



Estudo do comportamento térmico de edifícios de habitação segundo o RCCTE e o REH

FRANCISCA ANDREA DA SILVA OLIVEIRA NEVES

Outubro de 2013

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que tornaram esta dissertação uma realidade e me ajudaram a ultrapassar todas as lacunas e obstáculos que senti.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Eng.º Teresa Neto pela atenção, compreensão e tempo dispendido, para o esclarecimento das dúvidas durante o tempo da realização desta dissertação.

Aos meus pais e à minha irmã expresso a minha gratidão pelo apoio, amor e motivação sempre prestados. À minha mãe, principalmente, gostaria de agradecer as inúmeras palavras de incentivo que muito contribuíram para que conseguisse chegar aqui.

Gostaria de agradecer aos meus avós, pelo apoio e carinho que sempre me demonstraram ao longo do meu percurso académico e por me terem ajudado financeiramente a acabar este percurso.

Em especial gostaria de agradecer ao meu namorado, Luís Machado, por ter sido incansável mesmo nos momentos de menor paciência, por ter ajudado na concretização desta dissertação, e principalmente por me ter apoiado e ajudado a concluir este percurso académico.

Resumo

Com a melhoria das condições de vida verificada nas últimas décadas em Portugal e no mundo, tem-se assistido a um importante desenvolvimento dos atributos funcionais dos edifícios, onde o conforto térmico assume um papel importante, é nesse sentido que a presente dissertação aborda a área do Desempenho Térmico de Edifícios, mais precisamente os do sector residencial. Esta dissertação dividiu-se em três grandes partes: inicialmente é feito um enquadramento teórico do tema, em seguida faz-se a apresentação das metodologias de cálculo e, por último, a apresentação do caso de estudo e análise dos resultados. Procura-se analisar a situação energética no sector residencial, dando particular ênfase às causas e medidas correctivas a aplicar para evitar o aumento do consumo de energia. Também são abordadas as metodologias presentes na Legislação Portuguesa em vigor, e nas novas propostas que espera-se que entrem em vigor a 1 de Dezembro de 2013.

Sendo que o principal objectivo desta dissertação é o estudo da nova proposta legislativa e apresentar um documento que procure efectuar uma comparação detalhada entre o DL 80/2006, de 4 de Abril e o DL 118/20013, de 20 de Agosto e sobretudo referir quais as implicações ao nível das soluções construtivas adoptadas e da certificação energética. Após esta análise, é apresentado um caso de estudo que consiste num edifício de habitação unifamiliar que será alvo da aplicação destes dois documentos.

Por último é apresentada uma análise dos resultados comparando a classe energética conseguida pelo edifício através das duas metodologias de cálculo.

Palavras-chave: Eficiência energética, Conforto térmico de edifícios, RCCTE, REH, Análise comparativa.

Abstract

With the improvement of living standards in recent decades in Portugal and in the world, there has been a significant development of the functional features of buildings where thermal comfort plays an important role, in this sense, this thesis addresses the area the Thermal Performance of Building, more precisely in the residential sector. This thesis is divided into three major parts: first, it made a theoretical framework, then presentation of the calculation methodologies and finally the presentation of the case study and analysis of results. It will be analyzed the energetic utilization in the residential sector, with particular emphasis on causes and corrective measures to prevent the increase of energy consumption. Focusing the methodologies used on the Portuguese legislations and on the proposals that will be implemented.

Procura-se analisar a situação energética no sector residencial, dando particular ênfase às causas e medidas correctivas a aplicar para evitar o aumento do consumo de energia. Também são abordadas as metodologias presentes na Legislação Portuguesa em vigor, e nas novas propostas que espera-se que entrem em vigor a 1 de Dezembro de 2013

Since the main objective of this dissertation is the study of the new legislative proposal and submit a document that seeks to make a detailed comparison between the DL 80/2006 of 4 April (RCCTE) and DL 118/20013 of 20 August (REH) and especially noted the implications in terms of constructive solutions adopted and the energy certification. After this analysis, it will be presented a case study consisting of a single-family residential building that will be the target of the application of these two documents.

Finally an analysis is presented of the results comparing the energy class achieved by building through the two calculation methodologies.

Keywords: Energy efficiency, Thermal comfort of buildings, RCCTE, REH, Comparative Analysis.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Nomenclatura/Siglas.....	xix
1 Capítulo I – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Objectivos.....	1
1.3 Estrutura do trabalho.....	2
2 Capítulo II – Conforto térmico.....	3
2.1 Índices de conforto térmico e normalização.....	3
2.1.1 ISO7730:2005- Ambientes térmicos moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para o conforto.....	5
2.1.2 ISO 7726:1998 – Ambientes térmicos – Instrumentos e métodos para medição dos parâmetros físicos.....	6
2.1.3 ISO 8996:2004 – Ergonomia – Determinação da taxa de calor metabólico.....	6
2.1.4 ISO 10551:1995 – Ergonomias de ambientes térmicos – Verificação da influência do ambiente térmico usando escalas subjectivas de julgamento.....	7
2.1.5 ISO 9920:2007 – Ergonomia de ambientes térmicos – Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de uma indumentária.....	7
2.1.6 ANSI/ASHRAE 55:2004 – Ambientes térmicos – Condições para ocupação humana	7
2.1.7 EN 1521:2007 – Parâmetros ambientais interiores para projecto e avaliação do desempenho energético de edifícios abordando a qualidade do ar, ambiente térmico iluminação e acústica.....	8
3 Capítulo III - Eficiência energética e respectiva legislação.....	11
3.1 Situação energética em Portugal.....	11
3.2 Regulamentação Nacional.....	14
4 Capítulo IV- Análise comparativa entre o RCCTE e a Nova proposta legislativa.....	19

4.1	Estrutura dos documentos	19
4.2	Âmbito da aplicação.....	19
4.3	Dados climáticos em Portugal.....	19
4.3.1	RCCTE.....	19
4.3.2	Nova proposta legislativa	21
4.3.3	Análise comparativa.....	27
4.4	Requisitos da qualidade térmica na envolvente dos edifícios	27
4.4.1	Inércia térmica.....	27
4.4.1.1	RCCTE.....	27
4.4.1.2	Nova proposta legislativa	29
4.4.1.3	Análise comparativa.....	30
4.4.2	Envolvente opaca	30
4.4.2.1	RCCTE.....	30
4.4.2.2	Nova proposta legislativa	32
4.4.2.3	Análise comparativa.....	34
4.4.3	Vãos envidraçados.....	34
4.4.3.1	RCCTE.....	34
4.4.3.2	Nova proposta legislativa	36
4.4.3.3	Análise comparativa.....	37
4.5	Cálculo dos ganhos solares brutos nas estações de aquecimento e arrefecimento	38
4.5.1	Introdução.....	38
4.5.2	RCCTE.....	38
4.5.3	Nova proposta legislativa	40
4.5.4	Análise comparativa.....	44
4.5.5	Factores solares na estação de aquecimento.....	44
4.5.5.1	RCCTE.....	44
4.5.5.2	Nova proposta legislativa	48
4.5.5.3	Análise comparativa.....	50
4.5.6	Factores solares na estação de arrefecimento.....	50
4.5.6.1	RCCTE.....	50
4.5.6.2	Nova proposta legislativa	51
4.5.6.3	Análise comparativa.....	52
4.6	Parâmetros de caracterização térmica	52

4.6.1	RCCTE.....	52
4.6.2	Nova proposta legislativa.....	53
4.6.3	Análise comparativa.....	57
4.7	Pontes térmicas lineares.....	57
4.7.1	RCCTE.....	57
4.7.2	Nova proposta legislativa.....	58
4.7.3	Análise comparativa.....	59
4.8	Taxas de renovação de ar.....	59
4.8.1	RCCTE.....	59
4.8.1.1	Edifícios ventilados naturalmente.....	59
4.8.1.2	Edifícios ventilados mecanicamente.....	61
4.8.2	Nova proposta legislativa.....	62
4.8.2.1	Edifícios ventilados naturalmente.....	62
4.8.2.2	Edifícios ventilados mecanicamente.....	70
4.8.3	Análise comparativa.....	71
4.9	Requisitos energéticos.....	71
4.9.1	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N _{ic}).....	72
4.9.1.1	Perdas de calor por condução através da envolvente exterior (Q _t).....	72
4.9.1.1.1	RCCTE.....	72
4.9.1.1.2	Nova proposta legislativa.....	75
4.9.1.1.3	Análise comparativa.....	77
4.9.1.2	Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q _v).....	77
4.9.1.2.1	RCCTE.....	77
4.9.1.2.2	Nova proposta legislativa.....	77
4.9.1.2.3	Análise comparativa.....	78
4.9.1.3	Ganhos térmicos úteis (Q _{gu}).....	78
4.9.1.3.1	RCCTE.....	78
4.9.1.3.2	Nova proposta legislativa.....	79
4.9.1.3.3	Análise comparativa.....	81
4.9.2	Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N _i)	
	82	
4.9.2.1	RCCTE.....	82
4.9.2.2	Nova proposta legislativa.....	83

4.9.2.3	Análise comparativa	85
4.9.3	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc).....	85
4.9.3.1	RCCTE	85
4.9.3.2	Nova proposta legislativa	87
4.9.3.3	Análise comparativa	89
4.9.4	Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nv)	89
4.9.4.1	RCCTE	89
4.9.4.2	Nova proposta legislativa	89
4.9.4.3	Análise comparativa	90
4.9.5	Necessidades nominais anuais de energia útil na preparação de água quente sanitária, AQS (Nac)	91
4.9.5.1	RCCTE	91
4.9.5.2	Nova proposta legislativa	92
4.9.5.3	Análise comparativa	93
4.9.6	Limitação das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS (Na) .	94
4.9.6.1	RCCTE	94
4.9.6.2	Nova proposta legislativa	94
4.9.6.3	Análise comparativa	96
4.9.7	Necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc).....	96
4.9.7.1	RCCTE	96
4.9.7.2	Nova proposta legislativa	97
4.9.7.3	Análise comparativa	103
4.9.8	Limitações das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Nt) ...	103
4.9.8.1	RCCTE	103
4.9.8.2	Nova proposta legislativa	104
4.9.8.3	Análise comparativa	105
4.10	Programa "SolTerm 5.0"	105
4.11	Classe energética	106
4.11.1	RCCTE	106
4.11.2	Nova proposta legislativa	107
4.11.3	Análise comparativa	108
5	Capítulo V - Caso em estudo.....	109

5.1	Introdução	109
5.2	RCCTE (DL80/2006).....	111
5.2.1	Dados climáticos	111
5.2.2	Definição das envolventes da fracção autónoma.....	111
5.2.2.1	Determinação do factor de redução de temperatura, τ	112
5.2.2.2	Marcação das envolventes.....	112
5.2.3	Definição do sistema de preparação das AQS.....	113
5.2.4	Definição do sistema de climatização	114
5.2.5	Definição do sistema de ventilação	114
5.2.6	Cálculo dos parâmetros e coeficientes necessários ao balanço energético	114
5.2.6.1	U em zona corrente	114
5.2.6.2	U nas PTP (pontes térmicas planas).....	117
5.2.6.3	Pontes térmicas lineares	118
5.2.6.4	Factores solares dos envidraçados.....	119
5.2.6.5	Inércia térmica.....	121
5.2.7	Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica.....	122
5.2.7.1	U em zona corrente	122
5.2.7.2	U nas PTP (Pontes térmicas lineares).....	123
5.2.7.3	Envidraçados	123
5.2.8	Verificações regulamentares	124
5.3	Nova proposta legislativa.....	124
5.3.1	Dados climáticos	124
5.3.2	Definição das envolventes da fracção autónoma.....	125
5.3.2.1	Determinação do factor de redução de temperatura btr.....	125
5.3.2.2	Marcação das envolventes.....	125
5.3.3	Definição do sistema de preparação das AQS.....	126
5.3.4	Definição do sistema de climatização	126
5.3.5	Definição do sistema de ventilação	127
5.3.6	Cálculo dos parâmetros e coeficientes necessários ao balanço térmico.....	127
5.3.6.1	U em zona corrente	127
5.3.6.2	U nas PTP (pontes térmicas planas).....	127
5.3.6.3	Pontes térmicas lineares	127

