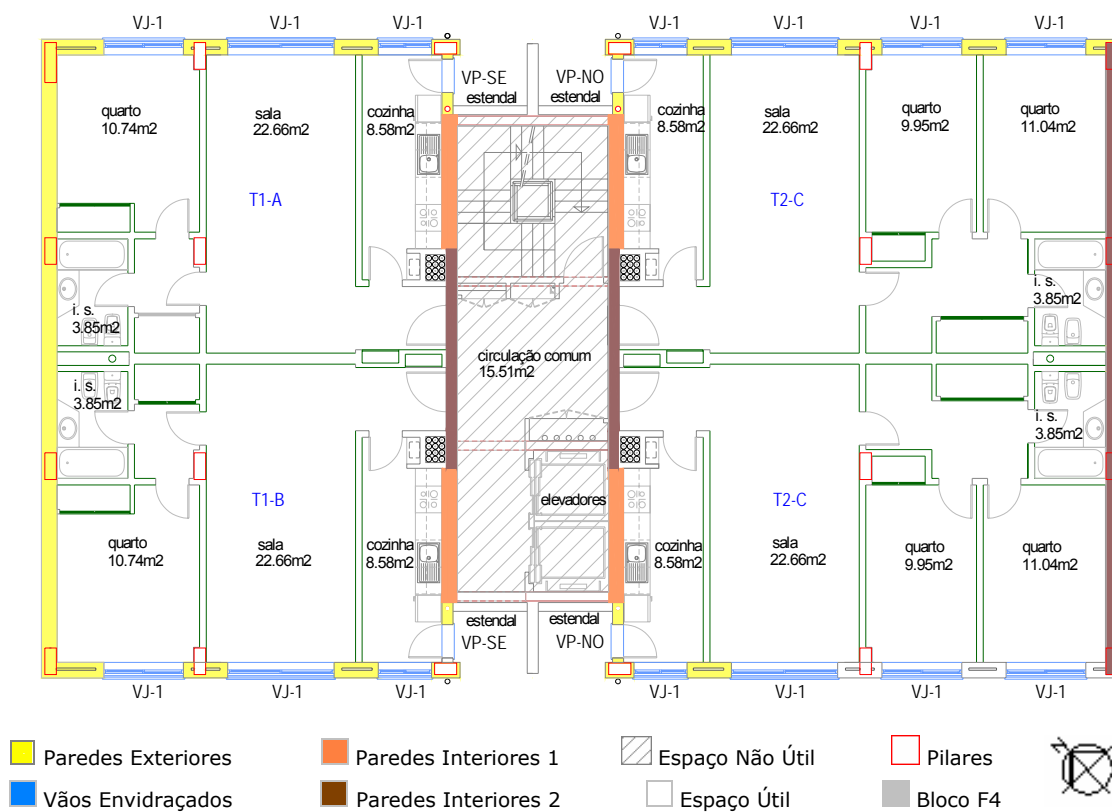


Figura 5.14– Planta Pisos 1 a 5 – Bloco F3.

5.2.2 Caracterização Térmica

5.2.2.1 Envolvente Opaca

Nos Quadros seguintes descrevem-se e caracterizam-se termicamente em termos dos coeficientes de transmissão térmica superficiais (U) as soluções construtivas dos elementos opacos da envolvente (incluindo as zonas de ponte térmica plana) e em termos dos coeficientes de transmissão térmica linear as pontes térmica (ψ).

Os cálculos detalhados dos valores de U das soluções opacas apresentam-se no Anexo 5.2D.

Quadro 5.27 - Paredes Exteriores e Cobertura

Descrição	U (W/m ² .°C)	U _{máx} (W/m ² .°C)
paredes duplas com panos em alvenaria de tijolo furado normal, 0,11+0,05+0,15 m, com caixa de ar não ventilada preenchida parcialmente com 30 mm de poliestireno expandido moldado (EPS), rebocadas pelo exterior e interior.	0,57	1,80
cobertura , constituída por laje de betão com 0,22 m de espessura, isolada com 50 mm manta de lã de rocha (MW), rebocada pelo interior.	0,64 (ascendente) 0,58 (descendente)	1,25

Quadro 5.28 - Envolvente Interior

Descrição	U (W/m ² .°C)	U _{máx} (W/m ² .°C)
<u>Entre os fogos e zonas de circulação (espaço não-útil):</u> parede interior 1 constituída por um pano de betão com 0,20 m e um pano de tijolo com 0,11 m, rebocada pelo exterior e interior, com uma espessura total de 0,34 m. parede interior 2 constituída por um pano de tijolo com 0,22 m, rebocada rebocada pelo exterior e interior, com uma espessura total de 0,25 m.	1,5 1,2	2,00
<u>Paredes de separação com as fracções autónomas adjacentes do edifício Bloco F4</u> parede interior 2 constituída por um pano de tijolo com 0,22 m, rebocada rebocada pelo exterior e interior, com uma espessura total de 0,25 m..	1,2	2,00
<u>Entre o piso 0, zona útil de habitação/fracções autónomas e piso -1, zona não útil das garagens e arrecadações (espaço não útil)</u> pavimento com aplicação de 0,01 m de parquet de madeira, 0,04 m de betonilha, folha de separação, 0,04 m de aglomerado negro de cortiça e laje maciça de betão com 0,26 m de espessura.	0,70 (descendente)	1,25 ^(*)

(*) Como o valor de τ para os pavimentos interiores é 0,9, aplicam-se requisitos mínimos de qualidade térmica para elementos exteriores (RCCTE, Anexo IX, Quadro IX.1) - ver cálculo detalhado de τ no anexo 5.2B deste exemplo.

No que diz respeito às paredes que irão separar o Bloco F3 do edifício adjacente, Bloco F4 já construído, mas sobre o qual não se tem conhecimento da distribuição espacial das zonas úteis e não úteis, são definidas como paredes interiores pelo que ter-se-á também que verificar se satisfazem os requisitos mínimos previstos para as paredes interiores.

Relativamente às pontes térmicas lineares, o texto do RCCTE indica, para as situações mais comuns, os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear Ψ que poderão ser adoptados, RCCTE - Tabelas IV.3. No Quadro 5.29 indicam-se as pontes térmicas lineares identificadas nas fracções autónomas obtidos por interpolação dos valores do RCCTE.

Quadro 5.29 - Pontes térmicas lineares.

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Ψ (W/m.°C)	Referência
Fachada com pavimentos térreos	-----	RCCTE, Tabelas IV.3 - A
Fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos $e_p = 0,26$ m - (Figura 5.15)	0,71	RCCTE, Tabelas IV.3 - Br.1
Fachada com pavimentos intermédios $e_p = 0,28$ m - (Figura 5.16)	0,27	RCCTE, Tabelas IV.3 - Cr
Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço $e_p = 0,24$ m - (Figura 5.17)	0,68	RCCTE, Tabelas IV.3 - Dr
Fachada com varanda $e_p = 0,28$ m e $e_m \geq 0,30$ m	0,42	RCCTE, Tabelas IV.3 - E
Duas Paredes verticais $e_m \geq 0,22$ m - (Figura 5.18)	0,20	RCCTE, Tabelas IV.3 - Fr
Fachada com Caixa de estore (Figuras 5.19)	0,00	RCCTE, Tabelas IV.3 - G
Fachada com padieira ou peitoril (Figura 5.19)	0,20	RCCTE, Tabelas IV.3 - H

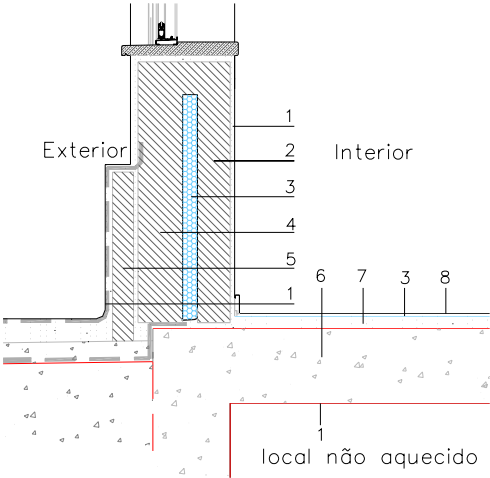


Figura 5.15 - Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos (corte vertical).

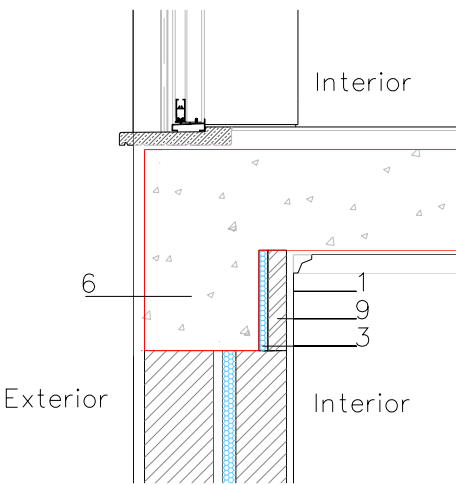


Figura 5.16 - Ligação da fachada com pavimentos intermédios (corte vertical).

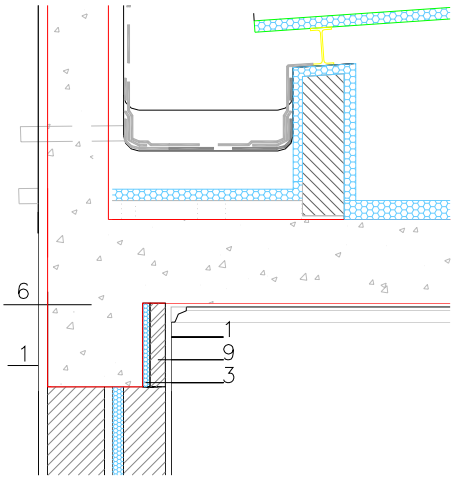


Figura 5.17 - Ligação da fachada com a cobertura (corte vertical).

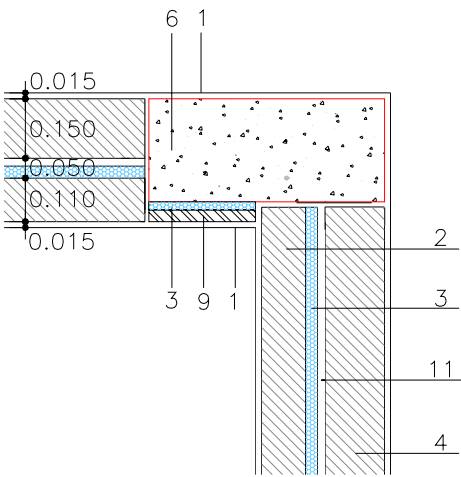
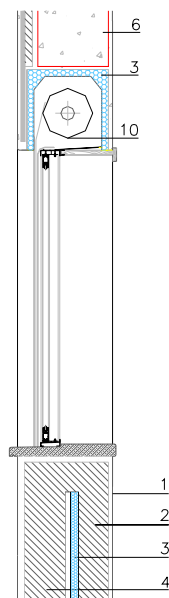


Figura 5.18 - Ligação entre duas paredes verticais (planta).



Legendas Figuras 5.15 a 5.19:

- 1 – reboco
- 2 – alvenaria int. tijolo 0,11 m
- 3 – isolamento térmico
- 4 – alvenaria ext. tijolo 0,15 m
- 5 – tijolo de 0,07 m
- 6 – laje de betão
- 7 – betonilha de regularização/ betão celular
- 8 – parquet de madeira
- 9 – tijolo de revestimento de 0,04 m
- 10 – caixa de estore
- 11 – caixa de ar

Figura 5.19 – Ligação da fachada com a padieira ou peitoril e caixa de estore (corte vertical).

No que diz respeito às pontes térmicas planas, o RCCTE impõe que, os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial U das heterogeneidades opacas inseridas na zona corrente da envolvente (pilares, vigas ou caixas de estore) não excedam os valores de U máximos admissíveis para os elementos opacos nem o dobro do coeficiente de transmissão térmica dos elementos verticais ou horizontais em zona corrente (vd Ficha 3 do RCCTE).

Quadro 5.30 - Pontes térmicas planas.

Pontes Térmicas planas	U (W/m ² .°C)	$U_{máx}^{(*)}$ (W/m ² .°C)
Talão de viga de betão armado da laje de cobertura	1,10	1,14 ≤ 1,80
Talão de viga de betão armado da laje dos pavimentos intermédios	1,10	1,14 ≤ 1,80
Pilar de betão armado (de canto ou outro qualquer)	1,10	1,14 ≤ 1,80
caixas de estore	0,93	1,14 ≤ 1,80

(*)O valor de U da zona de ponte térmica plana não pode ser superior ao dobro do dos elementos homólogos em zona corrente (RCCTE, Anexo IX, Capítulo 2), respeitando ainda os valores máximos indicados no Quadro IX.1 (RCCTE, Anexo IX, Capítulo 1), $U_{máx} \leq 2 \times 0,57 = 1,14 \leq 1,80$.

Os cálculos detalhados dos valores de U das pontes térmicas planas encontram-se no Anexo 5.2D.

5.2.2.2 Vãos Envidraçados

No Quadro 5.31 encontram-se descritos os valores dos coeficientes de transmissão térmica U dos vãos envidraçados, de acordo com o ITE 50 do LNEC.

O valor de U dos vãos envidraçados depende do tipo de caixilho e de janela: fixa, giratória ou de correr, da permeabilidade ao ar dos dispositivos de oclusão nocturna e do número de vidros: simples ou duplo, no caso do duplo, depende ainda da espessura da lâmina de ar. Para os vãos que possuam dispositivos móveis de protecção solar (estores exteriores) como é o caso das salas, quartos e cozinha, o coeficiente U corresponderá a um valor médio dia-noite por forma a ter em conta o efeito da activação da protecção durante o período nocturno. Para os vãos envidraçados sem qualquer dispositivo móvel de protecção solar, ou sejam, as

portas de vidro de acesso à zona exterior destinada ao tratamento de roupa - varanda - o valor de U diz respeito apenas ao vão envidraçado (vidro + caixilho).

No que diz respeito à classe de classificação das caixilharias em termos de estanquidade às infiltrações e renovação do ar é de classe 3, de acordo com os elementos fornecidos e tal como se encontra descrito no Anexo 5.2G deste exemplo.

Quadro 5.31 – Coeficientes de transmissão térmica U dos vãos envidraçados.

Descrição dos vãos envidraçados	U (W/m ² °C)
VJ-1 (salas, quartos e cozinha, pisos 0 a 5 – Orientações NE e SW); VJ-2 (cozinha - janela com grelha de protecção do estendal, piso 0 - Orientação SW) Janela de correr com caixilharia de alumínio termolacado, vidro duplo incolor de 6 mm e 4 mm, lâmina de ar com 6 mm de espessura, estores exteriores (dispositivos de oclusão nocturna com permeabilidade ao ar baixa) e cortinas interiores muito transparentes de cor clara.	3,10
VP-NW e VP-SE (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientações NW e SE, respectivamente) Janela de correr com caixilharia de alumínio termolacado, vidro duplo incolor de 6 mm e 4 mm, lâmina de ar com 6 mm de espessura e cortinas interiores muito transparentes de cor clara (VP-NW) e cortinas interiores transparentes de cor clara (VP-SE).	4,50

Nos parágrafos seguintes encontram-se descritos os valores atribuídos aos diferentes factores solares F_{\perp} e g_{\perp} que, tal como se encontra descrito no capítulo 2, traduzem a fracção da radiação solar incidente disponível no exterior transmitida para o interior do espaço útil sob a forma de radiação, quer visível, quer térmica.

5.2.2.2.1 Factores Solares na Estação de Aquecimento (Inverno)

Os factores tabelados no Quadro 5.32 e 5.33 representam:

- g_{\perp} - factor solar do vão envidraçado, admitindo existência de cortinas interiores muito transparentes;
- F_s - factor de obstrução igual ao produto de F_h F_o F_f em que;
 - F_h - factor de sombreamento do horizonte;
 - F_o - factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao vão envidraçado;
 - F_f - factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão envidraçado;
- F_w - factor de correcção da selectividade angular do tipo de envidraçado;
- F_g - fracção envidraçada;
- X_j - factor de orientação;
- g_{\perp}' - factor solar do vão envidraçado com protecção solar activada a 100% e vidro incolor corrente;
- g_{lv} - factor solar do vidro sem qualquer dispositivo de protecção solar.

Quadro 5.32 – Factores solares na estação de aquecimento – Inverno: g_{\perp} , F_s , F_w , F_g .