5.3.6.4	Factores solares dos envidraçados.....	129
5.3.6.5	Inércia Térmica.....	131
5.3.7	Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica	131
5.3.7.1	U em zona corrente.....	131
5.3.7.2	U nas PTP (pontes térmicas planas)	132
5.3.7.3	Envidraçados	132
5.3.8	Cálculos regulamentares.....	133
5.3.8.1	Cálculo dos valores de N_{ic} e N_i	133
5.3.8.2	Cálculo dos valores de N_{vc} e N_v	139
5.3.8.3	Cálculo do Q_a	141
5.3.8.4	Cálculo e verificação do N_{tc}	142
5.3.8.5	Verificação regulamentar	142
5.3.9	Análise comparativa dos resultados obtidos através RCCTE e a nova proposta legislativa (REH).....	142
6	Capítulo VII - Considerações finais	147
	Bibliografia.....	149
	Bibliografia consultada.....	149
	Referências bibliográfica.....	149
	Sites consultados	151
	ANEXOS.....	i
	ANEXO I - Peças desenhadas do projecto de arquitectura	i
	ANEXO II - Ângulos de obstrução	i
	ANEXO III - Folhas de cálculo do RCCTE.....	i
	ANEXO IV - Listagem "SolTerm 5.0"	i

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Relação entre os índices PPD e PMV. Fonte: ISO 7730:2005.....	6
Figura 2.2 - Intervalos de conforto de temperaturas operativas para espaços não climatizados "temperaturas médias mensais do ar exterior" "temperaturas interiores"	8
Figura 2.3 - Limites de conforto superiores e inferiores para as temperaturas interiores de edifícios em regime de funcionamento livre, em função da temperatura média exterior "execução da temperatura média exterior" "temperatura de conforto"	9
Figura 3.1 - Evolução do consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) no consumo total de energia, 1989-2009, Fonte: Balanço Energético DGEG 2013	11
Figura 3.2 - Repartição do consumo de energia final por sector, nos anos de 2009 e 2001 (Fonte: DGEG,2013)	12
Figura 3.3 - Estrutura de consumo no sector Doméstico em 2010 (Fonte: DGEG, 2013).....	12
Figura 3.4 – Despesas associadas ao consumo de energia no sector Doméstico em 2010 (Fonte: DGEG 2013)	13
Figura 3.5 - Repartição dos consumos energéticos no sector doméstico a nível nacional, através do ICESD, inquérito ao consumo de energia no sector doméstico. (Fonte: DGEG 2013)	14
Figura 4.1 - Zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita)para Portugal continental (Fonte: RCCTE, Anexo III).....	20
Figura 4.2 - Zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita), da nova proposta de Legislação	22
Figura 4.3 - Classificação dos elementos segundo a posição na estrutura.	28
Figura 4.4 - Coeficiente de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos. Fonte: Documento RCCTE 2006	30
Figura 4.5 - Tipos de envolvente.....	31
Figura 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	32
Figura 4.7 – Valores do factor solar máximo admissível de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem.....	36
Figura 4.8 - Fracção de tempo em que os dispositivos móveis se encontram activados, F_w, v .Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	43
Figura 4.9 - Esquema da implantação dos edifícios e obstruções a considerar em planta, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006	45
Figura 4.10 - Vista lateral (alçados) dos edifícios e determinação do ângulo de horizonte $-\alpha$, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006	45
Figura 4.11 - Exemplos de medição do ângulo α de elementos horizontais sobrepostos ao vão envidraçado em corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006.....	46
Figura 4.12 - Exemplos de medição do ângulo β de elementos verticais sobrepostos ao vão envidraçado em corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006.....	47
Figura 4.13 - Ângulo de horizonte em corte α em planta, alçado e corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006.....	49
Figura 4.14 - Valores dos factores de sombreamento de elementos horizontais F_0 na estação de arrefecimento, Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	51
Figura 4.15 - Valores do factor de sombreamento de elementos verticais F_f na estação de arrefecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	51
Figura 4.16 - Valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	54

Figura 4.17 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico, <i>Ubf</i> . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	55
Figura 4.18 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal, <i>Ubf</i> Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	56
Figura 4.19 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical, <i>Ubw</i> . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	56
Figura 4.20 - Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno, <i>Ubw</i> . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	56
Figura 4.21 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica linear. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	58
Figura 4.22 - Folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC para o calculo do Rph, taxa de renovação de ar.....	64
Figura4.23 -Valores do coeficiente de pressão <i>Cpi</i>	65
Figura 4.24 - Classe de protecção ao vento da fracção	66
Figura 4.25 - Indicação das dimensões relevantes para avaliar a protecção ao vento da fracção	66
Figura 4.26 - Parâmetros para o cálculo da velocidade média do vento	67
Figura 4.27 - Constante da curva característica de condutas de ventilação natural, C. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	69
Figura 4.28 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, <i>Uref</i>	84
Figura 4.29 - Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, <i>ψref</i>	84
Figura 4.30 – Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	95
Figura 4.31 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	95
Figura 4.32 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores	95
Figura 4.33 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do Nt. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	105
Figura 4.34 - Classe energética de edifícios e valores limite das respetivas classes. (Fonte ADENE, 2010).....	107
Figura 5.1 - Representação do edifício em estudo, alçado Norte	109
Figura 5.2 - Plantas dos pisos do edifício, piso da Cave, R/C e 1º Piso, respectivamente	110
Figura 5.3 - Envolventes da fracção autónoma, Cave, R/C e 1º Piso, respectivamente.....	113
Figura 5.4 - Marcação das envolventes do piso da cave, segundo a nova proposta legislativa	126

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Escala de sensação térmica – adaptado. Fonte: ISO 7730:2005	6
Tabela 4.1 - Zoneamentos climáticos detalhados por NUTS de nível III, Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE aos peritos qualificados	24
Tabela 4.2 – Valor de referência e respectivos declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	25
Tabela 4.3 - Valor de referência e respectivos declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE	26
Tabela 4.4 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dados climáticos	27
Tabela 4.5 – Valores máximos de <i>Msi</i> em função dos elementos de construção no edifício	29
Tabela 4.6 - Classes de Inércia térmica Interior (<i>It</i>).....	29
Tabela 4.7 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, btr. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE.....	33
Tabela 4.8 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dados climáticos	34
Tabela 4.9 - Factores solares máximos admissíveis de vão envidraçados	37
Tabela 4.10 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos vão envidraçados.....	37
Tabela 4.11 - Factor de orientação para as diferentes exposições.....	40
Tabela 4.12 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente ao <i>g</i> \perp nas diferentes estações	44
Tabela 4.13 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dos ganhos térmicos úteis	82
Tabela 4.14 - Formulas de cálculo de Ni conforme o valor de FF.....	83
Tabela 4.15 - Necessidades nominais de referência de arrefecimento.....	89
Tabela 5.1 - Elementos base para a execução do estudo térmico do edifício no Concelho do Porto	111
Tabela 5.2 - Resumo do cálculo do factor Fs na estação de aquecimento	120
Tabela 5.3 - Resumo do cálculo do factor Fs na estação de arrefecimento.....	121
Tabela 5.4 - Cálculo da inércia térmica da fracção em estudo.....	122
Tabela 5.5 - Verificações regulamentares da fracção autónoma em estudo.....	124
Tabela 5.6 - Dados climáticos da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta legislativa	125
Tabela 5.7 - Resumo do cálculo do factor Fs segundo a nova proposta legislativa para a estação de aquecimento	130
Tabela 5.8 - Resumo do cálculo do factor Fs segundo a nova proposta legislativa para a estação de arrefecimento.....	131
Tabela 5.9 - Verificação regulamentar dos envidraçados da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta	133
Tabela 5.10 - Resumo do cálculo do Hext	134
Tabela 5.11 - Resumo do cálculo do Henu e Hadj.....	135
Tabela 5.12 - Resumo do cálculo do Hecs	135
Tabela 5.13 - Resumo do cálculo dos ganhos solares brutos pelos envidraçados na estação de aquecimento	136
Tabela 5.14 - Resumo do cálculo do Hext de referência.....	138
Tabela 5.15 - Resumo do cálculo do Henu e Hadj de referência	138

Tabela 5.16 - Resumo do cálculo do Hecs de referência	139
Tabela 5.17 - Resumo do cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados e envolvente opaca na estação de arrefecimento	140
Tabela 5.18 - Verificações regulamentares da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta	142
Tabela 5.19 - Resumo comparativo dos valores utilizados para o cálculo regulamentar.....	143
Tabela 5.20 - Resumo comparativo dos valores utilizados para o cálculo regulamentar.....	143
Tabela 5.21 - Resumo comparativo das metodologias de cálculo.....	144

Nomenclatura/Siglas

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

ISO - International organization for standardization

ASHRAE - American society of heating, refrigerating and Air-conditioning Engineers

CEN – European Committee for Standardization

PMV- Voto médio estimado

PPD – Percentagem previsível de insatisfeitos

M – Taxa de metabolismism

SCATs – Smart controls and Thermal Comfort

ADENE - Agência para energia

DGEG - Direcção geral de energia e geologia

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Nic - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

Ni - Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento

Nvc - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento

Nv - Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento

AQS - Água quente sanitária

Nac - Necessidades nominais anuais de energia útil para a preparação de AQS

Na - Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para a preparação de AQS

Ntc - Necessidades nominais anuais de energia primária

Nt - Limitação das necessidades nominais anuais de energia primária

1 Capítulo I – Introdução

No capítulo I apresenta-se a motivação e enquadramento do presente trabalho, bem como os seus objectivos e estrutura

1.1 Enquadramento do tema

O conforto ambiental propiciado pelos edifícios aos que o ocupam assume uma crescente importância na fase de projecto e construção, uma vez que este é um factor que condiciona a saúde e bem-estar de quem os utiliza, mas cada vez mais existe a preocupação que esse conforto seja conseguido com gastos mínimos de energia.

A par do desenvolvimento tecnológico e da melhora do nível de vida da sociedade, a realização dos edifícios que o homem ocupa, quer para utilização como habitação, para local de trabalho ou para espaço de lazer, passou a ser dirigida por uma série de exigências funcionais, onde o conforto ganha um especial destaque, uma vez que este é de instantânea percepção pelo utilizador.

Tendo em conta que no dia-a-dia o Homem, passa a sua maior parte do tempo, no interior dos espaços dos edifícios, é de grande importância que os edifícios ofereçam níveis de conforto apropriados. Estes níveis podem ser avaliados com base em factores tais como: A qualidade do ar interior, o ruído, a iluminação e o ambiente térmico, entre outros. Neste âmbito, e tendo em conta a condição de homeotermia do Homem (conservação de uma temperatura interna corporal aproximadamente constante), o balanço térmico entre o corpo humano e o ambiente que o rodeia ganha importância entre os factores anteriormente referidos, uma vez que qualquer alteração das condições do meio ambiente podem acrescentar um esforço biológico adicional para a recuperação da situação homeotérmica, acentuando assim a sensação de desconforto e também de fadiga, criando efeitos negativos para a saúde e rendimento dos que ocupam esses espaços.