Vãos envidraçados	g_{\perp}	F_s	F_w	F_g	X_j
VJ-1 (salas, quartos e cozinha, pisos 0 a 5 – Orientações NE e SW)	0,63	Quadro 5.32 A	0,90	0,70	0,33(NE) 0,84(SW)
VJ-2 (cozinha - janela com grelha de protecção do estendal, piso 0 - Orientação SW)	0,63	0,59	0,90	0,70	0,84
VP-NW (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação NW)	0,63	0,58	0,90	0,70	0,33
VP-SE (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação SE)	0,39	0,21	0,90	0,70	0,84

Quadro 5.32A – **VJ-1**, factor de obstrução por piso e orientação.

F_s Factor de obstrução		
piso	orientação	
	NE	SW
0	0,75	0,70
1	0,77	0,77
2	0,82	0,81
3	0,86	0,85
4	0,86	0,86
5	0,87	0,88

5.2.2.2.2 Factores Solares na Estação de Arrefecimento (Verão)

No Quadro seguinte, apresentam-se os valores dos factores solares na estação de arrefecimento, distintos dos aplicáveis à estação de aquecimento. Os detalhes do cálculo dos valores no Quadro 5.33 encontram-se no anexo 5.2E.

Quadro 5.33 – Factores solares na estação de arrefecimento - Verão: g_{\perp} , F_s , F_w e F_g .

Vãos envidraçados	g_{\perp}'	$g_{\perp v}$	g_{\perp}	F_s	F_w	F_g
VJ-1 (salas, quartos e cozinha, pisos 1 a 5 – Orientações NE e SW)	0,07	0,78	0,28	0,90	0,85	0,70
VJ-2 (cozinha - janela com grelha de protecção do estendal, piso 0 - Orientação SW)	0,07	0,78	0,28	0,80	0,85	0,70
VP-NW (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação NW)	0,63	0,78	0,68	0,53	0,85	0,70
VP-SE (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação SE)	0,39	0,78	0,51	0,41	0,85	0,70

Nota: $g_{\perp} = 0,70 \times g_{\perp}' + 0,30 \times g_{\perp v}$, na estação de arrefecimento (de acordo com o RCCTE o factor solar na estação de arrefecimento deve ser tomado no caso de existirem dispositivos de sombreamento móveis como estando activados a 70%, ou seja o factor solar do vão envidraçado é igual à soma de 30% do factor solar do vidro mais 70% do factor solar do vão envidraçado com a protecção móvel actuada).

No Anexo 5.2E descreve-se detalhadamente para cada tipo de vão envidraçado e para cada uma das estações como os diferentes factores solares foram estabelecidos.

5.2.3 Fichas e Folhas de Cálculo para Licenciamento

Este parágrafo procura descrever a informação que terá de ser apresentada para cada uma das fracções autónomas (FA) que constituem o edifício num processo de licenciamento, exemplificando com a fracção autónoma identificada com o número 1-T1-A_Piso 0. Assim, para requerer a licença de construção do Bloco F3 seriam necessários os seguintes documentos:

- Ficha 1 - Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão da Licença de Construção;
- Ficha 2 - Levantamento Dimensional para um Corpo de um Edifício ou uma Fracção Autónoma (para cada fracção autónoma do Bloco F3);
- Ficha 3 - Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente de Edifícios para cada fracção autónoma do Bloco F3. O RCCTE prevê ainda em alternativa que, mesmo haja mais do que uma FA distinta, pode ser submetida uma única Ficha 3 indicando, relativamente aos coeficientes de transmissão térmica e aos factores solares, os valores máximos das soluções adoptadas.
- Folhas de Cálculo FCIV e FCV, Anexos IV e V do RCCTE (para cada fracção autónoma do Bloco F3).
- Ficha 4 - Conformidade Regulamentar para Emissão da Licença de Utilização;

Nota: Os valores utilizados no preenchimento das Fichas 1 a 4, incluindo as Folhas de Cálculo FCIV e FCV, são explicados em detalhe nos anexos 5.2B a 5.2I.

FICHA N.º1
REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)
Demonstração da Conformidade Regulamentar para
Emissão de Licença ou Autorização de Construção
(Nos termos da alínea a) do n.º 2 do artigo 12.º)

Câmara Municipal de Lisboa
Edifício Bloco F3
Localização Lisboa

Nº de Fracções Autónomas 24 (ou corpos _____)

Para cada Fracção Autónoma* ou corpo, incluir:

Ficha 2 - Levantamento Dimensional

Ficha 3 - Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos⁺

Fichas FCIV e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Técnico Responsável:

Nome _____

Inscrito na:

Ordem de Arquitectos, com o nº _____

Ordem dos Engenheiros, com o nº _____

Assoc. Nac. dos Eng.ºs Técnicos com o nº _____

Data _____

Anexos:

4. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, da Ordem dos Engenheiros ou da ANET.
5. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do n.º2 do artigo 12.º do RCCTE.
6. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do n.º 2 do artigo 12.º do RCCTE.

(pag 1 de 2)

* Se houver duas ou mais fracções autónomas (FA) exactamente iguais, é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

+ Em alternativa, pode ser submetida uma única Ficha 3, comum para todas as Fracções Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

Mapa de Valores Nominais Para o Edifício

Zona Climática	I <u>1</u>	V <u>2</u>	Altitude <u>0</u> m
Graus-Dias	<u>1190</u> °C.dia	Duração Aquec. <u>5,3</u> Meses	Temp. de Verão <u>23</u> °C

Fracção Autónoma	A _p	Taxa Ren.	N _{ic}	N _i	N _{vc}	N _v	N _{ac}	N _a	N _{ic}	N _i
N.º	(m²)	(RPH)	(kWh/ m².ano)	(kWh/ m².ano)	(kWh/ m².ano)	(kWh/ m².ano)	(kWh/ m².ano)	(kWh/ m².ano)	(kgep/ m².ano)	(kgep/ m².ano)
1- T1-A_Piso 0	53,48	0,94	60,43	62,95	14,42	32,00	12,58	44,23	2,99	6,83
2- T1a-B_Piso 0	53,48	0,85	46,05	62,51	14,07	32,00	12,58	44,23	2,57	6,82
3- T2c-C_Piso 0	68,12	0,85	42,03	58,55	14,28	32,00	14,81	52,08	2,65	7,85
4- T2-D_Piso 0	68,12	0,94	55,29	58,99	14,94	32,00	14,81	52,08	3,04	7,85
5- T1-A_Piso 1	53,48	0,94	38,14	51,51	14,42	32,00	12,58	44,23	2,34	6,72
6- T1-B_Piso 1	53,48	0,94	24,26	51,51	18,37	32,00	12,58	44,23	1,98	6,72
7- T2-C_Piso 1	68,12	0,94	19,63	51,51	19,13	32,00	14,81	52,08	2,04	7,78
8- T2-D_Piso 1	68,12	0,94	33,95	51,51	14,94	32,00	14,81	52,08	2,42	7,78
9- T1-A_Piso 2	53,48	0,94	38,14	51,51	14,42	32,00	12,58	44,23	2,34	6,72
10- T1-B_Piso 2	53,48	0,94	22,78	51,51	18,37	32,00	12,58	44,23	1,93	6,72
11- T2-C_Piso 2	68,12	0,94	18,69	51,51	19,13	32,00	14,81	52,08	2,02	7,78
12- T2-D_Piso 2	68,12	0,94	33,95	51,51	14,94	32,00	14,81	52,08	2,42	7,78
13- T1-A_Piso 3	53,48	0,94	37,52	51,51	14,42	32,00	12,58	44,23	2,32	6,72
14- T1-B_Piso 3	53,48	0,94	21,89	51,51	18,37	32,00	12,58	44,23	1,91	6,72
15- T2-C_Piso 3	68,12	0,94	17,78	51,51	19,13	32,00	14,81	52,08	1,99	7,78
16- T2-D_Piso 3	68,12	0,94	33,46	51,51	14,94	32,00	14,81	52,08	2,40	7,78
17- T1-A_Piso 4	53,48	0,94	37,52	51,51	14,42	32,00	12,58	44,23	2,32	6,72
18- T1-B_Piso 4	53,48	0,94	21,50	51,51	18,37	32,00	12,58	44,23	1,90	6,72
19- T2-C_Piso 4	68,12	0,94	17,41	51,51	19,13	32,00	14,81	52,08	1,98	7,78
20- T2-D_Piso 4	68,12	0,94	33,29	51,51	14,94	32,00	14,81	52,08	2,40	7,78
21 T1-A_Piso 5	53,48	0,94	59,83	64,71	18,72	32,00	12,58	44,23	3,01	6,84
22-T1-B_Piso 5	53,48	0,94	39,66	64,71	14,52	32,00	12,58	44,23	2,38	6,84
23-T2-C_Piso 5	68,12	0,94	34,86	60,75	15,36	32,00	14,81	52,08	2,45	7,87
24-T2-D_Piso 5	68,12	0,94	54,60	60,75	19,17	32,00	14,81	52,08	3,06	7,87

(pag 2 de 2)

FICHA N.º 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS
DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T1-A – Piso 0

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	<u>58,29</u>	<u>0,70</u>
Total	<u>58,29</u>	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>21,05</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>3,53</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS PLANAS	<u>9,31</u>	
Total	<u>42,96</u>	-----
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	<u>10,30</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>10,30</u>	<u>0,71</u>
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>5,40</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>6,80</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>10,08</u>	<u>0,20</u>

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		6,28		1,88				12,89	21,05
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		1,91						1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1,26						3,02	4,28
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		1,67							1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28		10,80							10,80
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

FICHA N.º 3

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente de Edifícios

(Nos termos da alínea d) do n.º 2 do artigo 12.º)

Edifício	Bloco F3		
Fracção Autónoma	1-T1A-Piso 0		
Inércia térmica	Média		
a) U máximo			
Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares	
0,57	Fachadas ext.	1,8	W/m ² .°C
	Coberturas ext.		W/m ² .°C
	Pavimento s/ ext.		W/m ² .°C
1,5	Paredes interiores	2,0	W/m ² .°C
0,70	Pavim. int.	1,25	W/m ² .°C
	Cobert.int.		W/m ² .°C
1,1	Pontes Térm.	1,1	W/m ² .°C
b) Factores Solares dos Envidraçados			
Soluções adoptadas – Verão		Valores Máximos Regulamentares	
tipo de protecção solar	(estores ext. cor média)	0,07	0,56
tipo de protecção solar	(cortinas int.transp. cor clara)	0,39	0,56
tipo de protecção solar			
c) Pontes Térmicas planas			
Soluções adoptadas		Valores Máximos Regulamentares	
1,10 ⁽¹⁾	W/m ² .°C	2 x 0,57 = 1,14	W/m ² .°C
1,10 ⁽²⁾	W/m ² .°C	2 x 0,57 = 1,14	W/m ² .°C
0,93 ⁽³⁾	W/m ² .°C	2 x 0,57 = 1,14	W/m ² .°C
	W/m ² .°C		W/m ² .°C

Ligações entre: (1) Talão de viga de betão armado da laje dos pavimentos intermédios; (2) Pilar de betão armado, (3) caixa de estore.

Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:

- | | |
|--|---------------|
| <input type="checkbox"/> caixas de estore (se existirem) | Figura 5.19 |
| <input type="checkbox"/> ligações entre paredes e vigas | Figura 5.16 |
| <input type="checkbox"/> ligações entre paredes e pilares | Figura 5.18 |
| <input type="checkbox"/> ligações entre paredes e lajes de pavimento | Figura 5.15 |
| <input type="checkbox"/> ligações entre paredes e lajes de cobertura | ----- |
| <input type="checkbox"/> paredes e pavimentos enterrados | Não aplicável |
| <input type="checkbox"/> montagem de caixilharias | |

Técnico Responsável:

Nome _____
Data _____
Assinatura _____

Nota: No Anexo 5.2D apresentam-se em detalhe o cálculo dos valores de U das soluções adoptadas.

(pag 1 de 1)

FICHA N.º 4

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)**

Demonstração da Conformidade Regulamentar para
Emissão de Licença ou Autorização de Utilização
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 3)

Construção conforme projecto	S/N
<u>Técnico Responsável pela Direcção Técnica da Obra:</u>	
Nome	_____
Morada	_____ _____
Membro da	_____ com o n.º: _____
Data	_____

Anexos:

- 1 – Certificado energético emitido por perito qualificado no âmbito do SCE, conforme artigo 12.º, n.º 3.
- 2 – Termo de Responsabilidade do técnico responsável pela direcção técnica da obra.
- 3 – Declaração de reconhecimento de capacidade profissional do técnico responsável pela construção do edifício, emitida pela respectiva associação profissional.

Folha de Cálculo FC IV.1a
Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Dupla em alvenaria de tijolo 11 cm + 15 cm isolada com 3 cm EPS - NE	6,28	0,57	3,58
Ponte térmica plana - pilares - NE	1,26	1,10	1,39
Ponte térmica plana - vigas - NE	1,91	1,10	2,10
Ponte térmica plana - caixa de estores - NE	1,67	0,93	1,55
Dupla em alvenaria de tijolo 11 cm + 15 cm isolada com 3 cm EPS - SE	1,88	0,57	1,07
Dupla em alvenaria de tijolo 11 cm + 15 cm isolada com 3 cm EPS - NO	12,89	0,57	7,35
Ponte térmica plana - pilares - NO	3,02	1,10	3,32
Ponte térmica plana - vigas - NO	1,45	1,10	1,60
TOTAL			21,96

Pavimentos exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			

Coberturas exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			

Paredes e Pavimentos em contacto com o Solo	Perímetro B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
TOTAL			

Pontes Térmicas lineares	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os Pavimentos térreos			
Fachada com Pavimentos	10,30	0,71	7,31
Fachada com Pavimentos intermédios	10,30	0,27	2,78
Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço			
Fachada com Varanda	1,30	0,42	0,55
Duas Paredes verticais	10,08	0,20	2,02
Fachada com Caixa de estore	5,4	0,00	0,00
Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril	6,8	0,20	1,36
Outras			
TOTAL			14,02

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	35,98
--------------	--------------

Folha de Cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A.τ (W/°C)
Paredes Interiores 1 - pano de betão com 20 cm e tijolo de 11 cm	9,07	1,50	0,60	8,16
Paredes Interiores 2 - Simples em alvenaria de tijolo 22 cm	3,53	1,20	0,60	2,54
TOTAL				10,70

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A.τ (W/°C)
	58,29	0,70	0,90	36,72
TOTAL				36,72

Coberturas interiores (tectos sobre espaços não-úteis)	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A.τ (W/°C)
TOTAL				

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Area (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A.τ (W/°C)
TOTAL				

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$)	Comprimento (B) (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ.B.τ (W/°C)
TOTAL				

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C) **TOTAL** **47,42**

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;
 Edifícios anexos;
 Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
 Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Area (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
VJ-1-NE	10,80	3,10	33,48
VP-SE	1,40	4,50	6,30
Horizontais:			
		TOTAL	39,78

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de pavimento (Ap)	<input type="text" value="53,48"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,52"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="134,77"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: <input type="text" value="RPH = 0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação nominal: RPH= <input type="text" value="0,94"/>
Caixas de estore	(S ou N)	<input type="text"/>	
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="1"/>	
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de Envidraçados > 15% Ap ?	(S ou N)	<input type="text"/>	Ver Quadro IV.1
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação	V_{ins} - (m ³ /h)	<input type="text"/>	$V_f =$ <input type="text"/>
Caudal extraído	V_{ev} - (m ³ /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m ³ /h)	<input type="text"/>	V = <input type="text"/> (volume int) (RPH)
Infiltrações	(V_x)	<input type="text"/>	
Recuperador de Calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM: $\eta =$ <input type="text"/> se NÃO: $\eta = 0$
Taxa de Renovação nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text"/>	$(V_f / V + V_x) (1 - \eta)$
Consumo de electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	$(E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 \text{ M (kWh)})$

Volume	<input type="text" value="134,77"/>	
	x	
Taxa de Renovação nominal	<input type="text" value="0,94"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="43,07"/>	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação X(-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs(-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
VJ-1-NE	duplo	10,80	0,33	0,63	0,75	0,70	0,90	1,16
VP-SE	duplo	1,40	0,84	0,39	0,21	0,70	0,90	0,09

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m²)	1,25
	x
Radiação Incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na Zona I1 (kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III)	108,00
	x
Duração da Estação de Aquecimento (meses)	5,30
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	715,50

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4,00	(W/m²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	5,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	53,48	(m²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	816,32	(kWh/ano)

Ganhos Totais Úteis:

γ =	Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos	1531,82
	Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	4748,10
Inércia do edifício: forte	γ =	0,32
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)		0,99
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos		1531,82
	=	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)		1516,50

Folha de Cálculo FCIV.1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

FACTOR DE FORMA	
Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)	m ²
Paredes Exteriores	30,36
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	12,20
Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A_{τ})	
Paredes Interiores	7,56
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	52,46
Envidraçados Interiores	
Área Total:	102,58
	/
Volume (da FC IV.1d):	134,77
	=
FF	0,76

Graus-Dia no Local (°C.dia)

1190

$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ para $FF \leq 0,5$
 $N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$ para $0,5 < FF \leq 1$
 $N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$ para $1 < FF \leq 1,5$
 $N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$ para $FF > 1,5$

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - N_i (kWh/m².ano)

62,95

Folha de Cálculo FCIV.2
Cálculo do indicador *Nic*

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	35,98
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	47,42
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	39,78
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	43,07

Coeficiente Global de Perdas (W/°C)

166,25

Graus-Dia no Local (°C.dia)

1190

x

0,024

=

Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)

4748,10

-

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)

1516,50

=

Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)

3231,60

/

Área Útil de pavimento (m²)

53,48

=

Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)

60,43

≤

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)

62,95

Folha de Cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	<input type="text" value="21,96"/>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	<input type="text"/>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	<input type="text"/>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	<input type="text" value="39,78"/>	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	<input type="text" value="43,07"/>	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	<input type="text" value="104,81"/>	(W/°C)

		<input type="text" value="25"/>	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		<input type="text" value="23"/>	(°C)
		=	
		<input type="text" value="2"/>	(°C)
		x	
Perdas totais	(Q_{1a})	<input type="text" value="104,81"/>	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q_{1b})	<input type="text" value="613,77"/>	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1b
Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
TOTAL			

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
VJ-1-NE	10,80	3,10	33,48
VP-SE	1,40	4,50	6,30
Horizontais:			
TOTAL			39,78

Nota - O valor de *U* das coberturas a usar nesta ficha corresponde à situação de Verão.

Folha de Cálculo FCV.1c
Ganhos solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL								
	NE	NE	NE	NE	SE	NO	NO	NO
Área, A (m ²)	6,28	1,26	1,91	1,67	1,88	12,89	3,02	1,45
			x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,57	1,10	1,10	0,93	0,57	0,57	1,10	1,10
	x	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
	=	=	=	=	=	=	=	=
α U.A	1,43	0,55	0,84	0,62	0,43	2,94	1,33	0,64
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	340	340	340	340	460	340	340	340
	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	19,47	7,54	11,43	8,45	7,89	39,97	18,07	8,68
								TOTAL
								121,50 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1d
Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

	NE (VJ-1)	SE (VP)	...	...	...	...	...	...
Área, A (m ²)	10,80	1,40						
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,28	0,51						
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,70	0,70						
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, F _s ⁽²⁾	0,90	0,41						
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,85	0,85						
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, A _e	1,62	0,17						
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	340,00	460,00						
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	550,80	78,20						629,00 (kWh)
								TOTAL

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel actuada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_s, é obtido pelo produto F₀.F_f dos Quadros V.1 e V.2

Folha de Cálculo FCV.1e
Ganhos internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4,00"/>	
	x	
Área útil de pavimento (m^2)	<input type="text" value="53,48"/>	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos Internos totais	<input type="text" value="626,36"/>	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	<input type="text" value="629,00"/>	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	<input type="text" value="121,50"/>	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	<input type="text" value="626,36"/>	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		<input type="text" value="1376,86"/>	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g
Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<div>1376,83</div>	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<div>613,77</div>	(kWh)
	=	
γ	<div>2,24</div>	
Inércia do edifício	<div>4,20</div>	

	<div>1</div>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<div>0,44</div>	
	=	
	<div>0,56</div>	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<div>1376,83</div>	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	<div>771,02</div>	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<div>0,00</div>	(Ev=Pv.24.0.03.122 (kWh))
	=	
TOTAL	<div>771,02</div>	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento (m²)	<div>53,48</div>	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	<div>14,42</div>	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	<div>32,0</div>	(kWh/m².ano)

Anexos - Edifício de Apartamentos

Anexo 5.2A – Levantamento Dimensional das Fracções Autónomas

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T1-A – Piso 0

Área Útil de Pavimento: <u>53,48</u> m ²	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52</u> m
--	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	.....	.....
sobre área não-útil	<u>58,29</u>	<u>0,70</u>
Total	<u>58,29</u>	.....
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>21,05</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>3,53</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS PLANAS	<u>9,31</u>	.....
Total	<u>42,96</u>	.....
COBERTURAS		
terraço	.....	.....
desvão	.....	.....
não-ventilado	.....	.....
ventilado	.....	.....
inclinadas	.....	.....
sob área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS
PAREDES

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	.....	.....
intermédios	<u>10,30</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>10,30</u>	<u>0,71</u>
FACHADA COM:		
cobertura	.....	.....
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>5,40</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>6,80</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>10,08</u>	<u>0,20</u>

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	.....

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		6,28		1,88				12,89	21,05
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		1,91						1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1,26						3,02	4,28
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		1,67							1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar e valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28		10,80							10,80
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	..... m ²								

FICHA 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T1a-B – Piso 0

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	<u>58,29</u>	<u>0,70</u>
Total	<u>58,29</u>	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>23,52</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>13,10</u>	<u>1,5</u>
	<u>3,53</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	<u>8,56</u>	-----
Total	<u>48,71</u>	-----
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	<u>10,20</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>10,20</u>	<u>0,71</u>
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	-----	-----
caixa estore	<u>5,40</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>5,40</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>2,52</u>	<u>0,20</u>

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	-----

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C						10,06		13,46	23,52
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						1,91		1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26		2,27	3,53
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						1,67			1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VJ-2 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						2,40			2,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						4,62			4,62
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T2c-C – Piso 0

Área Útil de Pavimento: <u>68,12</u> m ²	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52</u> m
--	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	<u>73,03</u>	<u>0,70</u>
Total	<u>73,03</u>	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>12,58</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>13,10</u>	<u>1,5</u>
	<u>20,83</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS PLANAS	<u>5,89</u>	-----
Total	<u>52,40</u>	-----
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	<u>11,20</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>11,20</u>	<u>0,71</u>
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	-----	-----
caixa estore	<u>7,20</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>7,20</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	-----	-----

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	-----

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C						12,58			12,58
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						2,40			2,40
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26			1,26
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						2,23			2,23
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VJ-2 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						2,40			2,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						6,60			6,60
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

FICHA 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T2-D – Piso 0

Área Útil de Pavimento: 68,12 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	<u>73,03</u>	<u>0,70</u>
Total	<u>73,03</u>	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>9,06</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>20,83</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	<u>5,89</u>	-----
Total	<u>44,85</u>	-----
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	<u>12,70</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	<u>12,70</u>	<u>0,71</u>
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>7,20</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>8,60</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>2,52</u>	<u>0,20</u>

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	-----

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		7,18						1,88	9,06
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		2,40							2,40
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1,26							1,26
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		2,23							2,23
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VP-NW vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,68								1,40	1,40
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28		14,40							14,40
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

FICHA 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracções Autónomas T1-A – Pisos 1 a 4

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	21,05	(ver quadro)
Interiores	9,07	1,5
	3,53	1,2
PONTES TÉRMICAS PLANAS	9,31	
Total	42,96	
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	20,60	0,27
sobre locais não aquecidos ou exteriores	-----	-----
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	1,30	0,42
caixa estore	5,40	0,00
peitoril/padieira	6,80	0,20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	5,04	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,40	

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m².°C		6,28		1,88				12,89	21,05
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m².°C		1,91						1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m².°C		1,26						3,02	4,28
caixa de estore U= 0,93 W/ m².°C		1,67							1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28		10,80							10,80
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS m²									

Nota: Nos pisos de 1 a 4, os vãos envidraçados VJ-1, diferem apenas no factor de obstrução Fs, ver Anexo 5.2E.

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracções Autónomas T1-B – Pisos 1 a 4

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	21,62	(ver quadro)
Interiores	9,07	1,5
	3,53	1,2
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	8,56	
Total	42,78	
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	-----	-----
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	20,40	0,27
sobre locais não aquecidos ou exteriores	-----	-----
FACHADA COM:		
cobertura	-----	-----
varanda	1,30	0,42
caixa estore	5,40	0,00
peitoril/padieira	6,80	0,20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	10,08	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,40	

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C				1,88		6,28		13,46	21,8
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						1,91		1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26		2,27	3,53
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						1,67			1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						10,80			10,80
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

Nota: Nos pisos de 1 a 4, os vãos envidraçados VJ-1, diferem apenas no factor de obstrução Fs, ver Anexo 5.2E.

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracções Autónomas T2-C – Pisos 1 a 4

Área Útil de Pavimento: <u>68,12</u> m ²	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52</u> m
--	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	.....	.....
sobre área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>9,06</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>20,83</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS PLANAS	<u>5,89</u>	
Total	<u>44,85</u>	
COBERTURAS		
terraço	.....	.....
desvão	.....	.....
não-ventilado	.....	.....
ventilado	.....	.....
inclinadas	.....	.....
sob área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS
PAREDES

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	.....	.....
intermédios	<u>22,40</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	.....	.....
FACHADA COM:		
cobertura	.....	.....
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>7,20</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>8,60</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>2,52</u>	<u>0,20</u>

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C						7,18		1,88	9,06	
ponte térmica plana										
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						2,40			2,40	
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26			1,26	
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						2,23			2,23	
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _s)										
VP-NW vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _s (Inverno)=0,63; g _s (Verão)=0,68								1,40	1,40	
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _s (Inverno)=0,63; g _s (Verão)=0,28						14,40			14,40	
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	..... m ²									

Nota: Nos pisos de 1 a 4, os vãos envidraçados VJ-1, diferem apenas no factor de obstrução Fs, ver Anexo 5.2E.

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracções Autónomas T2-D – Pisos 1 a 4

Área Útil de Pavimento: <u>68,12</u> m ²	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52</u> m
--	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	.....	.....
sobre área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>9,06</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>20,83</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS PLANAS	<u>5,89</u>	
Total	<u>44,85</u>	
COBERTURAS		
terraço	.....	.....
desvão	.....	.....
não-ventilado	.....	.....
ventilado	.....	.....
inclinadas	.....	.....
sob área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS
PAREDES

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	.....	.....
intermédios	<u>25,40</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	.....	.....
FACHADA COM:		
cobertura	.....	.....
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>7,20</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>8,60</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>2,52</u>	<u>0,20</u>

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		7,18						1,88	9,06
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		2,40							2,40
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1,26							1,26
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		2,23							2,23
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g_{\perp})									
VP-NW vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g_{\perp} (Inverno)=0,63; g_{\perp} (Verão)=0,68								1,40	1,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g_{\perp} (Inverno)=0,63; g_{\perp} (Verão)=0,28		14,40							14,40
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	..... m ²								

Nota: Nos pisos de 1 a 4, os vãos envidraçados VJ-1, diferem apenas no factor de obstrução Fs, ver Anexo 5.2E.

FICHA 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T1-A – Piso 5

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	.....	.....
sobre área não-útil	.....	.....
Total	.....	.....
PAREDES		
Exteriores (total)	21,05	(ver quadro)
Interiores	9,07	1,5
	3,53	1,2
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	9,31	
Total	42,96	
COBERTURAS		
terraço	.....	.....
desvão	.....	.....
não-ventilado	.....	.....
ventilado	58,29	0,64 (fluxo ascendente)
		0,58 (fluxo descendente)
inclinadas	.....	.....
sob área não-útil	.....	.....
Total	58,29	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS
PAREDES

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	.....	.....
intermédios	10,30	0,27
sobre locais não aquecidos ou exteriores	.....	.....
FACHADA COM:		
cobertura	10,30	0,68
varanda	1,30	0,42
caixa estore	5,40	0,00
peitoril/padieira	6,80	0,20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	10,08	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,40	0,40

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		6,28		1,88				12,89	21,05
ponte térmica plana									0
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		1,91						1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1,26						3,02	4,28
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		1,67							1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28		10,80							10,80
ENVIDRAÇADOS	..... m ²								
HORIZONTAIS									

FICHA 2

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS
LEVANTAMENTO DIMENSIONAL
(Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b))
(PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA)
(ou para um corpo de um edifício)**

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T1-B – Piso 5

Área Útil de Pavimento: 53,48 m²

Pé Direito Médio (ponderado): 2,52 m

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	21,62	(ver quadro)
Interiores	9,07	1,5
	3,53	1,2
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	8,56	
Total	42,78	
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	58,29	0,64 (fluxo ascendente)
		0,58 (fluxo descendente)
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	58,29	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	10,20	0,27
sobre locais não aquecidos ou exteriores	-----	-----
FACHADA COM:		
cobertura	10,20	0,68
varanda	1,30	0,42
caixa estore	5,40	0,00
peitoril/padieira	6,80	0,20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	2,52	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,40	0,40

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C				1,88		6,28		13,46	21,62
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						1,91		1,45	3,36
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26		2,27	3,53
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						1,67			1,67
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)									
VP-SE vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,39; g _L (Verão)=0,51				1,40					1,40
VJ-I vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						10,80			10,80
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T2-C – Piso 5

Área Útil de Pavimento: <u>68,12 m²</u>	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52 m</u>
---	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	9,06	(ver quadro)
Interiores	9,07	1,5
	20,83	1,2
PONTES TÉRMICAS PLANAS	5,89	
Total	44,85	
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	73,03	0,64 (fluxo ascendente)
		0,58 (fluxo descendente)
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	73,03	

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
	-----	-----
PAREDES	-----	-----
	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	11,20	0,27
sobre locais não aquecidos ou exteriores	-----	-----
FACHADA COM:		
cobertura	11,20	0,68
varanda	1,30	0,42
caixa estore	7,20	0,00
peitoril/padieira	8,60	0,20
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	2,52	0,20

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
0,40	

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C						7,18		1,88	9,06	
ponte térmica plana										
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C						2,40			2,40	
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C						1,26			1,26	
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C						2,23			2,23	
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _L)										
VP-NW vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,68								1,40	1,40	
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _L (Inverno)=0,63; g _L (Verão)=0,28						14,40			14,40	
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²									

FICHA 2

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS LEVANTAMENTO DIMENSIONAL (Nos termos do artigo 12.º, n.º 2, alínea b)) (PARA UMA ÚNICA FRACÇÃO AUTÓNOMA) (ou para um corpo de um edifício)

EDIFÍCIO/FA: Bloco F3, Fracção Autónoma T2-D – Piso 5

Área Útil de Pavimento: <u>68,12 m²</u>	Pé Direito Médio (ponderado): <u>2,52 m</u>
---	--

Elementos Correntes da Envolvente		
	A (m ²)	U (W/m ² °C)
PAVIMENTOS		
sobre exterior	-----	-----
sobre área não-útil	-----	-----
Total	-----	-----
PAREDES		
Exteriores (total)	<u>9,06</u>	(ver quadro)
Interiores	<u>9,07</u>	<u>1,5</u>
	<u>20,83</u>	<u>1,2</u>
PONTES TÉRMICAS		
PLANAS	<u>5,89</u>	
Total	<u>44,85</u>	
COBERTURAS		
terraço	-----	-----
desvão	-----	-----
não-ventilado	-----	-----
ventilado	<u>73,03</u>	<u>0,64 (fluxo ascendente)</u>
		<u>0,58 (fluxo descendente)</u>
inclinadas	-----	-----
sob área não-útil	-----	-----
Total	<u>73,03</u>	-----

Elementos em Contacto com o Solo		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
PAVIMENTOS	-----	-----
PAREDES	-----	-----

Pontes Térmicas		
	Comp. (m)	ψ (W/m.°C)
FACHADA COM PAVIMENTO:		
térreo	-----	-----
intermédios	<u>12,70</u>	<u>0,27</u>
sobre locais não aquecidos ou exteriores	-----	-----
FACHADA COM:		
cobertura	<u>12,70</u>	<u>0,68</u>
varanda	<u>1,30</u>	<u>0,42</u>
caixa estore	<u>7,20</u>	<u>0,00</u>
peitoril/padieira	<u>8,60</u>	<u>0,20</u>
LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES	<u>2,52</u>	<u>0,20</u>

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO - α	
PAREDE	COBERTURA
<u>0,40</u>	<u>0,40</u>

PAREDES (descrição sumária e valor U)	ÁREAS (m ²) POR ORIENTAÇÃO								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
parede dupla exterior U=0,57 W/m ² .°C		7.18						1.88	9.06
ponte térmica plana									
viga de pav. int. U= 1,10 W/ m ² .°C		2.40							2.40
pilar de betão U= 1,10 W/ m ² .°C		1.26							1.26
caixa de estore U= 0,93 W/ m ² .°C		2.23							2.23
VÃOS ENVIDRAÇADOS (especificar incluindo o tipo de protecção solar valor g _g)									
VP-NW vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por cortinas interiores, g _g (Inverno)=0,63; g _g (Verão)=0,68								1,40	1,40
VJ-1 vidro duplo incolor (6+6+4mm), protegido por estores exteriores, g _g (Inverno)=0,63; g _g (Verão)=0,28		14,40							14,40
ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS	----- m ²								

Anexo 5.2B – Determinação do parâmetro τ

Para fins regulamentares, o valor de τ encontra-se definido em função do tipo de espaço não útil e da razão entre a área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil (A_i) e a área que separa o espaço não útil do ambiente exterior adjacente (A_u) (Tabela IV.1, RCCTE).