1.2 Objectivos

Tendo em conta que o estudo do conforto térmico dos edifícios representa uma tarefa com um vasto espectro de tipologias, arquitectura e utilizações tipo, há que definir e demarcar o objecto de estudo deste trabalho. Por isso, opta-se por realizar uma avaliação as condições de conforto térmico referidas para os edifícios residenciais.

Revela-se importante também estudar até que ponto o edifício, apenas pelas suas características construtivas, consegue garantir as condições de clima interior que conduzem a sensação de conforto térmico, sem recorrer ao uso de equipamentos mecânicos de climatização, para desta forma procurar garantir um menor consumo energético.

Este trabalho tem por principal objectivo verificar em que medida a nova proposta legislativa para o estudo do conforto térmico de edifícios de habitação vai alterar a abordagem do tema, os cálculos nominais e a própria classificação energética, ou seja também irá dar um especial enfoque as diferenças existentes entre a nova proposta legislativa e o DL 80/2006, estando este ainda em vigor.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído por oito capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução onde se enquadra o tema do trabalho, dá-se a conhecer a motivação, enunciam-se os objectivos e apresenta-se a organização e estrutura. No segundo capítulo, aborda-se a noção de conforto térmico, enunciando os seus diferentes índices e normalização. No terceiro capítulo, trata-se o tema da eficiência energética, no âmbito da situação existente em Portugal e é apresentada a regulamentação nacional existente. No capítulo quatro, é efectuada a análise comparativa de duas legislações: O RCCTE e a nova proposta legislativa (REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação), é feita a comparação a nível estrutural, do âmbito de aplicação e a metodologia de cálculo utilizada. No quinto capítulo, é apresentado um caso de estudo que vai servir como exemplo para aplicação das metodologias de cálculo da classe de eficiência energética e onde será efectuada uma comparação dos resultados obtidos. No capítulo seis, são referidas algumas considerações finais.

2 Capítulo II – Conforto térmico

O conforto térmico é um estado associado ao funcionamento da mente humana e traduz a satisfação que se sente perante as condições de ambiente térmico existente. A semelhança das outras formas de conforto, o térmico evidencia uma difícil explicação, na medida que depende da satisfação de determinadas condições fisiológicas, mas será igualmente condicionado por situações subjectivas de nível pessoal, onde a sua quantificação se torna bastante complexa. Geralmente, associado à noção de conforto, utiliza-se o de desconforto térmico, sendo a situação onde o indivíduo perante o ambiente interior pode experimentar alguma situação que o deixaria sentir calor ou frio. Por exemplo: correntes de ar, as mãos ou os pés frios, sentir calor ou frio, etc.

Como acima exposto, a noção de conforto térmico familiariza-se com a satisfação de aspectos físico-biológicos que resultam da condição de homeotermia do homem, fazendo com que o corpo humano funcione a uma temperatura constante, variando estas entre os 36°C e os 37°C, em condições de saúde. A conservação desta temperatura é alcançada através do aparelho termo regulador que, caso constate o aumento das perdas ou a redução dos ganhos de calor, utiliza um conjunto de mecanismos de autoprotecção, tais como: os arrepios, a vasodilatação, a vasoconstrição e a exsudação o que leva que tenhamos a sensação de desconforto e por vezes fadiga. Assim sendo, esta sensação encontra-se ligada a um estado de neutralidade térmica, este é induzido pelo balanço térmico das trocas de calor que se geram entre o corpo humano e o meio ambiente que os rodeia, sendo representado pela Equação (2.1):

$$METABOLISMO = TROCAS\ DE\ CALOR\ POR\ (CONDUÇÃO + CONVECCÃO + RADIAÇÃO + EVAPORAÇÃO) \quad (Eq. 2.1)$$

Mesmo assim, existe uma contínua interacção entre o corpo e o ambiente concretizando-se em trocas de calor que são dirigidas pelas leis da física, influenciadas e condicionadas por factores ambientais, individuais e mecanismos de adaptação fisiológica.

2.1 Índices de conforto térmico e normalização

Como já foi referido no enquadramento desta dissertação, o crescimento das preocupações relativamente ao conforto térmico propiciado pelos ambientes interiores segue a par da melhoria das condições de vida das sociedades, em paralelo com o desenvolvimento económico e industrial e actualmente com grandes preocupações ao nível da sustentabilidade desses mesmos espaços interiores.

Dependendo o equilíbrio térmico de várias condições, no decorrer do tempo têm sido realizados diversos estudos com o objectivo de resumir num só parâmetro os vários factores que condicionam o estabelecimento de características do conforto térmico para os utilizadores, permitindo também constituir intervalos de conforto referentes a este mesmo parâmetro sintetizador.

Para fazer a avaliação das situações a que o corpo humano está submetido, sendo exposto a situações ambientais utilizam-se métodos ou critérios, que se determinam principalmente em função do:

- Nível de actividade – o nosso metabolismo traduz-se por uma quantidade de energia produzida por unidade de tempo. Por exemplo, no caso de um homem teremos:
 - Em descanso – 58 a 70 W/m²
 - Em actividade ligeira – 116 a 198W/m²
 - O andar – 116 a 267 W/m²
 - A dançar – 140 a 256 W/m²
- Vestuário – o vestuário fornece ao homem uma resistência térmica relativamente ao ambiente, que poderá ser estimada da seguinte forma:
 - Vestuário leve (t-shirt e calções) – 0.05m²°C/W
 - Fato – 0.16 m²°C/W
 - Fato e sobretudo – 0.23 a 0.31 m²°C/W
- Temperatura do ar – este é o mais simples e prático indicador da sensação de calor ou frio que um ocupante de um compartimento poderá experimentar. Normalmente, a temperatura do ar é medida com o auxílio a um termómetro, porém esta temperatura pode ser influenciada pela distribuição do ar devido a diferença de densidades entre o ar frio e o ar quente, da dimensão do compartimento, do tipo de aquecimento, da temperatura média radiante e mesmo da ventilação existente.
- Temperatura média radiante – esta temperatura é obtida através das temperaturas das superfícies da envolvente, ponderadas em função das suas respectivas áreas, do seu posicionamento e capacidade de transferência de calor. O desconforto pode ser obtido tanto por superfícies com baixa temperatura radiante, relativamente a estação de Inverno, como por superfícies com alta temperatura, situação que geralmente ocorre no verão devido a radiação solar, ex: janelas frias ou quentes.
- Movimento do ar – a velocidade do ar aumenta ou diminui a evaporação e o consequente arrefecimento corporal. Quando a temperatura ambiental está mais elevada que a temperatura da pele, que será em média de 34°C, o aumento da velocidade do ar, reduzindo a resistência térmica da fina camada de ar que envolve o corpo, causa uma sensação de desconforto térmico. Sendo assim deve-se evitar, na medida do possível, as velocidades do ar elevadas, sobretudo na estação climática caracterizada por baixas temperaturas.
- Humidade – este factor também tem impacto na sensação de desconforto térmico, causando problemas respiratórios. Se a humidade relativa, Hr, for superior a 80%, para uma temperatura de cerca de 20°C, ou inferior a 20%, para uma temperatura de 25°C, o nosso organismo irá, possivelmente, sentir-se desconfortável.

O estudo do ambiente térmico é baseado em normas que abordam a cinemática do conforto térmico em edifícios, que foram realizadas na sua grande maioria pela ISO, pela ASHRAE e a mais recente norma por parte do CEN.

2.1.1 ISO7730:2005- Ambientes térmicos moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para o conforto

Esta norma aplica-se a ambientes moderados (ambiente onde não existe uma grande variação de temperatura entre a estação de Inverno e a estação de Verão), adaptando o método desenvolvido por Fanger (1970) e que assenta no conhecimento das diferentes variáveis que integram a equação do balanço térmico. Procede-se a determinação da taxa de calor acumulado (S) e determina-se por via da Equação (2.2) o voto médio estimado (PMV). Esta equação surge da sequência do trabalho de Fanger que definiu uma escala de sensação térmica de sete níveis (ver Tabela 2.1), para traduzir o grau de desconforto associado às diferentes combinações das variáveis ambientais e pessoais testadas em câmaras climatizadas. Este índice depende de parâmetros físicos do ambiente interno, nomeadamente da temperatura do ar, da temperatura radiante média, da velocidade e da humidade do ar, bem como de parâmetros pessoais, tais como a actividade desenvolvida e o vestuário utilizado.

$$PMV = (0,303e^{-0.036M} + 0,028) \times S \quad (\text{Eq. 2.2})$$

É de salientar que a aplicação de esta equação é aconselhável apenas se respeitadas as seguintes condições:

- Taxa de metabolismo, $M= 46$ a $232 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- Resistência térmica do vestuário, $I_{cl}= 0$ a $0.310 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$;
- Temperatura do Ar, $\theta_a= 10$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Temperatura radiante média, $\bar{\theta}_r= 10$ a $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Velocidade do Ar, $v_a= 0$ a 1 m/s ;
- Pressão de vapor, $p_w= 0$ a 2700 Pa (com humidade relativa entre 30 e 70%)

Voto	Sensação Térmica
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Leve sensação de frio
0	Neutralidade térmica
+1	Leve sensação de calor
+2	Calor
+3	Muito calor

Tabela 2.1 - Escala de sensação térmica – adaptado. Fonte: ISO 7730:2005

Para além do índice acima indicado, Fanger propôs um outro indicador que, nele baseado, estimasse a percentagem previsível de insatisfeitos - PPD. O cálculo do índice PPD é feito através da Equação (2.3):

$$PPD = 100 - 95e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

a relação entre os índices PMV e PPD pode ser interpretada através de um gráfico, como ilustrado na Figura 2.1

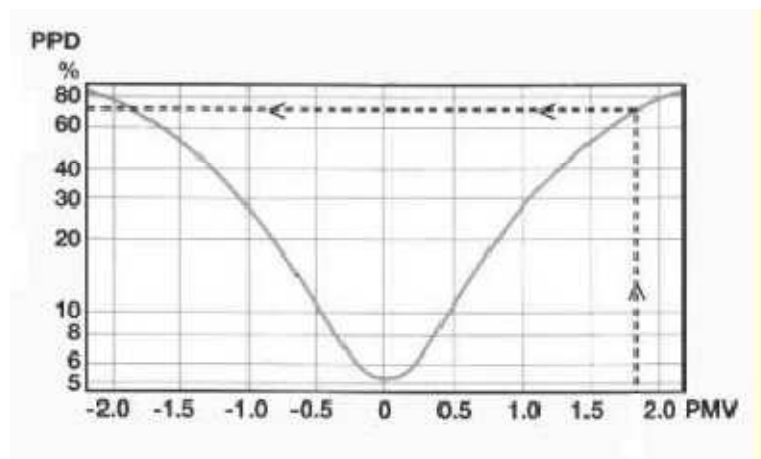


Figura 2.1 - Relação entre os índices PPD e PMV. Fonte: ISO 7730:2005

Através do gráfico pode-se observar que não é possível atingir uma taxa de insatisfação nula (PPD=0%), que correspondendo ao valor de neutralidade térmica, PMV=0 um valor de 5% de insatisfação, o que seria de esperar atendendo ao carácter subjectivo desta noção de conforto.