Para a fracção T1-A assinalam-se em planta os elementos da envolvente que intervêm para o cálculo de τ .

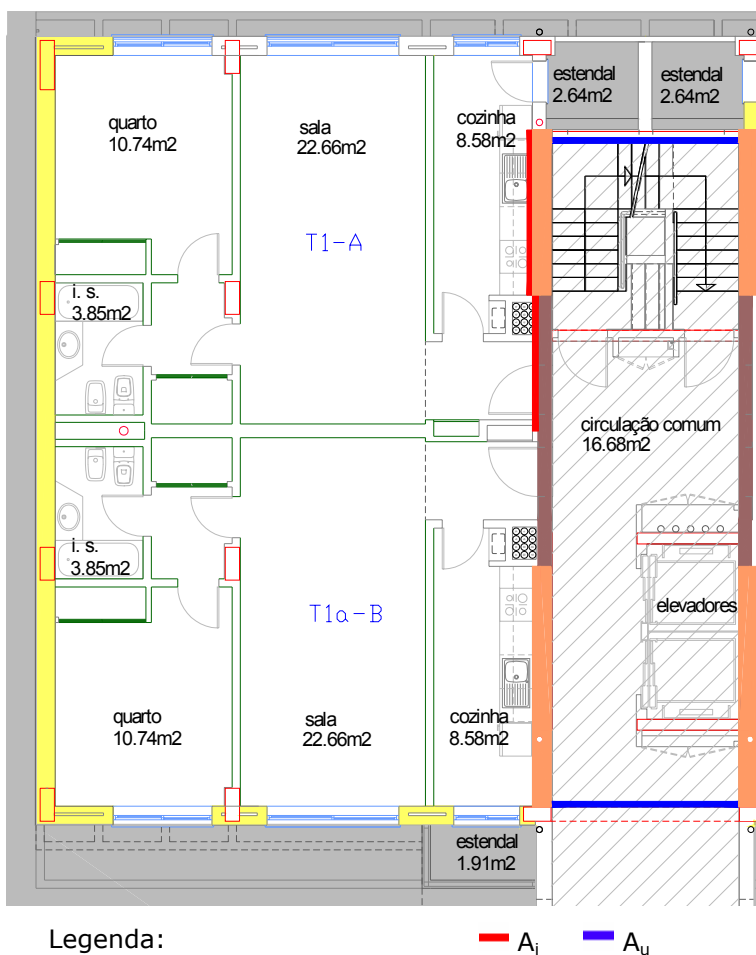


Figura 5.2B.1 - Elementos intervenientes no cálculo do parâmetro τ da fracção autónoma T1A – Piso 0.

No Quadro 52B.1 tabela-se o parâmetro τ para as paredes interiores em contacto com a caixa de escadas para todas as fracções autónomas e para todos os pisos.

Quadro 5.2B.1 – Parâmetro τ para as paredes em contacto com espaço não útil - caixa de escadas.

Elemento da envolvente	Tipo de espaço não útil	Pisos	Fracção autónoma Designação	A_i^*	A_u^{**}	$\frac{A_i}{A_u}$	τ
Paredes	Circulação comum sem abertura directa para o exterior	0	T1-A	13,36	17,14	0,78	0,6
			T1a-B	16,88	17,14	0,97	0,6
			T2c-C	16,88	17,14	0,97	0,6
			T2-D	13,36	17,14	0,78	0,6
		1 a 4	T1-A	13,36	17,14	0,78	0,6
			T1-B	13,36	17,14	0,78	0,6
			T2-C	13,36	17,14	0,78	0,6
			T2-D	13,36	17,14	0,78	0,6
		5	T1-A	13,36	17,14	0,78	0,6
			T1-B	13,36	17,14	0,78	0,6
			T2-C	13,36	17,14	0,78	0,6
			T2-D	13,36	17,14	0,78	0,6

A_i - área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil (m^2);

* área das paredes interiores medida pelo interior;

A_u - área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior adjacente (m^2);

** área das paredes em contacto com o exterior situadas a Nordeste e a Sudoeste.

Nota: As paredes interiores que separaram as fracções autónomas designadas com as letras C e D de outras fracções autónomas adjacentes em edifícios vizinhos, são caracterizadas por um factor τ de 0,6, não sendo necessário definir nestes casos a razão A_i/A_u (Tabela IV.1 do RCCTE).

No que diz respeito aos pavimentos interiores em contacto com a garagem colectiva e zonas de arrecadação, apresentam-se os valores de τ , tendo em atenção que as arrecadações têm paredes em contacto com o exterior e que a garagem colectiva além de paredes em contacto com exterior tem ainda uma cobertura também em contacto com exterior. A soma destas áreas de paredes e da cobertura é igual a 450,90 m^2 .

Quadro 5.2B.2 – Parâmetro τ para pavimentos em contacto com a garagem colectiva (espaço não útil).

Elemento da envolvente	Tipo de espaço não útil	Pisos	Fracção autónoma	A_i^*	A_u^{**}	$\frac{A_i}{A_u}$	τ
Pavimentos	Garagem colectiva	0	T1-A	58,29	450,90	0,13	0,9
			T1a-B	58,29	450,90	0,13	0,9
			T2c-C	73,03	450,90	0,16	0,9
			T2-D	73,03	450,90	0,16	0,9

A_i - área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil (m^2);

* área do pavimento interior de cada fracção autónoma;

A_u - área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior adjacente (m^2);

** soma das área das paredes exteriores da garagem e das zonas de arrecadação relativa ao Bloco F3 e da cobertura exterior da garagem.

Neste exemplo, uma vez que área dos pavimentos das fracções autónomas se dispõe uniformemente sobre uma garagem colectiva, também poder se-ia optar por calcular um único valor de $A_i/A_u = (58,29+58,29+73,03+73,03)/450,90 = 262,64/450,90 = 0,58$ ou seja, tal como anteriormente, τ será igual a 0,9.

Em virtude de τ ser maior do que 0,7, aplicam-se ao pavimento sobre as garagens e arrecadações, os requisitos térmicos de pavimentos exteriores em termos do coeficiente de transmissão térmica (U).

No Piso 5 como se trata de uma cobertura em desvão, não-habitado, e fortemente ventilado τ é para todas as razões de A_i/A_u sempre igual a 1.

Quadro 5.2B.3 – Parâmetro τ para coberturas em desvão fortemente ventilada.

Elemento da envolvente	Tipo de espaço não útil	Piso	Fracção autónoma	τ
coberturas	desvão fortemente ventilado	5	T1-A	1,0
			T1a-B	1,0
			T2c-C	1,0
			T2-D	1,0

Anexo 5.2C – Factor de forma

A determinação do Factor de Forma (FF) inclui todos os elementos da envolvente interior multiplicados pelo respectivo τ ($\tau \cdot A_{\text{int}}$), da envolvente exterior (A_{ext}) e volume interior (V – volume útil interior) da fracção autónoma com base na seguinte expressão:

$$FF = \frac{A_{\text{ext}} + \sum (\tau A_{\text{int}})_i}{V}$$

com:

A_{ext} – somatório das áreas da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos, envidraçados) [m^2];

A_{int} – área de cada elemento da envolvente interior [m^2];

τ – parâmetro definido no ponto anterior em função do tipo e das características geométricas do espaço não-útil;

V – volume interior [m^3].

Quadro 5.2C.1 - Factores de Forma

Pisos	Fracção autónoma	A_{ext} (m^2)	$\tau \cdot A_{\text{int}}$ (m^2)	V (m^3)	FF (m^{-1})
0	T1-A	42,56	60,02	134,77	0,76
	T1a-B	39,10	62,44	134,77	0,75
	T2c-C	27,47	86,09	171,66	0,66
	T2-D	30,75	83,67	171,66	0,67
1* a 4*	T1-A	42,52	7,56	134,77	0,37
	T1-B	42,52	7,56	134,77	0,37
	T2-C	30,75	17,94	171,66	0,28
	T2-D	30,75	17,94	171,66	0,28
5	T1-A	100,85	7,56	134,77	0,80
	T1-B	100,85	7,56	134,77	0,80
	T2-C	103,78	17,94	171,66	0,71
	T2-D	103,78	17,94	171,66	0,71

* - diferem nos vãos em termos do factor de horizonte (F_h) e consequentemente do factor de obstrução (F_s)

EXEMPLO: T1A- Piso 0

Área (m^2)	
Elementos exteriores (A_{ext})	
Paredes	30,36
Pavimentos	0,00
Coberturas	0,00
Envidraçados	12,20
Total	42,56
Elementos interiores ($\tau \cdot A_{\text{int}}$)	
Paredes	7,56
Pavimentos	52,46
Coberturas	0,00
Envidraçados	0,00
Total	60,02
Volume (m^3)	
134,77	
$FF = \frac{42,56 + 60,02}{134,77} = 0,76$	

Nota:

No cálculo do Factor de Forma das fracções autónomas deste edifício foram contabilizadas as seguintes áreas:

No piso 0, o termo A_{ext} inclui as áreas das paredes e envidraçados exteriores e o termo A_{int} as áreas das paredes e pavimentos em contacto locais não úteis e paredes em contacto com o edifício adjacentes F4 (em virtude de se desconhecer a distribuição dos espaços neste edifício).

Nos pisos intermédios (piso 1 ao piso 4), as áreas das paredes e envidraçados exteriores no termo A_{ext} e no termo A_{int} as áreas das paredes em contacto com as zonas de escada (não úteis) e paredes em contacto com o edifício adjacentes F4 (em virtude de se desconhecer a distribuição dos espaços neste edifício).

No Piso 5, o termo A_{ext} incluirá, além dos elementos já referidos, a área da cobertura corresponde à área da laje horizontal e o valor de τ é, neste exemplo, igual a 1 em virtude de se tratar de uma cobertura fortemente ventilada (Tabela IV.1 do Anexo IV do RCCTE). O termo A_{int} , será igual aos dos pisos intermédios.

Anexo 5.2D – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U)

O coeficiente de transmissão térmica U, para elementos da envolvente constituídos por várias camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$$

em que R_{si} e R_{se} , expressas em ($m^2 \cdot ^\circ C/W$), representam as resistências térmicas superficiais interior e exterior e R_j a resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$). Para camadas homogêneas, o seu valor é obtido pela razão $R_j = d_j / \lambda_j$, em que d_j é a espessura da camada j expressa em m, e λ_j a respectiva condutibilidade térmica expressa em $W/m \cdot ^\circ C$. Para camadas de materiais termicamente não homogêneos, como por exemplo as paredes de alvenaria, os pavimentos aligeirados e os espaços de ar não ventilados, R_j encontra-se tabelada na publicação do LNEC – ITE 50.

Paredes exteriores

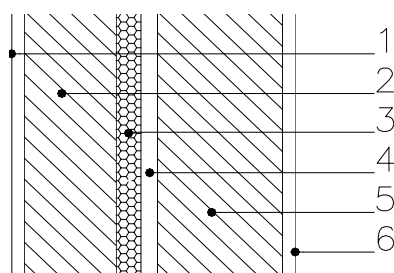


Figura 5.2D.1 – Paredes exteriores.

paredes duplas com panos em alvenaria de tijolo furado normal, 0,11+0,05+0,15 m, com caixa de ar não ventilada preenchida parcialmente com 30 mm de poliestireno expandido moldado (EPS), rebocadas pelo exterior e interior.

Legenda:

- 1 – reboco interior
- 2 – alvenaria int. tijolo 0,11 m
- 3 – isolamento térmico
- 4 – caixa de ar
- 5 – alvenaria ext. tijolo 0,15 m
- 6 – reboco exterior

No Quadro 5.2D.1 apresentam-se os valores das resistências térmicas (R_j) das diferentes camadas que constituem as paredes exteriores, e ainda o valor da condutibilidade térmica (λ) e a espessura da camada homogênea de isolamento térmico (d) que preenche parcialmente a caixa de ar.

Quadro 5.2D.1 - Resistências térmicas das paredes exteriores, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
parede dupla - alvenaria tijolo furado 0,11 m+caixa de ar+0,15 m	-	-	0,84	ITE 50, LNEC
isolamento térmico (EPS)	0,03	0,042	0,71	
reboco	0,015	1,30	0,01	

No Quadro 5.2D.2 apresentam-se os valores das resistências térmicas superficiais interior e exterior das paredes exteriores, respectivamente, R_{si} e R_{se} :

Quadro 5.2D.2 - Resistências térmicas superficiais das paredes exteriores, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	interior, R_{si}	exterior R_{se}	
Horizontal	0,13	0,04	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

O valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores virá igual:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,84 + 0,71 + (2 \times 0,01) + 0,04} = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Para o cálculo de U poder-se-ia optar também por, considerar individualmente as resistências térmicas de cada um dos panos que constituem a parede dupla e da caixa de ar não ventilada, como se apresenta de seguida:

Quadro 5.2D.3 - Resistências térmicas das paredes exteriores, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
parede simples - alvenaria tijolo furado 0,11 m	0,11	-	0,27	ITE 50, LNEC
caixa de ar não ventilada	0,02	-	0,18	
isolamento térmico (EPS)	0,03	0,042	0,71	
parede simples - alvenaria tijolo furado 0,15 m	0,15	-	0,39	
reboco	0,015	1,30	0,01	

O valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores virá então:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,27 + 0,18 + 0,71 + 0,39 + (2 \times 0,01) + 0,04} = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

O valor de U correspondente a esta parede poderia também ser obtido directamente do quadro II.6-A da ITE 50 do LNEC:

Quadro 5.2D.4 – Coeficientes de transmissão térmica, paredes duplas de fachada.

Isolante térmico			Panos de alvenaria		
Produto (massa vol., [kg/m³])	λ [W/(m.°C)]	esp. (mm)	de tijolo furado		
			Espessura dos panos (m)		
			0,11	0,11	0,15
			0,11	0,15	0,15
EPS (13-15)	0,042	30	0,61	0,57	0,53

Cobertura

Cobertura constituída por laje de betão com 0,22 m de espessura, isolada com 50 mm de lã mineral (MW), rebocada pelo interior.

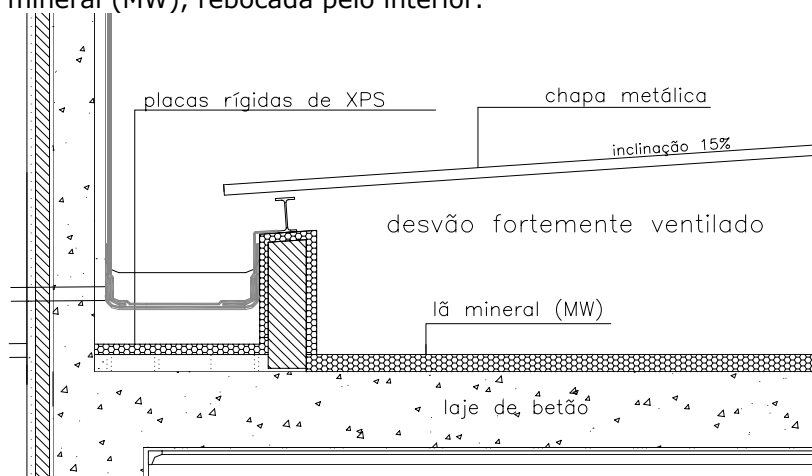


Figura 5.2D.2 – Cobertura.