2.1.2 ISO 7726:1998 – Ambientes térmicos – Instrumentos e métodos para medição dos parâmetros físicos

O principal objectivo desta norma, é a explicação dos parâmetros físicos de ambientes térmicos e os seus respectivos métodos de medição. Esta norma também especifica as características mínimas dos equipamentos e dos sistemas de medição dos factores físicos que identificam os ambientes internos, quer no caso do estudo do conforto térmico em ambientes moderados, quer no estudo de stress térmico quando o corpo humano é submetido a ambientes térmicos extremos.

2.1.3 ISO 8996:2004 – Ergonomia – Determinação da taxa de calor metabólico

A seguinte norma tem como principal objecto estabelecer uma metodologia para a obtenção da taxa de produção de calor metabólico, sendo este necessário para determinar a variável M – taxa de metabolismo – que é inserida na equação do Balanço Térmico entre o corpo humano e o ambiente que o rodeia.

2.1.4 ISO 10551:1995 – Ergonomias de ambientes térmicos – Verificação da influência do ambiente térmico usando escalas subjectivas de julgamento

Esta norma estabelece dados e bases para a elaboração, e respectivo uso, de escalas de avaliação, que possibilitam a recolha de informação comparável sobre os factores subjectivos do conforto térmico.

2.1.5 ISO 9920:2007 – Ergonomia de ambientes térmicos – Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de uma indumentária

A seguinte norma sugere sistemas para a estimativa da resistência à perda de energia calorífica sensível e a perda lenta de calor em condições de regime constante para distintas indumentárias.

2.1.6 ANSI/ASHRAE 55:2004 – Ambientes térmicos – Condições para ocupação humana

Esta norma particulariza as condições para a validação das condições associadas aos ambientes internos para a maioria de um grupo de ocupadores que estejam a utilizar o mesmo espaço físico e, por consequência, estando todos expostos as mesmas características ambientais. Entendendo-se como maioria do grupo um valor acima dos 80% das pessoas que integram esse mesmo grupo.

A norma, de igual modo que a norma ISO 7730:2005, elabora também uma abordagem analítica com base nos índices de conforto térmico PMV e PPD.

Apesar disso, a norma ANSI/ASHRAES "Standard" 55:2004, na sua mais recente revisão que ocorreu em 2004, passou a considerar um modelo que adapta a avaliação de conforto térmico, restringindo a sua aplicação a edifícios que não possuem equipamentos de climatização. Esse modelo está representado na Figura 2.2, onde se estabelece a relação entre os intervalos de conforto para as temperaturas interiores em função das temperaturas médias mensais externas e que resultou da aplicação dos princípios adaptativos que começaram a ser considerados na revisão de esta norma e que foram alvo de um grande e complexo programa de desenvolvimento.

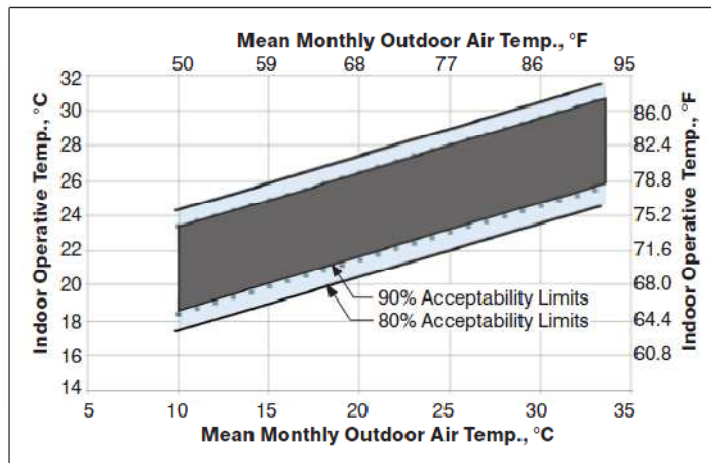


Figura 2.2 - Intervalos de conforto de temperaturas operativas para espaços não climatizados "temperaturas médias mensais do ar exterior" "temperaturas interiores"

A equação que serve por base a esta norma para o cálculo da temperatura interna neutral de conforto em função da temperatura média exterior mensal foi proposta por De Dear (1998) e traduzida pela Equação (2.4):

$$\theta_n = 17,8 + 0,31 \overline{\theta_{me}} \quad (^\circ\text{C}) \quad (\text{Eq. 2.4})$$

Onde:

θ_n - Temperatura interior

$\overline{\theta_{me}}$ - Temperatura média mensal exterior

2.1.7 EN 1521:2007 – Parâmetros ambientais interiores para projecto e avaliação do desempenho energético de edifícios abordando a qualidade do ar, ambiente térmico iluminação e acústica

Esta norma Europeia propôs, tal como a norma descrita no ponto anterior, duas metodologias de avaliação de conforto: uma que, de igual forma que duas das normas anteriormente descritas, recorre aos índices PMV e PPD, e outra que faz uso de um modelo adaptativo que resulta do projecto de investigação europeu SCATs, que foi desenvolvido em distintos países Europeus. Em Portugal também foi desenvolvido um projecto na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

O algoritmo que serve por base a este estudo, e adoptado por esta norma europeia, possibilita aos países Europeus o cálculo da temperatura interior de conforto, em função da temperatura que se faz sentir no exterior. Este modelo considera quatro categorias de edifícios, sendo que a divisão tem efeitos nos intervalos de conforto estabelecidos segundo a temperatura de conforto calculada com o

auxílio do modelo. O edifício de classe I terá um menor intervalo de conforto (quanto maior a expectativa menor é a tolerância) e a um edificado de classe IV um maior intervalo de conforto, como se pode verificar através da Figura 2.3.

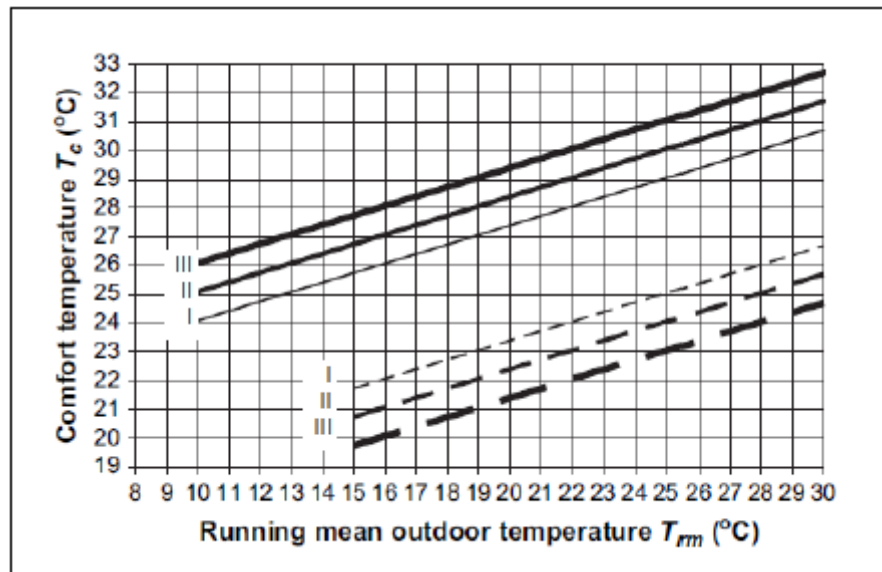


Figura 2.3 - Limites de conforto superiores e inferiores para as temperaturas interiores de edifícios em regime de funcionamento livre, em função da temperatura média exterior "execução da temperatura média exterior" "temperatura de conforto"

Como se pode observar na Figura 2.3, as temperaturas interiores de conforto são em função da variável temperatura média exterior - T_{RM}^n . O cálculo de esta temperatura efectua-se através da Equação (2.5) tipo:

$$T_{RM}^n = c \cdot T_{RM}^{n-1} + (1 - c) \cdot T_{DM}^{n-1} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Sendo:

T_{RM}^n - Temperatura média exterior exponencialmente ponderada do dia n (°C)

T_{RM}^{n-1} - Temperatura média exterior exponencialmente ponderada do dia n-1 (°C)

T_{DM}^{n-1} - Temperatura média exterior do dia n-1 (°C)

c – Parâmetro que varia entre 0 e 1 que define a velocidade de resposta da T_{RM} face às alterações da temperatura da envolvente exterior. Os resultados apontam o valor de c para países Europeus será igual a 0,8.

3 Capítulo III - Eficiência energética e respectiva legislação

3.1 Situação energética em Portugal

Os edifícios são objectos construídos onde o homem passa mais de 80% do tempo da sua vida, pelo que devem oferecer condições adequadas de conforto e de qualidade do ar interior. Os consumos de energia, que estão associados à satisfação destas condições, assumem por vezes valores com grande significado, e os edifícios, incluindo residenciais e de serviços, constituem o sector com maior consumo energético do país.

Com base na informação do Balanço Energético (é um termo usado na climatologia para indicar a quantidade de energia produzida, em relação à quantidade de energia utilizada) o consumo de energia no sector doméstico em Portugal, não incluindo o consumo de combustíveis nos veículos utilizados no transporte individual dos que habitam no edifício, representava, em 2009, 17,7% do total do consumo final de energia, o que correspondia a uma taxa média de crescimento anual de 1,5% entre os anos de 1989 e 2009.

Entre os anos 1989 e 2001 registou-se uma diminuição do contributo do sector doméstico no consumo total de energia em cerca de 4,9%, contudo a partir desse ano registou-se uma inversão da tendência, assim sendo verificou-se um acréscimo de 1,1% no período 2002-2007.

A nível de consumo (tep, unidade de energia, tonelada equivalente de petróleo), em 2008 verificou-se uma redução significativa de 2,8% em relação a 2007, voltando a aumentar em 2009 (2,5%) em relação ao ano anterior.

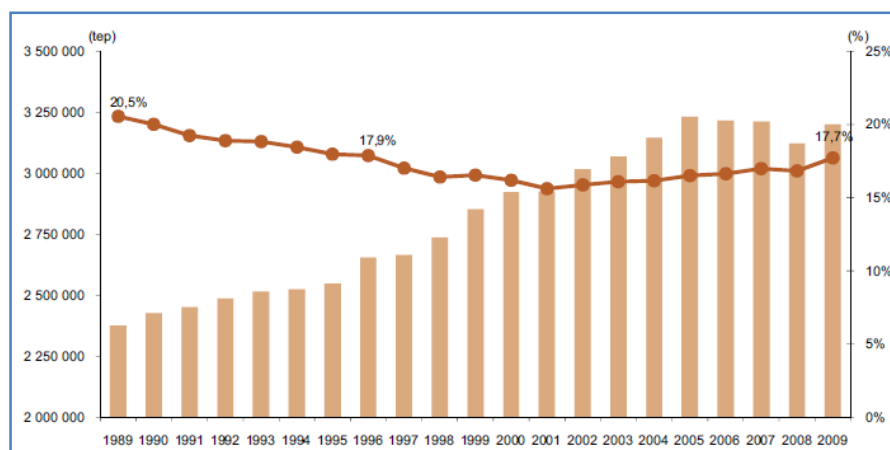


Figura 3.1 - Evolução do consumo no sector doméstico (tep) e peso (%) no consumo total de energia, 1989-2009, Fonte: Balanço Energético DGEG 2013

Analisando os consumos globais no sector doméstico, pode observar-se um crescimento constante até 2005, ano onde se verifica uma inversão na tendência, podendo verificar-se uma quebra no consumo em 2008 e uma recuperação em 2009.