No Quadro seguinte apresentam-se os valores das resistências térmicas das diferentes camadas que constituem a cobertura, obtidas a partir do quociente entre a espessura de cada camada e o respectivo valor da condutibilidade térmica do material que a constitui.

Quadro 5.2D.5 - Resistências térmicas da cobertura R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
laje de betão	0,22	2,00	0,11	ITE 50, LNEC
isolamento térmico (MW)	0,05	0,04	1,25	
reboco	0,015	1,30	0,01	

Quadro 5.2D.6 - Resistências térmicas superficiais da cobertura, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor vertical	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	interior, R_{si}	Exterior, R_{se}	
Ascendente	0,10	0,10	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1
Descendente	0,17	0,17	RCCTE, Anexo VII, Parágrafo 1.2.2

O valor do coeficiente de transmissão térmica da cobertura, para fluxos ascendentes é igual a:

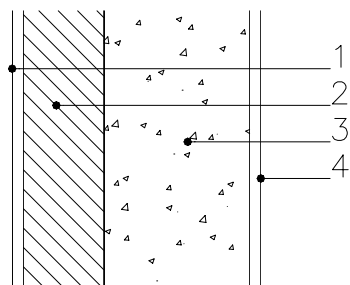
$$U = \frac{1}{0,10 + 0,11 + 1,25 + 0,01 + 0,10} = 0,64 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

O valor do coeficiente de transmissão térmica da cobertura, para fluxos descendentes é igual a:

$$U = \frac{1}{0,17 + 0,11 + 1,25 + 0,01 + 0,17} = 0,58 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Um valor prático (aproximado) de U correspondente a esta cobertura poderia também ser obtido directamente dos quadros II.19-A da ITE 50 do LNEC (COBERTURAS INCLINADAS / ISOLANTE SOBRE A ESTEIRA HORIZONTAL / FLUXO ASCENDENTE / Isolamento térmico contínuo) e II.22-A (COBERTURAS INCLINADAS / ISOLANTE SOBRE A ESTEIRA HORIZONTAL / FLUXO DESCENDENTE / Isolamento térmico contínuo)

Paredes interiores 1 em contacto com a caixa de escadas (espaço-não útil)



Paredes interiores 1 constituída por um pano de betão com 0,20 m e um pano de tijolo com 0,11 m, rebocada pelo exterior e interior com uma espessura total de 0,34 m.

Legenda:

- 1 – reboco interior
- 2 – alvenaria int. tijolo 0,11 m
- 3 – pano de betão
- 4 – reboco exterior

Figura 5.2D.3 – Paredes interiores 1 em contacto com a caixa de escadas.

Quadro 5.2D.7 - Resistências térmicas das paredes interiores 1 em contacto com a caixa de escadas, R_j .

Camada	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
parede simples - alvenaria tijolo furado 0,11 m	-	-	0,27	ITE 50, LNEC
betão 0,20 m	0,20	2,00	0,10	
reboco	0,015	1,30	0,01	

Quadro 5.2D.8 - Resistências térmicas superficiais das paredes interiores 1 em contacto com a caixa de escadas, R_{si} , R_{se} .

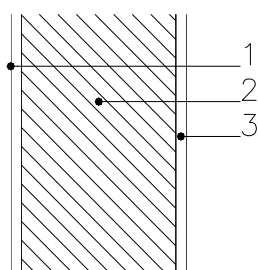
Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		Referências
	Interior, R_{si}	Local não aquecido, R_{se}	
Horizontal	0,13	0,13	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

O valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores 1 é:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,27 + 0,10 + (2 \times 0,01) + 0,13} = 1,5 \text{ W} / m^2 \cdot ^\circ C$$

Paredes interiores 2

- Paredes em contacto com a caixa de escadas (espaço-não útil);
- Paredes de separação com as fracções autónomas adjacentes pertencentes ao edifício adjacente (Bloco F4).



Paredes interiores 2 constituída por um pano de tijolo com 0,22 m, rebocada pelo exterior e interior, com uma espessura total de 0,25 m.

Legenda:

- 1 - reboco interior
- 2 - alvenaria int. tijolo 0,22 m
- 3 - reboco exterior

Figura 5.2D.4 - Paredes interiores 2.

Quadro 5.2D.9 - Resistências térmicas das paredes interiores 2 em contacto com a caixa de escadas, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m. $^\circ C$)	R_j ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)	Referências
parede simples - alvenaria tijolo furado 0,22 m	-	-	0,52	ITE 50, LNEC
reboco	0,015	1,30	0,01	

Quadro 5.2D.10 - Resistências térmicas superficiais das paredes interiores 2 em contacto com a caixa de escadas, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		Referências
	Interior, R_{si}	Local não aquecido, R_{se}	
Horizontal	0,13	0,13	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

O valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores 2 é:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,52 + (2 \times 0,01) + 0,13} = 1,2 \text{ W} / m^2 \cdot ^\circ C$$

O valor de U correspondente a esta parede poderia também ser obtido directamente do quadro II.1-A e FIGURA II.1 da ITE 50 do LNEC:

Quadro 5.2D.11 - Coeficientes de transmissão térmica, paredes simples

Pano de alvenaria
tijolo furado
Espessura da alvenaria
(m)
0,20 a 0,24
1,3

Coeficiente de transmissão térmica, U_{lna} , de paredes de separação entre um espaço útil interior (aquecido) e um local não-aquecido (lna)

O valor de U_{lna} calcula-se através da expressão: $U_{lna} = \frac{1}{\frac{1}{U} + 0,09} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

$$U_{lna} = \frac{1}{\frac{1}{1,3} + 0,09} = 1,2$$

Pavimentos sobre local não-aquecido

Pavimento, sobre garagens e arrecadações, com aplicação de 0,01 m de parquet de madeira, 0,04 m de betonilha, folha de separação, com 0,04 m de aglomerado de cortiça expandida (ICB) e laje maciça de betão com 0,26 m de espessura.

Quadro 5.D.12 - Resistências térmicas dos pavimentos sobre locais não-aquecidos, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
parquet de madeira	0,01	0,23	0,04	ITE 50, LNEC
betonilha	0,04	1,30	0,03	
isolamento térmico (ICB)	0,04	0,045	0,89	
laje de betão	0,26	2,00	0,13	

Quadro 5.D.13 - Resistências térmicas superficiais dos pavimentos sobre locais não-aquecidos, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	Interior, R_{si}	Local não aquecido, R_{se}	
Vertical Descendente	0,17	0,17	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

O valor do coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos sobre locais não-aquecidos é igual a:

$$U = \frac{1}{0,17 + 0,04 + 0,03 + 0,89 + 0,13 + 0,17} = 0,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

Um valor prático de U correspondente a este pavimento poderia também ser obtido directamente do quadro II.9-A e FIGURA II.9 da ITE 50 do LNEC:

Quadro 5.2D.14 – Coeficientes de transmissão térmica, pavimentos.

Isolante térmico			Estrutura resistente
			Laje maciça
Produto (massa vol., [kg/m³])	λ [W/(m.°C)]	esp. (mm)	Espessura da laje (m)
ICB (90-140)	0,045	40	0,10
			0,20
			0,78

Coeficiente de transmissão térmica, U_{lna} , de pavimentos de separação entre um espaço útil interior (aquecido) e um local não-aquecido (lna)

O valor de U_{lna} calcula-se através da expressão: $U_{lna} = \frac{1}{\frac{1}{U} + 0,13}$ $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

$$U_{lna} = \frac{1}{\frac{1}{0,78} + 0,13} = 0,71$$

Pontes Térmicas Planas

Vigas de betão

Ponte térmica plana constituída por viga de betão com 0,25 m, tijolo de revestimento de 0,04 m e isolamento térmico em poliestireno expandido (EPS) com 0,02 m de espessura, rebocada pelo interior e pelo exterior.

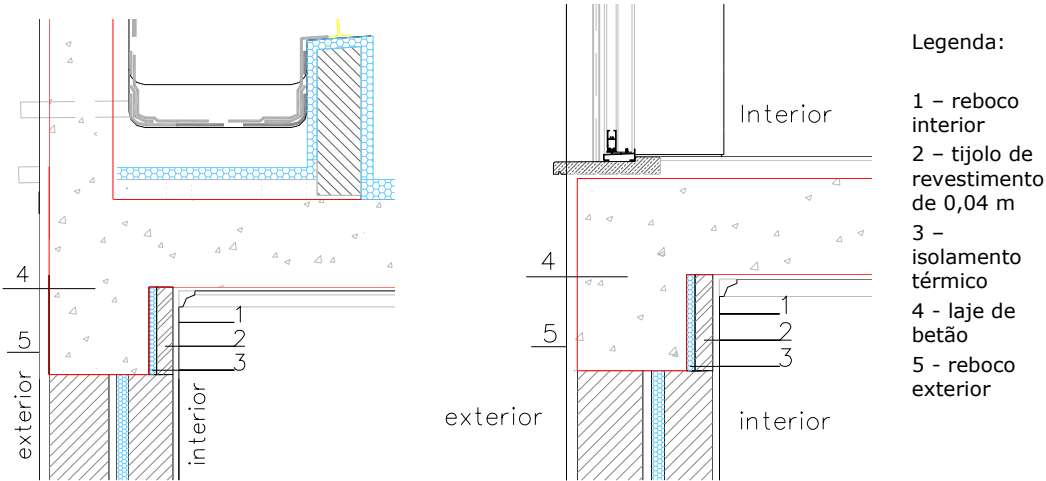


Figura 5.2D.5 – Ponte térmica plana - Talão de viga de betão armado da laje de cobertura.

Figura 5.2D.6 – Ponte térmica plana - Talão de viga de betão armado da laje dos pavimentos intermédios.

Quadro 5.D.15 - Resistências térmicas das pontes térmicas planas – vigas, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
reboco interior	0,015	1,30	0,01	ITE 50, LNEC
tijolo de revestimento de 0,04 m	0,04	-	0,10	
isolamento térmico (EPS)	0,02	0,042	0,48	
viga de betão	0,25	2,00	0,13	
reboco exterior	0,015	1,30	0,01	

No Quadro 5.2D.16 apresentam-se os valores das resistências térmicas superficiais interior e exterior das heterogeneidades térmicas planas, respectivamente, R_{si} e R_{se} :

Quadro 5.D.16 - Resistências térmicas superficiais das pontes térmicas planas - vigas, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	Interior, R_{si}	exterior R_{se}	
Horizontal	0,13	0,04	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

Coeficiente de transmissão térmica das vigas:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,01 + 0,10 + 0,48 + 0,13 + 0,01 + 0,04} = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{°C}$$

Pilar de betão armado

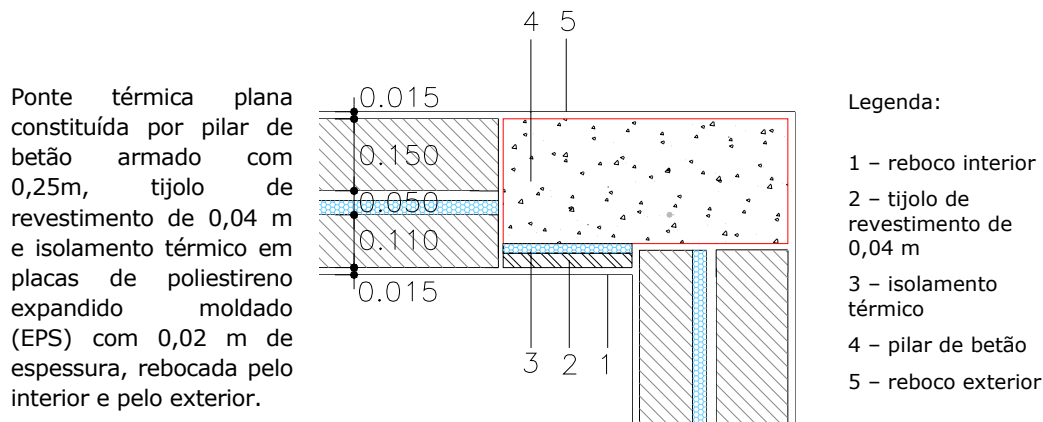


Figura 5.2D.7– ponte térmica plana - Pilar de betão armado.

Quadro 5.D.17 - Resistências térmicas das pontes térmicas planas – pilares, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
reboco interior	0,015	1,30	0,01	ITE 50, LNEC
tijolo de revestimento de 0,04 m	0,04	-	0,10	
isolamento térmico (EPS)	0,02	0,042	0,48	
pilar de betão	0,25	2,00	0,13	
reboco exterior	0,015	1,30	0,01	

No Quadro 5.2D.18 apresentam-se os valores das resistências térmicas superficiais interior e exterior das heterogeneidades térmicas planas, respectivamente, R_{si} e R_{se} :

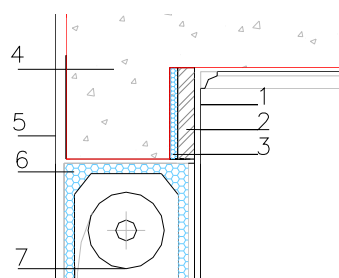
Quadro 5.D.18 - Resistências térmicas superficiais das pontes térmicas planas - pilares, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	Interior, R_{si}	exterior R_{se}	
Horizontal	0,13	0,04	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

Coefficiente de transmissão térmica dos pilares:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,01 + 0,10 + 0,48 + 0,13 + 0,01 + 0,04} = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{°C}$$

Caixa de estore



Legenda:

- 1 – reboco interior
- 2 – tijolo de revestimento de 0,04 m
- 3 – isolamento térmico
- 4 – laje de betão
- 5 – reboco exterior
- 6 – isolamento térmico
- 7 – caixa de estore

Figura 5.2D.8 – ponte térmica plana – caixa de estore.

Quadro 5.D.19 - Resistências térmicas das pontes térmicas planas – caixa de estore, R_j .

Constituição	d_j (m)	λ (W/m.°C)	R_j (m².°C/W)	Referências
isolamento térmico (XPS)	0,03	0,037	0,81	ITE 50, LNEC

No Quadro 5.2D.20 apresentam-se os valores das resistências térmicas superficiais interior e exterior (espaço de ar ventilado do interior da caixa de estore) da heterogeneidade térmica plana, respectivamente, R_{si} e R_{se} :

Quadro 5.D.20 - Resistências térmicas superficiais das pontes térmicas planas – caixa de estore, R_{si} , R_{se} .

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m².°C/W)		Referências
	Interior, R_{si}	Espaço de ar ventilado, R_{se}	
Horizontal	0,13	0,13	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

Coefficiente de transmissão térmica:

$$U = \frac{1}{0,13 + 0,81 + 0,13} = 0,93 \text{ W/m}^2.\text{°C}$$

Anexo 5.2E – Factores solares dos vãos envidraçados

Neste Anexo procurar-se-á justificar, para as estações de aquecimento (Inverno) e de arrefecimento (Verão), como cada factor solar foi estabelecido para cada tipo de vão envidraçados: VJ-1, VJ-2, VP-NW e VP-SE.

VJ-1 (salas, quartos e cozinha, pisos 0 a 5 – orientações NE e SW)

Quadro 5.2E.1 – Factores solares, vãos envidraçados: **VJ-1**.

Factores Solares – VJ-1			INVERNO		VERÃO
g_{\perp}	Factor solar do vão envidraçado		0,63 ⁽¹⁾		0,28 ⁽²⁾
F_s	Factor de obstrução por piso e orientação	Piso	NE	SW	0,90
		0	0,75	0,70	
		1	0,77	0,77	
		2	0,82	0,81	
		3	0,86	0,85	
		4	0,86	0,86	
		5	0,87	0,88	
F_w	Factor de correcção da selectividade angular		0,90		0,85 (NE e SW)
F_g	Fracção envidraçada		0,70		0,70

⁽¹⁾ factor solar do vão envidraçado protegido com cortinas interiores muito transparentes de cor clara;

⁽²⁾ $0,28 = 0,70 \times g_{\perp}' + 0,30 \times g_{\perp v}$, em que $g_{\perp v}=0,78$ corresponde ao factor solar do vidro duplo e $g_{\perp}'=0,07$ corresponde ao factor solar do vidro duplo com estores exteriores 100 % activados.

g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado (VJ-1)

- Estação de aquecimento (Inverno)

Para o factor solar dos vãos envidraçados VJ-1 (salas, quartos e cozinha), na estação de aquecimento (Inverno), admite-se que os estores exteriores que protegem estes vãos encontram-se geralmente abertos durante o dia para otimizar a captação de ganhos solares.

Admitiu-se ainda que todos os vãos envidraçados estão protegidos pelo menos com cortinas interiores muito transparentes de cor clara, durante toda a estação de aquecimento. Para estes vãos é adoptado para o factor solar g_{\perp} , o valor de 0,63 (vidro duplo incolor - RCCTE, Anexo IV, Capítulo 4.3.2).

- Estação de arrefecimento (Verão)

Na estação de arrefecimento (Verão) o regulamento prevê que, o factor solar do vão envidraçado seja obtido pela seguinte soma ponderada: $g_{\perp}=0,70 \times g_{\perp}' + 0,30 \times g_{\perp v}$. Em que g_{\perp}' é o factor solar do vão envidraçado com protecção solar activada a 100% e vidro incolor corrente, (Quadro V.4 do RCCTE, para soluções correntes de dispositivos de protecção solar) e $g_{\perp v}$ é o factor solar do vidro sem qualquer dispositivo de protecção solar, (Tabela IV.4 do RCCTE para soluções correntes de vidros). Assim, para os vãos envidraçados VJ-1, constituídos por vidro duplo incolor de 6 e 4 mm e protegidos exteriormente por estores de cor média, o factor solar do vão envidraçado, é estimado por $g_{\perp}=0,70 \times 0,07 + 0,30 \times 0,78 = 0,28$, com g_{\perp}' igual a 0,07 (RCCTE, Quadro V.4) e $g_{\perp v}$ igual a 0,78 (Quadro IV.4 do RCCTE).

F_s - Factor de obstrução (VJ-1)

O factor de obstrução (F_s) representa a redução da radiação solar incidente no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstruções exteriores ao edifício ou com origem em elementos do próprio edifício, sendo que, o factor obstrução é igual ao produto dos factores de sombreamento do

horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício (F_h), por elementos horizontais (F_0) e por elementos verticais (F_f).

O efeito do sombreamento de obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício depende do ângulo do horizonte (α), sendo este definido, de acordo com o texto regulamentar, como o ângulo entre o plano horizontal e a recta que passa pelo centro do envidraçado e pelo ponto mais alto da maior obstrução existente entre dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado. Na figura 5.2E.1 é apresentada, a planta de implantação dos Blocos de apartamentos: F1, F2, F3 e F4 do Lote F, tal como está previsto nos planos de pormenor.



Figura 5.2E.1 - Planta de implantação do Bloco F3 do Lote F.

Nos esquemas das figura 5.2E.2, indicam-se as obstruções a considerar no cálculo do ângulo do horizonte dos vãos envidraçados VJ-1 situados em cada uma das extremidades do Bloco F3. Os grupos de vãos semelhantes orientados a SW são sombreados pelos edifícios B e F1, e os vãos com orientação NE são sombreados pelo edifício A.

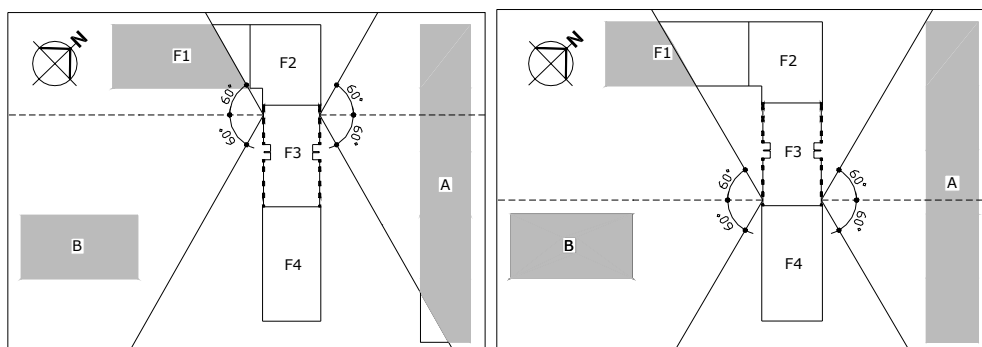


Figura 5.2E.2 - Esquema da planta de implantação dos edifícios e obstruções a considerar para os vãos VJ-1, situados na extremidade do Bloco F3.

No Quadro 5.2E.2 apresentam-se os ângulos de horizonte para os Vãos envidraçados VJ-1 devido aos edifícios vizinhos. Embora não existam nem palas horizontais ($F_0=1$) nem verticais ($F_f=1$) para se contabilizar o efeito do sombreamento do contorno do vão, de acordo com o RCCTE, deve ser considerado o valor 0,9 para o produto $F_0 \cdot F_f$.

Quadro 5.2E.2 – Factores de sombreamento e de obstrução, vãos envidraçados: **VJ-1**.

Relativamente ao quadro anterior convém ainda explicitar que:

- Estação de aquecimento (Inverno)

Tal como foi referido e de acordo com o texto regulamentar, o factor de sombreamento do horizonte F_h é obtido a partir do maior dos ângulos do horizonte α (Figuras 5.2E.3 e 5.2E.4) do Quadro 5.2E.2, determinados para cada conjunto de vãos VJ-1 em condições de exposição semelhantes ou seja para o mesmo piso. Os valores dos ângulos intermédios foram estimados por interpolação dos valores da Tabela IV.5 do RCCTE.

Tal como se encontra no Quadro anterior, embora os vãos envidraçados VJ-1 (salas, quartos e cozinha), não tenham qualquer tipo de pala deve-se no entanto, de acordo com o RCCTE - Anexo IV, Capítulo 4.3.3, alínea b), contabilizar o efeito de sombreamento do contorno desses vãos, pelo que o produto dos factores $F_0 \cdot F_f$ deverá ser igual a 0,90.

- Estação de arrefecimento (Verão)

O factor de sombreamento do horizonte F_h é igual a 1 de acordo com a metodologia adoptada no RCCTE (Anexo V, Capítulo 2.3).

À semelhança do preconizado para a estação de aquecimento, sempre que os vãos envidraçados não tiverem palas o produto dos factores $F_0 \cdot F_f$ deverá também ser igual a 0,90 para se ter em conta o efeito do contorno do vão.

F_w - Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (VJ-1)

- Estação de aquecimento (Inverno)

O factor de correcção da selectividade angular F_w , na estação de aquecimento, toma o valor 0,90 para os vidros correntes duplos (Anexo IV do RCCTE, Capítulo 4.3.5).

- Estação de arrefecimento (Verão)

De acordo com o Quadro V.3 do Anexo V do RCCTE, em função da orientação e do tipo de vidro (simples ou duplo), fica definido este factor na situação de Verão. O factor de correcção da selectividade angular F_w , na estação de arrefecimento, para as orientações NE e SW têm sempre o mesmo valor, sendo para o caso do vidro duplo igual a 0,85.

F_g - Fracção envidraçada (VJ-1)

- Estação de aquecimento (Inverno) e estação de arrefecimento (Verão)

Para os vãos envidraçados com caixilharia de alumínio sem quadrícula, a fracção envidraçada corresponde a 0,70 (RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.5).

VJ-2 (cozinha - janela com grelha de protecção do estendal, piso 0 - Orientação SW)

Quadro 5.2E.3 – Factores solares, vãos envidraçados: **VJ-2, piso 0.**

Factores Solares – VJ-2		INVERNO	VERÃO
g_{\perp}	Factor solar do vão envidraçado	0,63	0,28*
F_s	Factor de obstrução	0,62	0,79
F_w	Factor de correcção da selectividade angular	0,90	0,85
F_g	Fracção envidraçada	0,70	0,70

* $0,28 = 0,70 \times g_{\perp}' + 0,30 \times g_{\perp v}$, em que $g_{\perp v}=0,78$ corresponde ao factor solar do vidro duplo e $g_{\perp}'=0,07$ corresponde ao factor solar do vidro duplo com estores exteriores 100 % activados

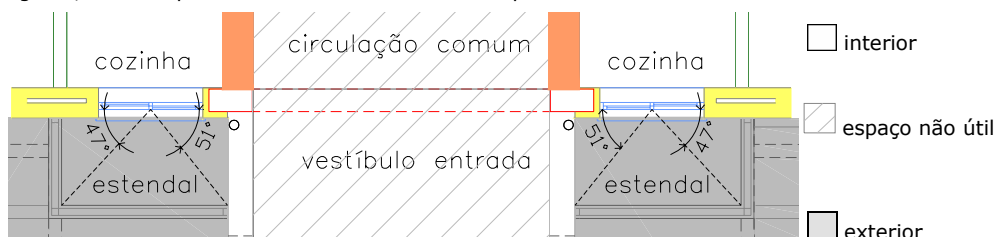


Figura 5.2E.5 – Vãos envidraçados VJ-2 (cozinha - janela do estendal com grelha, piso 0 – orientação SW).

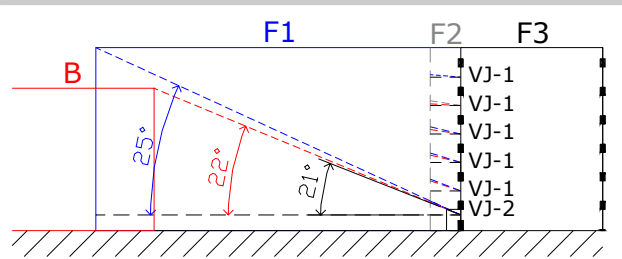
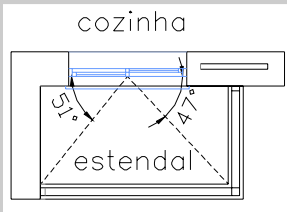
g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado (VJ-2)

Igual ao dos vãos envidraçados VJ-1, nas estações de aquecimento ($g_{\perp}=0,63$) e arrefecimento ($g_{\perp}=0,28$).

F_s - Factor de obstrução (VJ-2)

Os factores de sombreamento dos vãos envidraçados VJ-2 (janelas da cozinha que confinam com o estendal, situadas unicamente no piso 0, orientadas a SW) são obtidos de acordo com as Tabelas IV.5, IV.6 e IV.7 e Quadros V.1, V.2 e V.3, dos Anexos IV e V do RCCTE, a partir dos ângulos de horizonte e das palas.

Quadro 5.2E.4 – Factores de sombreamento e de obstrução, vãos envidraçados: **VJ-2, piso 0.**

F _h - factor de sombreamento do horizonte	
<div><div>INVERNO</div><div></div><div>Figura 5.2E.6– Orientação SW ângulo de horizonte α para os vãos VJ-2, piso 0.</div><div><div>α=25°</div><div>⇓</div><div>(Tabela IV.5 do RCCTE)</div><div>⇓</div><div>factor de sombreamento do horizonte – situação de Inverno</div><div>F_h=0,78</div></div></div>	<div><div>VERÃO</div><div>(Anexo V, Capítulo 2.3)</div><div>⇓</div><div>factor de sombreamento do horizonte – situação de Verão</div><div>F_h=1,00</div></div>
F ₀ - factor de sombreamento por elementos horizontais	
<div><div>INVERNO</div><div><div>ângulo da pala horizontal</div><div>α=0°</div><div>⇓</div><div>(Tabela IV.6 do RCCTE)</div><div>⇓</div><div>factor de sombreamento por elementos horizontais situação de Inverno</div><div>F₀=1,00</div></div></div>	<div><div>VERÃO</div><div><div>ângulo da pala horizontal</div><div>α=0°</div><div>⇓</div><div>(Quadro V.1 do RCCTE)</div><div>⇓</div><div>factor de sombreamento por elementos horizontais situação de Verão</div><div>F₀=1,00</div></div></div>
F _f - factor de sombreamento por elementos verticais	
<div><div></div><div>Figura 5.2E.7 – ângulo das palas verticais direita β =51° e esquerda β =47° para os vãos VJ-2, orientação SW.</div></div> <div><div>INVERNO</div><div><div>ângulo da pala vertical direita</div><div>β=51°</div><div>ângulo da pala vertical esquerda</div><div>β=47°</div><div>⇓</div><div>(interpolação da Tabela IV.7 do RCCTE)</div><div>⇓</div><div>F_f = 0,93 (pala direita)</div><div>F_f =0,85 (pala esquerda)</div><div>factor de sombreamento por elementos verticais situação de Inverno</div><div>F_f =0,93 x 0,85 = 0,79</div></div></div>	<div><div>VERÃO</div><div><div>ângulo da pala vertical direita</div><div>β=51°</div><div>ângulo da pala vertical esquerda</div><div>β=47°</div><div>⇓</div><div>(interpolação do Quadro V.2 do RCCTE)</div><div>⇓</div><div>F_f =0,94 (pala direita)</div><div>F_f =0,84 (pala esquerda)</div><div>factor de sombreamento por elementos verticais situação de Verão</div><div>F_f =0,94 x 0,84 = 0,79</div></div></div>
F _s - factor de obstrução F _S =F _h ·F ₀ ·F _f	
<div><div>INVERNO</div><div>F_S=0,78x1,00x0,79=0,62</div></div>	<div><div>VERÃO</div><div>F_S=1,00x1,00x0,79=0,79</div></div>

Relativamente ao Quadro 5.2E.4 referente às estações de aquecimento e de arrefecimento poder-se-á ainda explicitar que:

- Estação de aquecimento (Inverno)

O factor de sombreamento do horizonte F_h é obtido por interpolação dos valores da Tabela IV.5 do RCCTE, a partir do maior dos ângulos do horizonte α .

Uma vez que os vãos envidraçados VJ-2 não têm palas horizontais $F_o=1,00$, de acordo com a Tabela IV.6 do RCCTE.

O factor de sombreamento por duas palas elementos verticais (esquerda e direita) é obtido pelo produto dos valores da Tabela IV.7 do RCCTE, interpolados para os ângulos da pala direita $\beta = 51^\circ$ e pala esquerda $\beta = 47$ (Figura 5.2E.7).

- Estação de arrefecimento (Verão)

O factor de sombreamento do horizonte F_h , é igual a 1, de acordo com a metodologia adoptada no RCCTE bem como $F_o=1,00$ em virtude dos vãos envidraçados VJ-2 não ter palas horizontais (Quadro V.1 do RCCTE).

F_w - Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (VJ-2)

Idêntico ao dos vãos envidraçados VJ-1, nas estações de aquecimento ($F_w=0,90$) e arrefecimento ($F_w=0,85$).

F_g - Fracção envidraçada (VJ-2)

Idêntico ao dos vãos envidraçados VJ-1, $F_g=0,70$, nas estações de aquecimento e arrefecimento.

VP-NW (cozinha - porta de vidro acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação NW)

Quadro 5.2E.5 – Factores solares, vãos envidraçados: **VP-NW**.

Factores Solares – VP-NW		Inverno	Verão
g_{\perp}	Factor solar do vão envidraçado	0,63	0,68
F_s	Factor de obstrução	0,58	0,53
F_w	Factor de correcção da selectividade angular	0,90	0,85
F_g	Fracção envidraçada	0,70	0,70

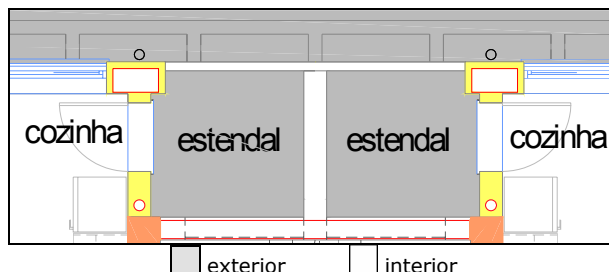


Figura 5.2E.8 – Vãos envidraçados VP-NW e VP-SE (cozinha - porta de vidro acesso à zona do estendal/tratamento de roupa).

g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado (VP-NW)

– Estação de aquecimento (Inverno)

Para o cálculo do factor solar dos vãos envidraçados VP-NW na estação de aquecimento, é considerada a existência de cortinas interiores muito transparentes de cor clara. Para estes vãos é adoptado para o factor g_{\perp} o valor de 0,63 (RCCTE, Anexo IV, Capítulo 4.3.2).

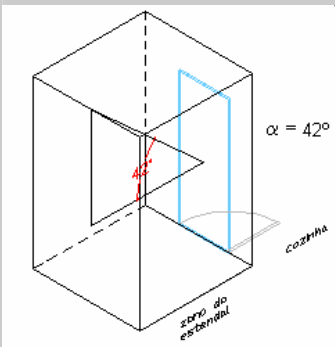
– Estação de arrefecimento (Verão)

O factor solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento (Verão), de acordo com a soma ponderada, é $g_{\perp} = 0,70 \times 0,63 + 0,30 \times 0,78 = \mathbf{0,68}$.