Tendo como base o Balanço Energético de 2009, o sector doméstico representa a terceira maior parcela de consumidores de energia logo a seguir dos sectores de transportes (37,5%) e da indústria

(30,5%). É importante realçar, uma vez mais, que o consumo de energia no sector doméstico, não inclui o consumo de combustíveis nos veículos utilizados como transporte individual dos seus ocupantes.

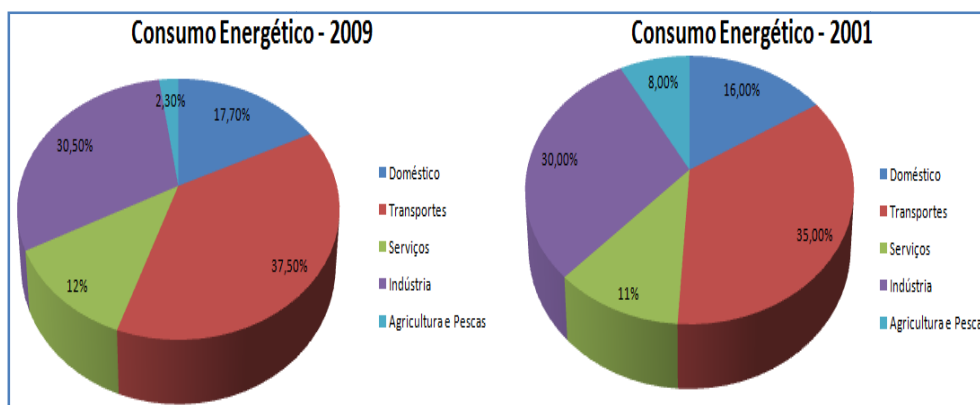


Figura 3.2 - Repartição do consumo de energia final por sector, nos anos de 2009 e 2001 (Fonte: DGEG,2013)

Em 2010, 42% do consumo total do sector residencial recorre à utilização de energia eléctrica, valor que corresponde a uma importante percentagem das despesas em energia das famílias portuguesas (62%).(DGEG,2013).

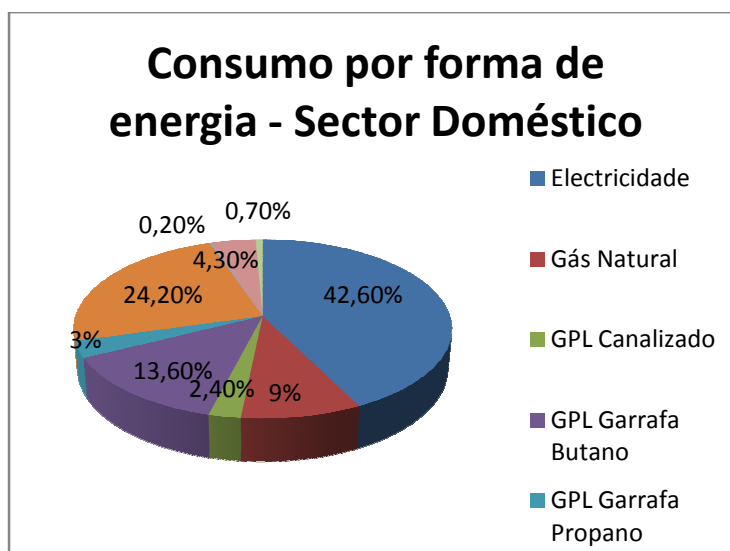


Figura 3.3 - Estrutura de consumo no sector Doméstico em 2010 (Fonte: DGEG, 2013)

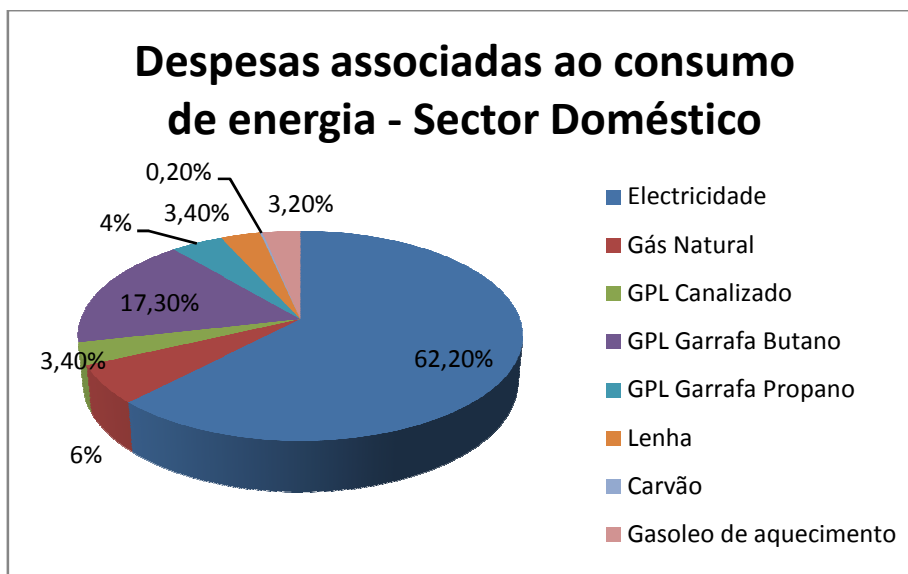


Figura 3.4 – Despesas associadas ao consumo de energia no sector Doméstico em 2010 (Fonte: DGEG 2013)

Em Portugal, a construção residencial reúne cerca de 3,9 milhões de edifícios, considerando-se que o consumo de energia eléctrica, desde 1996 até 2010, aumentou de 28% até 42% o que resulta de uma média anual na ordem de 1%, superior ao que se pode verificar para as restantes fontes energéticas. Comparando os dados de 2002 e de 2010, o consumo de electricidade era de 11,38 GWh em 2002, e em 2010 o valor passa para 14,52 GWh (DGEG, 2013).

O aumento do consumo energético nos edifícios pode, em parte, ser explicado devido às características relacionadas com a estrutura de edifícios já existentes, tais como:

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos das envolventes;
- Influência de pontes térmicas na envolvente dos edifícios;
- Presença de humidades que afectam a durabilidade e o desempenho energético do edifício;
- Desempenho térmico deficiente de vãos envidraçados e portas, fazendo com que haja elevadas perdas de calor por transmissão térmica e por infiltrações do ar excessivos;
- Falta de protecções solares adequadas nos envidraçados, por consequência ocorre o sobreaquecimento no interior dos edifícios ou aumento das cargas térmicas e das necessidades energéticas em habitações com sistemas de arrefecimento;
- Ventilação não controlada, criando assim maior necessidade energética de aquecimento no Inverno, e vice-versa, ventilação insuficiente, que conduz a maiores níveis de humidade relativa no Inverno e sobreaquecimento no Verão, causando desconforto aos que habitam no edifício;

Outra explicação para o acréscimo do consumo de energia no sector doméstico é o aumento do rendimento disponível dos habitantes, por consequência existe um maior número de

electrodomésticos, facilitando o dia-a-dia e prejudicando o comportamento em termos de conservação de energia, como por exemplo (DGGE, 20013):

- Manutenção dos sistemas de aquecimento e/ou de arrefecimento ligados, enquanto as janelas estão abertas;
- Climatização desnecessária dos espaços, permitindo temperaturas interiores fora dos níveis recomendados, isto é, demasiado quentes no Inverno e frios no Verão.

Em termos de utilização final da energia no sector doméstico, os consumos distribuem-se aproximadamente com as seguintes ponderações evidenciadas na Figura 2.5.

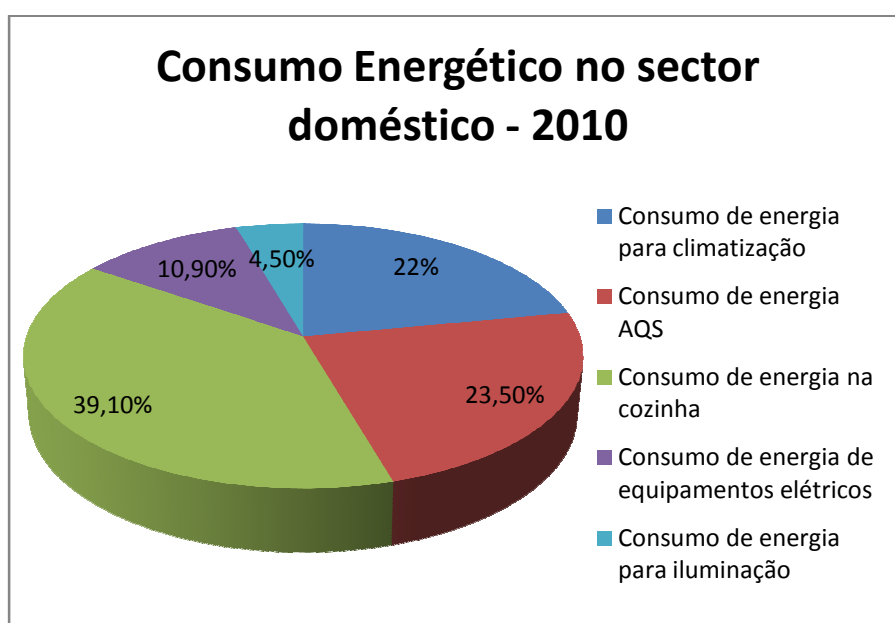


Figura 3.5 - Repartição dos consumos energéticos no sector doméstico a nível nacional, através do ICESD, inquérito ao consumo de energia no sector doméstico. (Fonte: DGEG 2013)

3.2 Regulamentação Nacional

Em Portugal, o primeiro documento legislativo relativo ao desempenho térmico de edifícios terá sido o Decreto-Lei n.º 40/1990 de 6 de Fevereiro, tendo como finalidade o estabelecimento de um conjunto de acções direccionadas a projectos de novas construções e grandes remodelações de edifícios. No entanto, a primeira versão do RCCTE foi considerada como pouco exigente, tendo ficado subjacente que no prazo de 5 anos, esta seria objecto de revisão no sentido de aumentar o seu grau de exigência, o que nos veio a acontecer.

Tendo em atenção o aumento do consumo de energia nos edifícios verificado a nível Europeu, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas que promovem a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto nos edifícios. É nesta situação que, a 16 de Dezembro de 2002, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram uma directiva, relativa ao desempenho térmico dos edifícios – a Directiva n.º 2002/91/CE.

Esta Directiva estabelece que os Estados-Membros da União Europeia devem impor um sistema de certificação energética, realizada por peritos qualificados, de forma a informarem os utilizadores sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento destes, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios que frequentemente sejam visitados pelo público.

De acordo com a Directiva, a certificação energética deve permitir, aos futuros utilizadores, obter informação sobre os consumos de energia potencial, no caso dos novos edifícios ou no caso de edifícios existentes que se encontrem sujeitos a intervenções de reabilitação, dos seus consumos reais ou aferidos para padrões de utilização típicos, passando o critério dos custos energéticos, durante o funcionamento normal do edifício, a integrar o conjunto dos demais aspectos importantes para a caracterização do edifício.

A Directiva n.º 2002/91/CE foi transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei.

a) **O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)**, que tem por objectivos:

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

b) **O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE)**, que estabelece:

- As condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser assegurados em condições de eficiência energética através da selecção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;
- Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como os

limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;

- Os termos de concepção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental;
- As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.

c) **O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**, que indica as regras a observar no projecto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que:

- As exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;
- Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacte negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

Este último regulamento é a base desta dissertação, sendo estudo em pormenor nos próximos capítulos, indicando e analisando as diferentes metodologias necessárias para a avaliação energética do edifício. Entretanto, esta Directiva foi substituída a 19 de Maio de 2010 pela Directiva n.º 2010/31/CE, que optimiza o desempenho energético, recorrendo a energias de fontes renováveis, petrolíferos, gás natural e combustíveis sólidos.