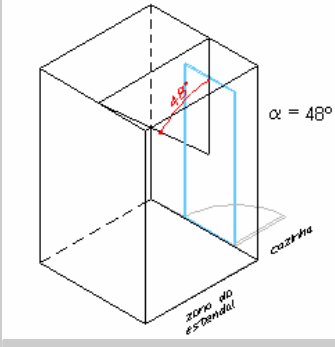
F_s - Factor de obstrução (VP-NW)

Quadro 5.2E.6 – Factores de sombreamento e de obstrução, vãos envidraçados: **VP-NW**.

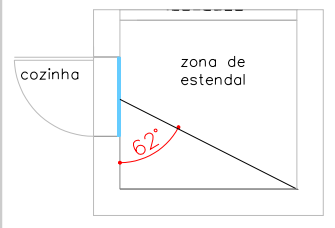
F_h - factor de sombreamento do horizonte

	INVERNO	VERÃO
 <p>Figura 5.2E.9 – ângulo de horizonte $\alpha = 42^\circ$ para os vãos VP-NW, orientação NW.</p>	<p>ângulo do horizonte $\alpha = 42^\circ$ ↓ (consulta da Tabela IV.5 do RCCTE) ↓ factor de sombreamento do horizonte – situação de Inverno $F_h = 0,81$</p>	<p>(de acordo com a metodologia do RCCTE - Anexo V, Capítulo 2.3) ↓ factor de sombreamento do horizonte – situação de Verão $F_h = 1,00$</p>

F₀ - factor de sombreamento por elementos horizontais

	INVERNO	VERÃO
 <p>Figura 5.2E.10 – ângulo da pala horizontal $\alpha = 48^\circ$ para os vãos VP-NW, orientação NW.</p>	<p>ângulo da pala horizontal $\alpha = 48^\circ$ ↓ (interpolação da Tabela IV.6 do RCCTE) ↓ factor de sombreamento por elementos horizontais – situação de Inverno $F_0 = 0,89$</p>	<p>ângulo da pala horizontal $\alpha = 48^\circ$ ↓ (interpolação do Quadro V.1 do RCCTE) ↓ factor de sombreamento por elementos horizontais – situação de Verão $F_0 = 0,77$</p>

F_f - factor de sombreamento por elementos verticais

	INVERNO	VERÃO
 <p>Figura 5.2E.11 – ângulo da pala vertical $\beta = 62^\circ$ para os vãos VP-NW, orientação NW.</p>	<p>ângulo da pala vertical $\beta = 62^\circ$ ↓ (consulta da Tabela IV.7 do RCCTE) ↓ factor de sombreamento por elementos verticais – situação de Inverno $F_f = 0,80$</p>	<p>ângulo da pala vertical $\beta = 62^\circ$ ↓ (consulta do Quadro V.2 do RCCTE) ↓ factor de sombreamento por elementos verticais – situação de Verão $F_f = 0,69$</p>

F_s - factor de obstrução $F_s = F_h \cdot F_0 \cdot F_f$

INVERNO	VERÃO
$F_s = 0,81 \times 0,89 \times 0,80 = 0,58$	$F_s = 1,00 \times 0,77 \times 0,69 = 0,53$

Os factores de sombreamento dos vãos envidraçados VP-NW (porta da cozinha que confinam com a zona do estendal - varanda), são obtidos de acordo com a metodologia do RCCTE, a partir dos ângulos de horizonte e das palas.

F_w - Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (VP-NW)

Igual ao dos vãos envidraçados VJ-1, nas estações de aquecimento ($F_w=0,90$) e arrefecimento ($F_w=0,85$).

F_g - Fracção envidraçada (VP-NW)

Idêntico ao dos vãos envidraçados VJ-1, $F_g=0,70$, nas estações de aquecimento e arrefecimento.

VP-SE (cozinha - porta de vidro acesso à zona exterior de tratamento de roupa (varanda), pisos 0 a 5 - Orientação SE)

Quadro 5.2E.7 – Factores solares, vãos envidraçados: **VP-SE**.

Factores Solares – VP-SE		Inverno	Verão
g_{\perp}	Factor solar do vão envidraçado	0,39	0,51
F_s	Factor de obstrução	0,21	0,41
F_w	Factor de correcção da selectividade angular	0,90	0,85
F_g	Fracção envidraçada	0,70	0,70

g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado (VP-SE)

Os vãos envidraçados VP-SE (cozinha - porta de vidro de acesso à zona exterior de tratamento de roupa - varanda), por estarem orientados no quadrante Sul e terem uma área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, ficam sujeitos aos requisitos mínimos impostos aos factores solares para a estação de arrefecimento. Para a zona climática de Verão V2 e classe de inércia média, o valor máximo admissível para o factor solar correspondente ao vão envidraçado com o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activo(s) é de 0,56 (RCCTE, Anexo IX, Quadro IX.2). Assim, a adopção de cortinas interiores transparentes de cor clara, apresenta-se como uma das soluções possíveis para a satisfação deste requisito. Porém, neste caso como têm palas horizontais e verticais poder-se-ia considerar estes elementos sombradores para a verificação do critério de protecção solar mínima do vão envidraçado (Manual, pagina 66).

- Estação de aquecimento (Inverno)

O factor solar do vão envidraçado na estação de aquecimento, com cortinas interiores transparentes de cor clara, toma o valor de 0,39 (Anexo V do RCCTE, Quadro V.4).

- Estação de arrefecimento (Verão)

O factor solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento (Verão), de acordo com a soma ponderada, é $g_{\perp} = 0,70 \times 0,39 + 0,30 \times 0,78 = \mathbf{0,51}$.

F_s - Factor de obstrução (VP-SE)

Quadro 5.2E.8–Factores de sombreamento e de obstrução, vãos envidraçados: **VP-SE**.

F_h - factor de sombreamento do horizonte

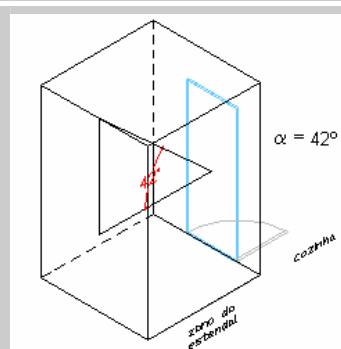


Figura 5.2E.12 – ângulo de horizonte $\alpha = 42^\circ$ para os vãos VP-SE, orientação SE.

INVERNO

ângulo do horizonte
 $\alpha = 42^\circ$
↓
(consulta da Tabela IV.5 do RCCTE)
↓
factor de sombreamento do horizonte – situação de Inverno
 $F_h = 0,50$

VERÃO

(de acordo com a metodologia do RCCTE – Anexo V, Capítulo 2.3)
↓
factor de sombreamento do horizonte – situação de Verão
 $F_h = 1,00$

F₀ - factor de sombreamento por elementos horizontais

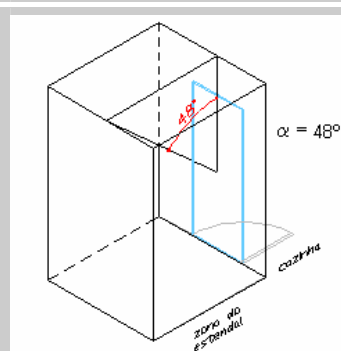


Figura 5.2E.13 – ângulo da pala horizontal $\alpha = 48^\circ$ para os vãos VP-SE, orientação SE.

INVERNO

ângulo da pala horizontal
 $\alpha = 48^\circ$
↓
(consulta da Tabela IV.6 do RCCTE)
↓
factor de sombreamento por elementos horizontais – situação de Inverno
 $F_0 = 0,60$

VERÃO

ângulo da pala horizontal
 $\alpha = 48^\circ$
↓
(consulta do Quadro V.1 do RCCTE)
↓
factor de sombreamento por elementos horizontais – situação de Verão
 $F_0 = 0,55$

F_f - factor de sombreamento por elementos verticais

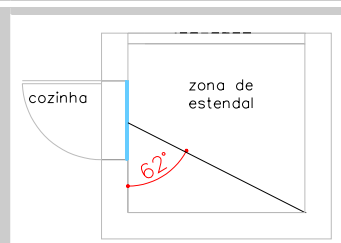


Figura 5.2E.14 – ângulo da pala vertical $\beta = 62^\circ$ para os vãos VP-SE, orientação SE.

INVERNO

ângulo da pala vertical
 $\beta = 62^\circ$
↓
(consulta da Tabela IV.7 do RCCTE)
↓
factor de sombreamento por elementos verticais – situação de Inverno
 $F_f = 0,71$

VERÃO

ângulo da pala vertical
 $\beta = 62^\circ$
↓
(consulta do Quadro V.2 do RCCTE)
↓
factor de sombreamento por elementos verticais – situação de Verão
 $F_f = 0,75$

F_s - factor de obstrução $F_s = F_h \cdot F_0 \cdot F_f$

INVERNO

$$F_s = 0,50 \times 0,60 \times 0,71 = 0,21^{(*)}$$

VERÃO

$$F_s = 1,00 \times 0,55 \times 0,75 = 0,41$$

(*) O valor do factor de sombreamento F_s na estação de aquecimento é igual a 0,21 deverá ser multiplicado pelo factor de orientação X (RCCTE, Quadro IV.4). Este produto nunca poderá ser inferior a 0,27 por forma a contabilizar a contribuição da radiação difusa nos ganhos úteis (RCCTE, Capítulo 4.3.2).

F_w - Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados (VP-SE)

Idêntico ao dos vãos envidraçados VJ-1, nas estações de aquecimento ($F_w=0,90$) e arrefecimento ($F_w=0,85$).

F_g - Fracção envidraçada (VP-SE)

Idêntico ao dos vãos envidraçados VJ-1, $F_g=0,70$, nas estações de aquecimento e arrefecimento.

Anexo 5.2F – Inércia Térmica da Fracção Autónoma T1A-Piso 0

Com vista a explicitar o cálculo da Inércia Térmica, descrito no Capítulo 2 (2.2.4) do presente Manual, apresentam-se nos Quadros seguintes, para a fracção autónoma T1A, situada no piso 0 as massas dos elementos da envolvente situados do lado interior do isolamento térmico m_t , as áreas dos diferentes elementos e as correspondentes massas superficiais úteis M_{si} dos elementos de construção intervenientes na inércia térmica interior bem como os respectivos factores correctivos.

Indicam-se ainda as imposições regulamentares respeitantes à quantificação da Inércia Térmica I_t .

Quadro 5.2F.1 – Laje de tecto.

Laje de pavimento entre pisos	m_t (kg/m ²)	imposição regulamentar	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correcção r (-)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
pavimento intermédio com aplicação de parquet de madeira na superfície superior, enchimento de betão celular com 0,04 m e laje maciça de betão com 0,22 m de espessura.	300,00 ^(*)	$m_t/2 \leq 150$	150,00	58,29	1,00	8743,50

(*) ITE 11, Pág. III-57.

Quadro 5.2F.2 – Laje de pavimento interior.

Laje de pavimento	m_t (kg/m ²)	imposição regulamentar	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correcção r (-)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
pavimento interior com aplicação de 0,01 m de parquet de madeira, 0,04 m de betonilha, folha de separação, com 0,04 m de aglomerado de cortiça expandida (ICB) e laje maciça de betão com 0,26 m de espessura.	54,00	$m_t \leq 150$	54,00	58,29	1,00	3147,66

No caso do pavimento interior, para a inércia térmica, ou seja, para a capacidade de armazenamento de calor, apenas serão tidas em conta as massas superficiais dos elementos que ficam sobre o aglomerado negro de cortiça.

A influência do revestimento no presente exemplo não é necessário ter em conta em virtude de o parquet de madeira ter uma resistência térmica menor ou igual a 0,14 m².°C/W.

Quadro 5.2F.3 – Paredes exteriores.

Paredes exteriores	m_t (kg/m ²)	imposição regulamentar	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correcção r (-)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
paredes duplas com panos em alvenaria de tijolo furado normal, 0,11+0,05+0,15 m, com caixa de ar não ventilada preenchida parcialmente com 30 mm de poliestireno expandido moldado (EPS), rebocadas pelo exterior e interior.	150,00 ^(*)	$m_{pi} \leq 150$	150,00	30,36	1,00	4554,00

No caso das paredes exteriores duplas uma vez que são isoladas na caixa de ar apenas será contabilizado, para efeitos de inércia térmica, o pano interior da parede (alvenaria de tijolo de 0,11 m)

(*) ITE 12, Pág. II-5.

Quadro 5.2F.4 – Paredes interiores (entre fracções autónomas).

Paredes interiores	m_t (kg/m ²)	imposição regulamentar	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correccção r (-)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
parede interior 1 constituída por um pano de betão com 0,20 m e um pano de tijolo com 0,11 m, rebocada pelo exterior e interior com uma espessura total de 0,34 m.	420,00(*)	$m_t/2 \leq 150$	150,00	9,07	1,00	1360,50
parede interior 2 constituída por um pano de tijolo com 0,22 m, rebocada pelo exterior e interior, com uma espessura total de 0,25 m.	240,00(**)	$m_t/2 \leq 150$	120,00	15,88	1,00	2276,10

(*) ITE 12, Págs. II-5 e II-13

(**) ITE 12, Pág.II-8

Quadro 5.2F.5 – Paredes interiores da fracção autónoma.

Paredes interiores à fracção autónoma	m_t (kg/m ²)	imposição	M_{si} (kg/m ²)	S_i (m ²)	Factor de correccção r (-)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (kg)
paredes internas de tijolo 0,15 m	180,00(*)	$m_t \leq 300$	180,00	36,04	1,00	6487,20

(*)ITE 12, Pág. II-6

O valor de I_t , virá então dado por:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} S_i}{A_p} = 26568,96/53,48 = 496,80 \text{ kg/m}^2$$

No piso 0 a fracção autónoma T1-A tem uma classe de inércia térmica interior **forte** pois o valor da massa superficial útil por metro quadrado da área útil de pavimento I_t é superior a 400 kg/m², assim como as restantes fracções autónomas deste piso.

Refere-se ainda que, as restantes fracções autónomas dos pisos intermédios (pisos 1 a 4) e de cobertura (piso 5), pertencem também à classe de inércia **forte**, embora não se apresentem os cálculos. Para os pisos intermédios tem-se em conta a massa de duas lajes de pavimento entre pisos, e, no último piso, as lajes de pavimento e de cobertura (isolada pelo exterior).

Anexo 5.2G – Determinação da taxa de renovação horária nominal - R_{ph}

Para edifícios com ventilação natural (no caso do único dispositivo de ventilação mecânica presente ser o exaustor na cozinha) e que não estejam em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1, o valor da taxa de renovação horária nominal R_{ph} , é determinado de acordo com o Quadro IV.1 do RCCTE, em função da exposição ao vento das fachadas do Edifício (Classe de exposição) e da permeabilidade ao ar da sua envolvente (Classe da caixilharia, existência de caixas de estore e de dispositivos de admissão de ar na fachada).

Classe de exposição das fachadas

A classe de exposição ao vento das fachadas, para cada fracção autónoma, é feita de acordo com os seguintes factores (NP1037-1):

- Divisão do país em duas zonas caracterizadas por diferentes velocidades de vento (Região A e Região B);
- Rugosidade aerodinâmica do terreno (I, II, III);
- Cota da janela acima do solo.

Para este exemplo, edifício situado na cidade de Lisboa, o grau de exposição ao vento virá então definido do seguinte modo: Região A (território do continente com afastamento da costa superior a 5 km e altitude inferior a 600 m), rugosidade I (edifício situado no interior de uma zona urbana), altura acima do solo (inferior a 18 m). Estas três condições determinam a classe de exposição ao vento das fachadas como sendo Exp. 1 (Quadro IV.2 do RCCTE).

De notar que, se este mesmo edifício tivesse mais pisos, e os últimos pisos estivessem a mais de 18 m do nível do solo e a menos de 28 m, esses pisos passariam a estar numa classe de exposição Exp.2. Para pisos superiores a 28 m passariam a uma classe de exposição Exp.3.