Esta Directiva aguarda a transposição na integra para a legislação Portuguesa. Entretanto, já foi publicado o Decreto de Lei 118/2013, de 20 de Agosto que abrange num único documento os três antigos Decretos de Leis existentes e o Decreto de Lei 58/2013, da mesma data que aprova os requisitos de acesso ao exercício da actividade de perito qualificado. O novo RCCTE será designado por Regulamentação do desempenho energético de edifícios de habitação (REH) e o RSECE por Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Como se aguarda a publicação dos restantes despachos e portarias técnicas que permitam a definição da metodologia a aplicar aos edifícios de habitação, neste trabalho utilizamos a proposta de revisão disponibilizada pela Agencia de Energia, ADENE aos peritos qualificados.

4 Capítulo IV- Análise comparativa entre o RCCTE e a Nova proposta legislativa

4.1 Estrutura dos documentos

A principal diferença a nível estrutural é que a directiva era constituída por três regulamentos, o SCE (Lei 78/2006), o RSECE (Lei 79/2006) e o RCCTE (Lei 80/2006), no caso da Nova proposta legislativa apenas haverá um único Decreto de Lei, o qual será constituído por 5 títulos, onde o Título II faz referência ao SCE, o Título III ao REH e o Título IV ao RECS. O RCCTE é composto por 20 artigos e 9 anexos, os artigos definem toda a organização do regulamento remetendo para os anexos e todas as definições, dados climáticos e metodologias de cálculo. Por outro lado o Título III da Nova proposta legislativa, que diz respeito ao RCCTE, é constituído por 10 artigos que remetem a um Portaria técnica, a quatro Despachos Gerais, e a três Despachos RCCTE.

4.2 Âmbito da aplicação

O RCCTE é aplicado a cada fracção autónoma do edifício de habitação, isto é aplica-se a cada parte que seja dotada de contador individual de consumo de energia, separada por uma barreira física e cujo o direito de propriedade possa ser transmissível autonomamente. O RCCTE também é aplicado a edifícios de serviços sempre e quando a potência nominal de aquecimento ou arrefecimento não seja superior a 25 kW e com área inferior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas.

A nova proposta legislativa apenas é aplicada a fracções autónomas de edifícios de habitação.

4.3 Dados climáticos em Portugal

4.3.1 RCCTE

Segundo o RCCTE, a análise climática a considerar nos estudos térmicos dos edifícios, consistem em dois conceitos básicos: O zoneamento climático e os dados climáticos de referência estabelecidos por concelho ou por zona climática

Portugal Continental foi dividido em três zonas climáticas de Inverno, I1, I2 e I3 e em três zonas climáticas de Verão, V1, V2 e V3. Na figura exposta seguidamente pode-se observar a delimitação das referidas zonas climáticas (RCCTE, Anexo III, Secção 1.1).

As zonas climáticas de verão são ainda subdivididas em N ou S em função de estar situado a norte ou a sul do rio Tejo.

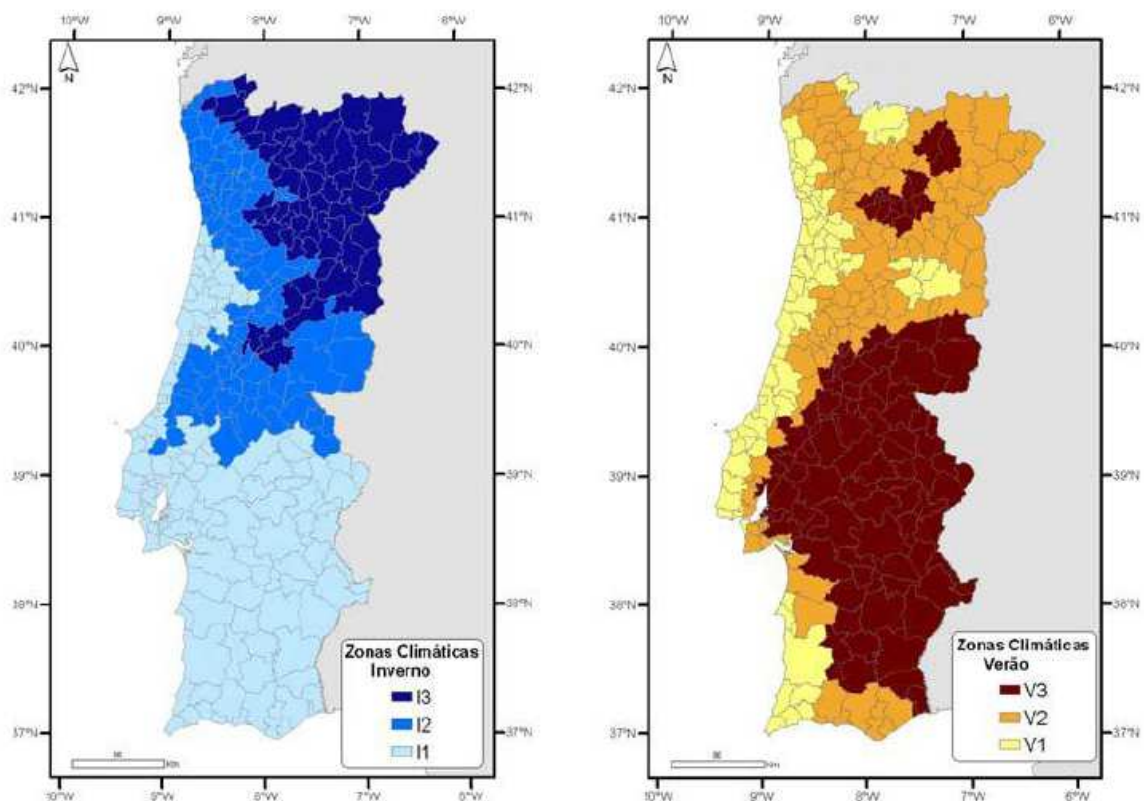


Figura 4.1 - Zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita) para Portugal continental (Fonte: RCCTE, Anexo III)

No caso da Região Autónoma dos Açores são consideradas zonas climáticas de Inverno I1, as localidades situadas até os 600m de altitude, I2, localidades situadas entre os 600m e os 1000m de altitude, e I3, as localidades situadas cima dos 1000m de altitude. Relativamente as zonas climáticas de Verão toda a Região é considerada como V1.

Em relação a Região Autónoma da Madeira são consideradas zonas climáticas de Inverno I1, as localidades situadas até os 800m de altitude, I2, localidades situadas entre os 800m e os 1100m de altitude, e são consideradas I3, as localidades situadas acima dos 1100m de altitude. Relativamente as zonas climáticas de Verão toda a Região é considerada como V1.

A delimitação das zonas climáticas de Inverno tem como base o número de Graus-dias de aquecimento na base de 20°C, GD, este número caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que é igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base 20°C e a temperatura do ar exterior, durante a estação de aquecimento. As diferenças são calculadas com base em valores horários da temperatura do ar. No entanto, a delimitação das zonas climáticas de Verão é determinado com base nos valores actualizados da temperatura exterior de projecto, que corresponde a temperatura seca exterior que raramente é excedida, em média, durante 2.5% do período da estação de arrefecimento que decorre de 1 de Junho a 30 de Setembro.

Os dados climáticos que servem de referência para aplicação deste regulamento estão apresentados por concelho e alguns por zona climática, encontrando-se ordenados por ordem alfabética e disponibilizando a seguinte informação (RCCTE, Anexo III, Quadro III):

- Zona climática de Inverno;
- Número de Graus-dias de aquecimento, GD, na base 20°C;
- Duração da estação convencional de aquecimento, M (meses);
- Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento, G_{sul} (kWh/m².mês);
- Zona climática de Verão;
- Temperatura média do ar exterior θ_m °C;
- Intensidade de radiação solar para a estação convencional de arrefecimento, Ir (kWh/m²);

O parâmetro G_{sul} pode ser consultado no Quadro III.8, do Anexo III do RCCTE, e é definido para cada zona climática de Inverno.

Os parâmetros θ_m e Ir, que dependem da divisão Norte/Sul e da orientação do edifício, podem ser obtidos através do Quadro III.9, do Anexo III do RCCTE.

É de salientar que a altitude e a aproximação a costa do local, poderá originar uma correcção dos dados climáticos a considerar.

4.3.2 Nova proposta legislativa

Nesta nova proposta de legislação, o zoneamento climático do País tem por base as unidades territoriais NUTS de nível III, cuja a composição por municípios baseia-se no Decreto-Lei n.º 85/2009 de 3 de Abril e na Lei n.º 21/2010, de 23 de Agosto.

As Unidades Territoriais Estatísticas de Portugal NUTS, designam as sub-regiões nas quais se divide o país, de acordo com o regulamento (CE) n.º 1059/2003 do Parlamento Europeu e do Concelho de 26 de Maio de 2003, como se trata de NUTS de nível III significa que tanto a zona Norte, a zona Centro, a zona de Lisboa, a zona de Alentejo, a zona do Algarve, a Região Autónoma da Madeira e dos Açores se encontram subdivididas.

Tal como na Legislação anterior (ainda em vigor) o território é dividido em três zonas climáticas de Verão, V1, V2 e V3, e de Inverno, I1, I2 e I3.

Na Figura 4.2 ilustra-se o zonamento climático que serve de base a aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente.

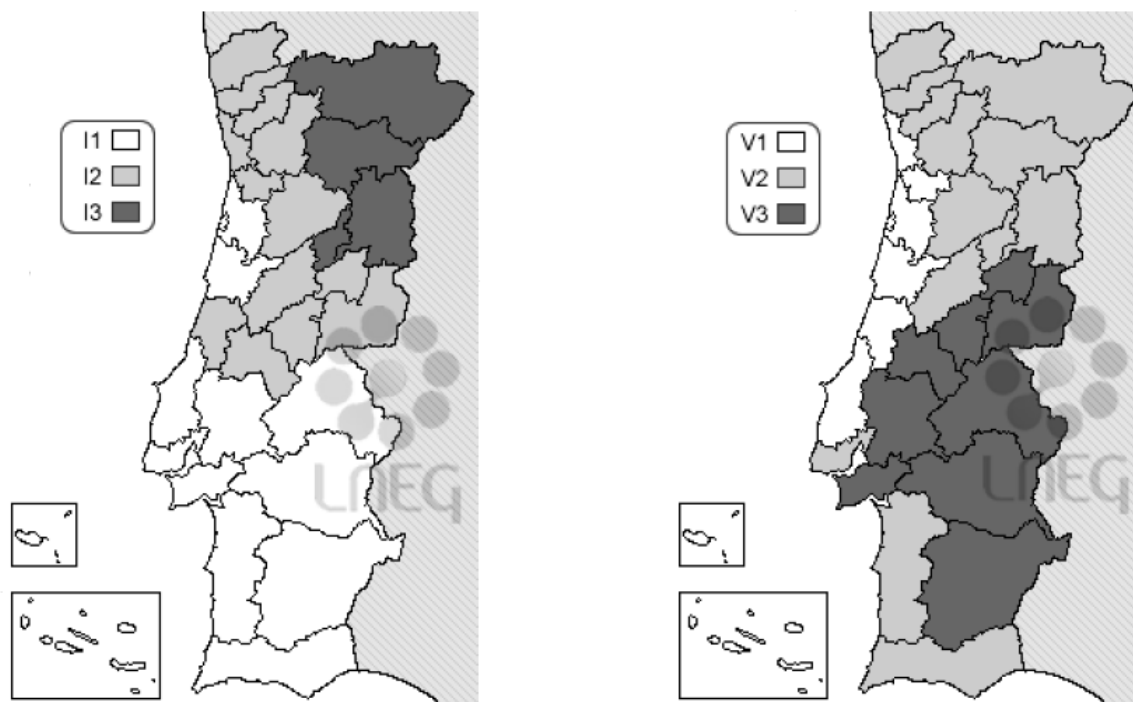


Figura 4.2 - Zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita), da nova proposta de Legislação

Em Portugal Continental, as zonas de Inverno classificadas como I3 serão todas as áreas situadas acima dos 600m de altitude. Nas regiões autónomas, as zonas I3 serão todas as áreas acima dos 1000m de altitude I2 todas as áreas acima dos 600m de altitude.

Na situação de Verão, em todo o território, serão classificados como V2 todas as áreas situadas entre os 600m e os 800m de altitude, e V1 todas as áreas acima dos 800m de altitude.

Na Tabela 4.1 pode ser observado a zoneamento climático detalhado, que se encontra no documento disponibilizado pela ADENE aos peritos qualificados.

NUTS III	Municípios	Zona de Inverno	Zona de Verão
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira	I2	V2
Alto Trás-os-Montes	Alfândega da Fé, Botiças, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Murça, Valpaços, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais	I3	V2
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde	I2	V2
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela	I2	V2
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia	I2	V1
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Celorico de Basto, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende	I2	V2
Douro	Alijó, Armamar, Carraceda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penadono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Semancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real	I3	V2
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra	I2	V1
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos	I1	V1
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure	I1	V1
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Mêda, Pinhel, Sabugal, Trancoso	I3	V2
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão	I2	V3
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão	I2	V3
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia	I3	V2
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela	I2	V2
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares	I2	V2
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertão, Vila de Rei	I2	V3
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós	I2	V1

Oeste	Alcobaca, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras	I1	V1
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha	I2	V3
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém	I1	V3
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odívelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira	I1	V2
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal	I1	V3

NUTS III	Municípios	Zona de inverno	Zona de verão
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre	I1	V3
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa	I1	V3
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines	I1	V2
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira	I1	V3
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António	I1	V2
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo	I1	V1
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo	I1	V1

Tabela 4.1 - Zoneamentos climáticos detalhados por NUTS de nível III, Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE aos peritos qualificados

Os valores de alguns parâmetros climáticos (X) são obtidos com base nos seus valores de referência (X_{ref}), que dependem de cada NUTS III. O valor X é corrigido através da altitude do local onde se encontra o edifício, segundo a Equação (4.1):

$$X = X_{ref} + a * (Z - Z_{ref}) \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde:

a – Declive da correção de altitude que é do tipo linear;

Z – Altitude do local (m);

Z_{ref} - Altitude de referência (m);

Os parâmetros climáticos da estação de aquecimento: Graus-dias de aquecimento (GD), duração da estação de aquecimento (M) e temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$) devem ser corrigidos através da equação acima indicada, mediante a altitude do local.

Na Tabela 4.2 apresenta-se os valores de referência e respectivos declives para a aplicação da expressão de correção e, à semelhança do zoneamento climático, estes valores também serão estabelecidos em função dos NUTS III.

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sol} kWh/m ² por mês
	REF	REF	a	REF	a	REF	a	
	m	meses	mês/m	°C	°C/m	°C	°C/m	
Minho-Lima	368	6,6	0,001	2076	1,8	8	0,003	92
Alto Trás-os-Montes	560	7,7	0	2647	0,4	7	0,003	90
Cávado	285	6,8	0,002	1868	1,3	8	0,003	92
Ave	295	7,0	0,002	1875	1,3	9	0,003	92
Grande Porto	98	6,8	0,002	1649	1,3	10	0,003	93
Tâmega	395	7,0	0,001	2082	1,8	8	0,003	92
Douro	430	7,2	0,001	2422	1,8	8	0,003	90
Entre Douro e Vouga	323	6,9	0,002	1910	1,3	9	0,003	93
Baixo Vouga	132	6,4	0,002	1473	1,3	10	0,003	107
Baixo Mondego	113	6,2	0,002	1473	1,3	11	0,003	105
Beira Interior Norte	606	7,7	0	2460	0,4	7	0,003	90
Beira Interior Sul	427	6,7	0,001	1637	1,8	7	0,003	93
Cova da Beira	722	7,2	0	2093	0,4	7	0,003	92
Serra da Estrela	716	7,8	0	2423	0,4	6	0,003	90
Dão - Lafões	450	7,2	0,001	1985	1,8	7	0,003	94
Pinhal Interior Norte	449	6,5	0,001	1965	1,8	8	0,003	92
Pinhal Interior Sul	398	6,4	0,001	1969	1,8	8	0,003	92
Pinhal Litoral	165	6,0	0,002	1660	1,3	11	0,003	95
Oeste	143	5,9	0,002	1445	1,3	10	0,003	104
Médio Tejo	183	6,0	0,002	1663	1,3	11	0,003	93
Lezíria do Tejo	88	5,7	0,002	1381	1,3	12	0,003	104
Grande Lisboa	140	5,7	0,002	1326	1,3	12	0,003	108
Península de Setúbal	91	5,3	0,002	1194	1,3	11	0,003	108
Alto Alentejo	234	6,1	0,002	1443	1,3	11	0,003	104
Alentejo Central	224	5,7	0,002	1376	1,3	11	0,003	108
Alentejo Litoral	123	5,5	0,002	1265	1,3	12	0,003	108
Baixo Alentejo	175	5,7	0,002	1285	1,3	12	0,003	108
Algarve	157	5,1	0,002	1198	1,3	12	0,003	108
R.A. Açores	300	4,0	0,001	780	1,8	15	0,003	60
R.A. Madeira	400	4,7	0,002	960	1,3	16	0,003	90

Tabela 4.2 – Valor de referência e respectivos declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Os parâmetros climáticos da estação de arrefecimento são:

- Duração da estação contabilizada em, 4 meses, logo 2928 horas (L_v);
- Temperatura exterior média ($\theta_{ext,v}$);
- Energia solar acumulada durante a estação orientadas nas oito direções cardiais (I_{sol})

Tal como o sucedido na estação de aquecimento, também o parâmetro climático relativo á temperatura deve ser corrigido em função da altitude.

Os valores de referência e os respectivos declives são ilustrados na Tabela 4.3 exposta seguidamente.

	z REF m	$\theta_{ext, v}$		I_{sol}								
		REF °C	a °C/m	kWh/m ²								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	366	20	0	702	184	292	411	424	374	424	411	291
Alto Trás-os-Montes	560	20	-0,004	745	188	309	440	449	388	448	439	308
Cávado	285	19	0	705	188	292	406	421	376	423	407	291
Ave	295	19	0	707	188	291	406	422	375	421	406	291
Grande Porto	98	19	0	703	193	287	396	416	379	414	393	286
Tâmega	395	19	0	716	191	293	408	425	381	424	406	292
Douro	430	20	0	741	190	303	428	440	386	441	429	304
Entre Douro e Vouga	323	18	0	711	192	289	399	418	378	421	404	292
Baixo Vouga	132	19	0	708	193	288	397	416	376	412	392	286
Baixo Mondego	113	20	0	714	196	292	402	418	377	414	397	290
Beira Interior Norte	606	20	-0,004	766	199	307	430	449	402	447	426	304
Beira Interior Sul	427	21	0	788	202	312	435	452	402	455	439	314
Cova da Beira	722	19	-0,004	776	200	309	433	451	402	449	431	309
Serra da Estrela	716	18	-0,004	760	199	308	429	444	393	444	429	307
Dão - Lafões	450	19	0	737	196	296	412	431	390	433	414	297
Pinhal Interior Norte	449	20	0	752	199	303	420	438	392	436	418	301
Pinhal Interior Sul	398	21	0	778	201	308	429	447	400	447	429	309
Pinhal Litoral	165	20	0	734	197	296	407	424	381	424	408	296
Oeste	143	20	0	756	201	303	417	433	388	434	419	305
Médio Tejo	183	22	0	779	203	311	432	448	398	444	427	309
Lezíria do Tejo	88	22	0	803	206	317	441	456	404	456	442	318
Grande Lisboa	140	21	0	774	203	309	426	440	391	439	424	308
Península de Setúbal	91	22	0	805	205	316	437	451	398	452	438	316
Alto Alentejo	234	22	0	812	206	320	448	463	409	460	444	319
Alentejo Central	224	23	0	822	208	323	450	463	407	463	449	323
Alentejo Litoral	123	22	0	809	206	318	438	449	394	450	439	318
Baixo Alentejo	175	23	0	820	208	322	446	457	399	457	447	323
Algarve	157	23	0	813	208	320	440	448	390	449	441	322
R.A. Açores	300	20	-0,002	645	185	269	359	369	331	370	361	270
R.A. Madeira	400	19	-0,002	632	182	265	353	363	327	364	354	265

Tabela 4.3 - Valor de referência e respectivos declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

4.3.3 Análise comparativa

Na Tabela 4.4 é esquematizada a análise comparativa dos dois regulamentos, apresentando as diferenças ao nível da análise climática:

Análise comparativa	DL 80/2006	Nova proposta legislativa
Zoneamento climático	O zoneamento climático é feito por concelhos. Cada concelho tem um zoneamento climático de Verão e de Inverno.	O zoneamento climático do País tem por base as unidades territoriais NUTS de nível III, cuja a composição por municípios baseia-se no Decreto-Lei n.º 85/2009 de 3 de Abril e na Lei n.º 21/2010 de 23 de Agosto.
Dados climáticos	São outorgados por concelhos e alguns dados para cada zona climática os valores que são considerados podem ser alterados com altitudes superiores a 400 metros (Inverno) ou a 600 metros (Verão) e também com a distância à costa.	Para cada NUTS III são fornecidos valores de referência que são corrigidos em função da altitude do local

Tabela 4.4 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dados climáticos

4.4 Requisitos da qualidade térmica na envolvente dos edifícios

No anexo IX do RCCTE, pode verificar-se a obrigação de cumprir os requisitos mínimos em relação a qualidade térmica dos elementos da envolvente. Nos pontos seguintes, será abordado em maior detalhe, os parâmetros relacionados com a qualidade térmica.

4.4.1 Inércia térmica

4.4.1.1 RCCTE

A inércia térmica de uma fracção autónoma (I_t) é a capacidade de armazenamento e restituição de calor dos diferentes elementos construtivos, tais como: paredes, pavimentos, coberturas, tal como pode ser observado no Anexo VII, Secção 2.1 do RCCTE.