Se, por outro lado, o edifício se situasse, embora no continente, a menos de 5 km da costa ocidental, passaria a pertencer à região B e, nesse caso, a partir dos 10 m do nível do solo já teria uma classe de exposição ao vento Exp. 2, o que neste caso concreto corresponderia a partir do 4º piso (Quadro 5.2G.1).

Em termos genéricos a região B corresponde às Regiões Autónomas e no Continente às localidades situadas numa faixa de 5 km junto à costa e/ou altitudes superiores a 600 m.

No que diz respeito à rugosidade ter-se-á para edifícios localizados no interior de uma zona urbana - rugosidade I, periferia de zonas urbanas ou em zonas rurais – rugosidade II, zonas sem obstáculos que atenuem o vento – rugosidade 3.

Quadro 5.2G.1 - Classes de exposição das fachadas (Quadro IV.2 do RCCTE).

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
< 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
>28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

Nota: a sombreado encontra-se assinalada as condições do exemplo.

Permeabilidade ao ar da envolvente

Por razões de higiene e de conforto, para efeitos deste regulamento, a taxa de renovação mínima necessária é de $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Para efeitos de aplicação deste Regulamento, admite-se que apenas as caixilharias têm uma permeabilidade ao ar considerável, sendo possível medir e classificar através de ensaios. É ainda tida em conta a contribuição das caixas de estore.

A permeabilidade ao ar das janelas pertencentes às fracções autónomas do Bloco F3, que comunicam com o exterior depende da classe da caixilharia - Classe 3, da existência de caixas de estore nos vãos dos quartos, salas e cozinha (VJ-1 e VJ-2) e ainda da inexistência de caixas de estores na porta em vidro que confina com a zona do estendal - varanda (VP).

O Quadro seguinte apresenta os valores convencionais de R_{ph} para edifícios de habitação de acordo com o Quadro IV.1 do RCCTE:

Quadro 5.2G.2 – Valores convencionais de R_{ph} (em h^{-1}) para edifícios de habitação.

Quadro 3.2.2.2 - Valores convencionais de $q_{p,10}$ (cm ³ /h) para edifícios de habitação										
		Permeabilidade ao ar das caixilharias (de acordo com EN 12207)								Edifícios conformes com NP 1037-1
Classe de Exposição	Dispositivos de Admissão na fachada	Sem classificação		Classe 1		Classe 2		Classe 3		
		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		
		sim	não	Sim	não	sim	não	sim	não	
Exp. 1	Sim	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	0,75	0,65	0,60
	Não	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
Exp. 2	Sim	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	
	Não	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
Exp. 3	Sim	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
	Não	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	
Exp. 4	Sim	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
	Não	1,15	1,05	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	

A taxa de renovação horária nominal R_{ph} , a adoptar encontra-se assinalada no Quadro 5.2G.2 tendo em conta a não existência de dispositivos de admissão na fachada: janelas com caixa de estore $R_{ph} = 0,85 \text{ h}^{-1}$ e, janelas, as que confinam com a zona do estendal, sem caixas de estore $R_{ph} = 0,75 \text{ h}^{-1}$.

Para cada fracção autónoma, o valor de R_{ph} é calculado a partir de uma média ponderada que tem em conta a área dos vãos envidraçados com características de permeabilidade distintas (existência ou não de caixas de estore) e os respectivos valores de R_{ph} . Por exemplo, para a fracção autónoma T1-A situada no piso 0, o valor de R_{ph} médio que tem em conta a existência de caixas de estore em 89% dos vãos (e a sua inexistência nos restantes 11%) é calculada por:

$$\overline{R_{ph}} = (0,11 \times 0,75) + (0,89 \times 0,85) = 0,84 \text{ h}^{-1}$$

No Quadro 5.2G.3 são diferenciadas as áreas dos vãos envidraçados em função da existência de estores para cada uma das fracções autónomas e as respectivas percentagens em termos da área total de vãos. A última coluna apresenta o valor ponderado da taxa de renovação do ar $\overline{R_{ph}}$.

Quadro 5.2G.3 - Taxa de renovação horária nominal ponderada $\overline{R_{ph}}$ (h^{-1}).

Piso	Designação	Vãos Envidraçados				$\overline{R_{ph}}$ (h ⁻¹) (valor ponderado)
		Sem estores $R_{ph}=0,75$ h ⁻¹		Com estores $R_{ph}=0,85$ h ⁻¹		
		Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	
0	T1-A	1,40	11	10,80	89	0,84
	T1a-B	0,00	0	7,02	100	0,85
	T2c-C	0,00	0	9,00	100	0,85
	T2-D	1,40	9	14,40	91	0,84
1* a 4*	T1-A	1,40	11	10,80	89	0,84
	T1-B	1,40	11	10,80	89	0,84
	T2-C	1,40	9	14,40	91	0,84
	T2-D	1,40	9	14,40	91	0,84
5	T1-A	1,40	11	10,80	89	0,84
	T1-B	1,40	11	10,80	89	0,84
	T2-C	1,40	9	14,40	91	0,84
	T2-D	1,40	9	14,40	91	0,84

* - diferem apenas nos vãos em termos do factor de horizonte (F_h) e consequentemente do factor de obstrução (F_s)

Correcções aos valores de $\overline{R_{ph}}$ obtidos

Os valores de $\overline{R_{ph}}$ calculados ficam ainda sujeitos ao agravamento de $0,10 h^{-1}$ devido às áreas dos vãos envidraçados serem superiores a 15% da área útil de pavimento ($A_{env}/A_p=0,23$), com excepção das fracções autónomas situadas no piso 0: T1a-B e T2c-C em que $A_{env}/A_p=0,13$ (RCCTE, Quadro IV.1, Nota 2).

Na tabela seguinte apresenta-se o valor final de R_{ph} para cada uma das fracções autónomas do Bloco F3.

Quadro 5.2G.4 - Taxa de renovação horária nominal corrigida $R_{ph}(h^{-1})$.

Piso	Designação	$\overline{R_{ph}}$ (h^{-1}) (valor ponderado)	A_{env}/A_p	Correcções	R_{ph} (h^{-1})
0	T1-A	0,84	0,23	0,10	0,94
	T1a-B	0,85**	0,13	-	0,85
	T2c-C	0,85**	0,13	-	0,85
	T2-D	0,84	0,23	0,10	0,94
1* a 4*	T1-A	0,84	0,23	0,10	0,94
	T1-B	0,84	0,23	0,10	0,94
	T2-C	0,84	0,23	0,10	0,94
	T2-D	0,84	0,23	0,10	0,94
5	T1-A	0,84	0,23	0,10	0,94
	T1-B	0,84	0,23	0,10	0,94
	T2-C	0,84	0,23	0,10	0,94
	T2-D	0,84	0,23	0,10	0,94

* - diferem apenas nos vãos em termos do factor de horizonte (F_h) e consequentemente do factor de obstrução (F_s)

** - nas fracções autónomas T1a_B e T2c-C do Piso 0 todos os vãos têm estores exteriores. Para os restantes Pisos existem as portas de vidro de acesso à zona exterior de estendal que não possuem protecções solares exteriores.

Anexo 5.2H –Cálculo das Necessidades de Águas Quentes Sanitárias N_{ac} e N_a

Em termos do RCCTE as necessidades anuais de energia útil para preparação das águas quentes sanitárias (AQS), N_{ac}, são estimadas de acordo com a expressão:

$$N_{ac} = \left(\left(\frac{Q_a}{\eta_a} \right) - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p \quad \left(\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{ano} \right)$$

em que:

Q_a – energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;

η_a – eficiência de conversão dos sistemas convencionais de preparação de AQS;

E_{solar} – contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS;

E_{ren} – contribuição de outras formas de energias renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, outras);

A_p – área útil de pavimento.

Quanto ao limite máximo para os valores das necessidades de energia para preparação de AQS, N_a, é estabelecido com base em:

$$N_a = 0,081 \times \frac{M_{AQS} \times n_d}{A_p} \quad \left(\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{ano} \right)$$

onde M_{AQS} representa o consumo médio de referência de AQS e n_d o número anual de dias de consumo de águas quentes sanitários que, para o caso dos edifícios destinados à habitação dever-se-á considerar igual a 365 dias.

Para efeitos do RCCTE, a energia solar só pode ser contabilizada, se os sistemas ou equipamentos forem certificados, instalados por instaladores acreditados pela DGGE e, se houver garantia de manutenção do sistema de funcionamento durante um período mínimo de 6 anos (RCCTE, Anexo VI, Capítulo 4).

As necessidades de energia para aquecimento das águas quentes sanitárias são estimados partindo do princípio que a instalação de painéis solares será obrigatória sempre que haja exposição solar favorável. A contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento da AQS, E_{solar}, foi calculada com programa SOLTERM do INETI, na base de 1 m² de colector por ocupante convencional previsto em função da tipologia da fracção autónoma.

Além da contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS ter-se-á ainda que calcular a energia útil despendida com sistemas convencionais, de preparação a partir da expressão:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad \left(\text{kWh} / \text{ano} \right)$$

em que M_{AQS} e n_d têm o significado da expressão para cálculo de N_a e ΔT representa o aumento de temperatura necessário para preparar as águas quentes sanitárias - valor de referência 45 °C.

Para edifícios residenciais, o número anual de dias de consumo de AQS é 365 dias, sendo o consumo médio de referência M_{AQS} dado pela expressão:

$$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.^{\circ} \text{ocupantes}$$

sendo o número de ocupantes estimado tendo em conta a tipologia da fracção autónoma:

$$n.^{\circ} \text{ocupantes da fracção autónoma } T_n = \begin{cases} 2, & n = 0 \\ n + 1, & n \geq 1 \end{cases}$$

Cálculo de N_{ac} e N_a para a fracção autónoma: T1A-Piso 0

Como este exemplo diz respeito a uma tipologia T1, o número convencional de ocupantes será igual a 2.

Consumo médio diário de referência, M_{AQS} virá então:

$$M_{AQS} = 40 \times 2 = 80 \text{ litros}$$

A energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a será estimada com base em:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} = \frac{80 \times 4187 \times 45 \times 365}{3600000} = 1528,3 \text{ kWh/ano}$$

A contribuição dos colectores solares para o aquecimento da AQS, E_{solar} , foi calculada utilizando o programa SOLTERM do INETI, versão 4.5 para a cidade de Lisboa.

Considerou-se, para tal, um sistema de colectores solares com uma área de 60 m^2 (1 m^2 de colector por ocupante convencional previsto, 2 ocupantes para cada uma dos 12 apartamentos com a tipologia T1 e 3 ocupantes para cada um das restantes 12 tipologias T2).

Os painéis orientados a Sul, têm uma inclinação de 40° com um depósito vertical de 2400 l capacidade (2,48 m de altura e 1,11 m de diâmetro), de modo a satisfazer o consumo médio diário de referência de 40 l por ocupante ($60 \text{ ocupantes} \times 40 \text{ l}$), admitiu-se ainda um permutador em serpentina.

Tal como preconiza o RCCTE, considerou-se a temperatura da água da rede igual a 15°C que deverá ser aquecida a 60°C .

Para um colector com um rendimento de 0,75 e um coeficiente de perdas de $7 \text{ W/m}^2.\text{C}$, estima-se uma contribuição da energia solar igual a 542 kWh/m^2 o que para a situação preconizada pelo RCCTE equivale a 542 kWh/ocupante . Assim, ter-se-á para as fracções autónomas T1:

$$E_{solar} = 2 \times 542 = 1084 \text{ kWh}$$

Por fim ter-se-á para as necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS, N_{ac} :

$$N_{ac} = \left(\left(\frac{Q_a}{\eta_a} \right) - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p = \left(\frac{1528,3}{0,87} - 1084 \right) / 53,48 = 12,58 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

Em que:

$$Q_a = 1528,3 \text{ kWh/m}^2.\text{ano};$$

$\eta_a = 0,87$ eficiência de conversão o sistema de produção de AQS constituído por uma caldeira mural com acumulação, com pelo menos 100 mm de isolamento térmico;

$$E_{solar} = 1084 \text{ kWh};$$

$$E_{ren} = 0;$$

$$A_p = 53,48 \text{ m}^2.$$

O limite máximo para os valores das necessidades de energia para preparação das AQS, N_a é estabelecido por:

$$N_a = 0,081 \frac{M_{AQS} \times n_d}{A_p} = 0,081 \frac{80 \times 365}{53,48} = 44,23 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

Donde se conclui que a fracção autónoma designada por T1A e situada no piso 0, não excede o valor máximo admissível de necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS uma vez que $N_{ac} = 12,58 \leq N_a = 44,23 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$.

Anexo 5.2I – Cálculo das Necessidades de Energia Primária N_{tc} e N_t

As necessidades nominais globais de energia primária N_{tc} são definidas pela seguinte expressão:

$$N_{tc} = 0,1 \frac{N_{ic}}{\eta_i} F_{pui} + 0,1 \frac{N_{vc}}{\eta_v} F_{puv} + N_{ac} F_{pua} \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano})$$

em que:

N_{ic} – necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento;

η_i – eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento;

F_{pui} – Factor de conversão de energia útil para energia primária dos sistemas de aquecimento;

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento;

η_v – eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de arrefecimento;

F_{puv} – Factor de conversão de energia útil para energia primária dos sistemas de arrefecimento;

N_{ac} – Necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias;

F_{pua} – Factor de conversão de energia útil para energia primária dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias.

Cada fracção autónoma não pode ter um valor de N_{tc} superior ao valor de N_t :

$$N_t = 0,9(0,01N_i + 0,01N_v + 0,15N_a) \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano})$$

em que:

N_i – Valor limite das necessidades nominais (anuais) de energia útil para aquecimento;

N_v – Valor limite das necessidades nominais (anuais) de energia útil para arrefecimento;

N_a – Valor limite das necessidades nominais (anuais) de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias.

De acordo com o RCCTE, Capítulo V, n.º 6 do Artigo 15º, "Quando um edifício não tiver previsto, especificamente, um sistema de aquecimento ou de arrefecimento ambiente ou de aquecimento de água quente sanitária, considera-se, para efeitos do cálculo de N_{tc} ... que o sistema de aquecimento é obtido por resistência eléctrica, que o sistema de arrefecimento é uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3...".

No Quadro 5.2I.1 apresentam-se os valores das eficiências nominais dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento e arrefecimento.

Quadro 5.2I.1 – Eficiências nominais η_i e η_v dos sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

Sistemas	Equipamentos	Eficiência nominal
Aquecimento	Resistência eléctrica	$\eta_i = 1$
Arrefecimento	Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	$\eta_v = 3$

Os factores de conversão entre energia útil e energia primária, F_{pu} encontram-se no ponto 1 do Artigo 18º deste regulamento, o factor de conversão para a electricidade é $F_{pu} = 0,290$ kgep/kWh e para combustíveis gasosos é $F_{pu} = 0,086$ kgep/kWh.

O sistema de apoio ao sistema solar para aquecimento de águas sanitárias é obtido por uma caldeira mural com acumulação e com pelo menos 100mm de isolamento térmico.

Exemplo do cálculo de N_{tc} e N_t para a fracção autónoma: T1A-Piso 0

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc}:

$$N_{tc} = 0,1 \frac{N_{ic}}{\eta_i} F_{pui} + 0,1 \frac{N_{vc}}{\eta_v} F_{puv} + N_{ac} F_{pua} = 0,1 \frac{61,29}{1} \times 0,29 + 0,1 \frac{15,19}{3} \times 0,29 + 12,58 \times 0,29$$

$$N_{tc} = 2,99 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Limite máximo para as necessidades nominais globais de energia primária N_t:

$$N_t = 0,9 (0,01 N_i + 0,01 N_v + 0,15 N_a) = 0,9 (0,01 \times 62,95 + 0,01 \times 32,00 + 0,15 \times 44,23)$$

$$N_t = 6,83 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

REFERÊNCIAS

- RCCTE, 1990 - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto Lei 40/1990.
- DGE, 1990 - Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Manual de Apoio, Oliveira Fernandes, E., Maldonado, E., INEGI 1990.
- DGE, 2001 - Energia Portugal 2001. Edição DGE, Janeiro de 2002.
- RCCTE, 2006 - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto Lei 80/2006.
- ITE 11, 1986 - Pina dos Santos, C., Vasconcelos Paiva, J., Caracterização Térmica de Pavimentos Prefabricados.
- ITE 12, 1986 - Pina dos Santos, C., Vasconcelos Paiva, J., Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria.
- ITE 50, 2006 - Pina dos Santos, C., Vasconcelos Paiva, J., a ser publicado.