A inércia térmica interior (I_t) depende da massa superficial útil (M_{si}) por unidade de área útil de pavimento (A_p), tanto ao nível dos elementos interiores ou da envolvente dessa fracção, podendo ser calculada a partir da Equação (4.2):

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i \times r_i}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Onde:

M_{si} - Massa superficial útil do elemento i (Kg/m^2);

S_i - Área da superfície do elemento i (m^2);

A_p - Área útil de pavimento (m^2);

r_i - Fator de redução da massa superficial do elemento i ;

A massa superficial útil do elemento (M_{si}), depende:

- Localização do elemento no edifício, podendo estar em contacto com o ambiente exterior, com espaços não úteis, com outras fracções autónomas, com o terreno ou no interior da fracção;
- Constituição do elemento de construção e essencialmente o posicionamento de uma eventual solução de isolamento térmico, seja interior, exterior ou intermédia;
- Características térmicas do respectivo revestimento superficial interior, (r_i);

Na Tabela 5.4, convencionam-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 (F.A), correspondendo ao identificado na Figura 4.3:

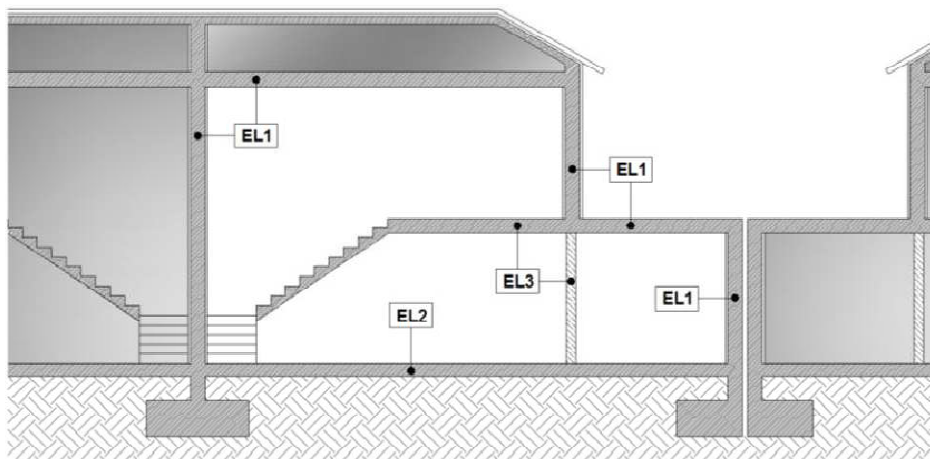


Figura 4.3 - Classificação dos elementos segundo a posição na estrutura.

- EL1 – Elementos em contacto com o ambiente exterior, outras fracções autónomas ou espaços não úteis;
- EL2 – Elementos em contacto com o solo;
- EL3 – Elementos de compartimentação interior da fracção autónoma;

Localização dos elementos de construção no edifício	Valores Máximos de M_{si} (Kg/m ²) a considerar no cálculo I_t	
	Com isolamento	Sem isolamento
EL1	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
EL2	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = 150$
EL3	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 300$	

Tabela 4.5 – Valores máximos de M_{si} em função dos elementos de construção no edifício

É de salientar que na Tabela 4.5, as abreviaturas m_i e m_t representam a massa interior ao isolamento térmico e a massa total, respectivamente.

Através do cálculo da inércia térmica interior, obtém-se a classe de inércia onde se insere o edifício, estando na Tabela 4.6, onde se encontram sintetizados os valores limites de I_t .

Classe de Inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área útil de pavimento, I_t (Kg/m ²)
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 < I_t < 400$
Forte	$I_t > 400$

Tabela 4.6 - Classes de Inércia térmica Interior (I_t)

De um modo geral, pode dizer-se que uma Inércia térmica Forte permite ao edifício um bom comportamento térmico e energético, proporcionando um melhor aproveitamento e mais eficaz dos ganhos úteis na estação de aquecimento e minimizando o risco de sobreaquecimento durante a estação de arrefecimento.

4.4.1.2 Nova proposta legislativa

A inércia térmica interior (I_t), em esta nova proposta legislativa a semelhança do DL 80/2006, também depende da massa superficial útil, M_{si} , por unidade de área útil de pavimento, a partir da mesma expressão numérica utilizada no RCCTE (Eq. 4.2).

Apenas o factor de redução da massa superficial, r , que depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, R , aparece mais discriminado neste documento:

- Para elementos EL1 e EL2
 - i. Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, r toma o valor 0;
 - ii. Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, r toma o valor 0,5;
 - iii. Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, r toma o valor 1;
- Para elementos EL3
 - i. Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, em ambas as faces, r toma o valor 0;

- ii. Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, em uma das faces e $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ na outra face, r toma o valor 0,25;
- iii. $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ na outra face, r toma o valor 0,5;
- iv. Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ em ambas as faces, r toma o valor 0,5;
- v. Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ na outra face, r toma o valor 0,75;
- vi. Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ em ambas as faces, r toma o valor 1;

4.4.1.3 Análise comparativa

Neste ponto da regulamentação as diferenças não são muitas, apenas existem diferenças em alguns pontos a nível do valor do r (factor de redução da massa superficial), que no caso do DL 80/2006 r apenas toma os valores de 0.5 e 1 tanto em elementos EL1, EL2 e EL3, dependendo dos valores de resistência térmica dos elementos construtivos. Em quanto que na nova proposta de legislação r pode tomar os valores de 0.25, 0.5, 0.75 e 1 dependendo da resistência térmica dos elementos da respectiva construção, tornando assim o calculo um pouco mais exacto.

4.4.2 Envolvente opaca

4.4.2.1 RCCTE

Para o coeficiente de transmissão térmica superficial da zona corrente da envolvente opaca, U, estabelece valores máximos admissíveis para os devidos zoneamentos climáticos de Inverno (I1, I2, I3) e para o tipo de elemento da envolvente em zona corrente, tal como paredes, coberturas, pavimentos sobre o exterior ou sobre locais não aquecidos, tal como se pode verificar no quadro IX.1 do Anexo IX do RCCTE, que se encontra representado na Figura 4.4.

Elemento da envolvente	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores em zona corrente			
Zonas opacas verticais	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente			
Zonas opacas verticais	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

Figura 4.4 - Coeficiente de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos.

Fonte: Documento RCCTE 2006

Para poder consultar os valores deste quadro, surge a necessidade de caracterizar os tipos de envolventes referidos:

- Envolvente exterior: conjunto de elementos do edifício que definem a fronteira entre o espaço útil interior e o ambiente exterior;
- Envolvente interior: fronteira entre a fracção autónoma e ambientes normalmente não aquecidos, como por exemplo, garagens, marquises, armazéns, sótãos, caves não habitadas, etc., e ainda separação para à edifícios adjacentes. Esta envolvente pode apresentar exigência de requisitos de envolvente interior, caso o coeficiente de redução da temperatura da ENU apresente um valor não superior a 0,7, ou requerer exigências de requisitos de envolvente exterior quando o valor seja superior a 0,7.

É de salientar que os valores apresentados na Figura 4.4 não são aplicáveis a paredes ou pavimentos em contacto com o solo, ou a espaços não úteis em contacto com o exterior. Os requisitos térmicos referentes à envolvente interior com $\tau < 0.7$ são considerados como menos exigentes relativamente com os da envolvente exterior, uma vez que as trocas térmicas entre os espaços não-úteis serem normalmente inferiores as trocas térmicas que ocorrem com o exterior, uma vez que a temperatura do ar dos espaços não-úteis (θ_a), apresenta valores intermédios entre a temperatura da zona útil (θ_i) e a temperatura exterior (θ_{atm}).

Para exemplificar o que foi acima referido, apresenta-se a Figura 4.5, que demonstra exemplos da localização dos diferentes tipos de envolventes.

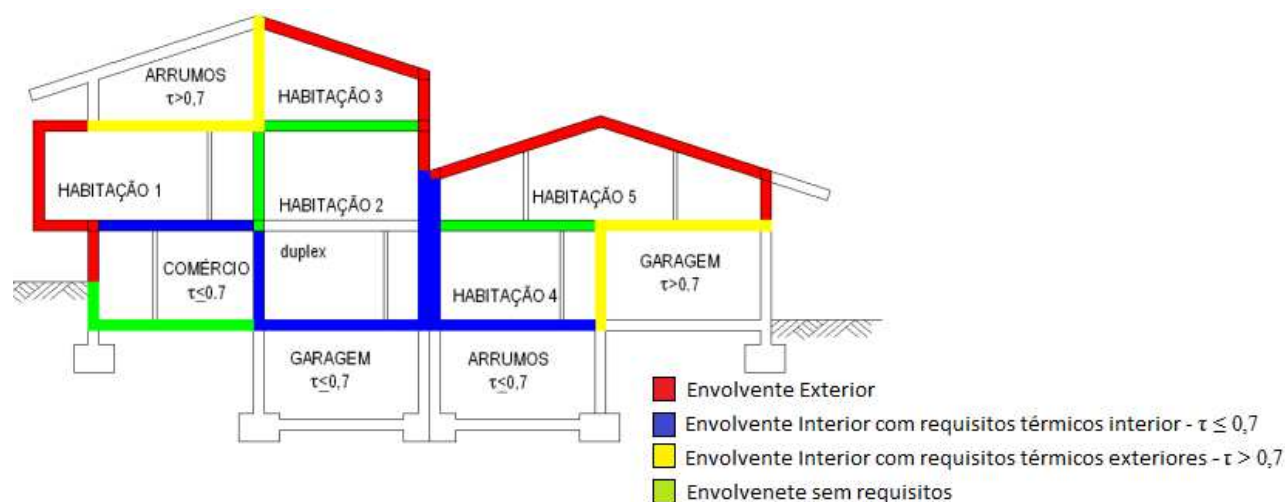


Figura 4.5 - Tipos de envolvente

Tal como foi acima referido, a temperatura do ar nos espaços não-úteis (θ_a), apresenta valores intermédios entre a temperatura da zona útil (θ_i) e a temperatura do ar exterior (θ_{atm}). A partir do

momento que temos os valores de θ_a, θ_i e θ_{atm} , pode ser calculado pela Equação (4.3), do Anexo IV da Secção 2.1.2 do RCCTE:

$$\tau = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_{atm}} \quad (\text{Eq.4.3})$$

Conforme o RCCTE, dada a grande dificuldade em conhecer com precisão o valor de θ_a , admite-se que τ pode tomar os valores convencionais indicadas na Tabela IV.1 do Anexo IV, para várias situações comuns de espaços não aquecidos, calculados com base nos valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente.

Os valores convencionais de τ tem em consideração os seguintes factores:

- A relação A_i/A_u , entre as áreas do elemento que separa o espaço útil do espaço não-útil e do elemento que separa o espaço não-útil do exterior.
- A renovação de ar do espaço não-útil de alguns ENU.

Existem ainda as pontes térmicas planas, que dizem respeito a vigas pilares e caixas de estores. Em relação ao cálculo e verificação dos requisitos mínimos da qualidade térmica de este tipo de elementos, é definido na Legislação, que o calculo do seu coeficiente U é efectuado da mesma forma que nos outros elementos da envolvente. Quanto aos requisitos mínimos, o valor do seu U tem de ser inferior ao valor do U_{max} da parede e também deve ser inferior ao dobro do valor do U da parede onde este elemento se insere.

4.4.2.2 Nova proposta legislativa

Nesta nova proposta, nenhum elemento da zona corrente da envolvente opaca do edifício, tais como, paredes, pavimentos ou coberturas, deverá ter um coeficiente de transmissão térmica superior aos valores máximos que constam na Figura 4.6 abaixo representada e que dependem do valor do coeficiente de redução da temperatura b_{tr} .

$U_{m\acute{a}x}$ [W/(m ² .°C)]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0.7$	Elementos verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos horizontais	1,25	1,00	0,90
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos horizontais	1,65	1,30	1,20

Figura 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Uma vez que não é possível conhecer com exactidão o valor da temperatura do local não útil, que depende do uso em concreto do local, admite-se então que para alguns tipos de espaços não-úteis o b_{tr} , pode tomar os valores indicados na Tabela 4.7. Estes valores são em função da taxa de renovação do ar e da razão de A_i/A_u .

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50 m^3$		$50 m^3 < V_{enu} \leq 200 m^3$		$V_{enu} > 200 m^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0.5$	1,0		1,0		1,0	
$0.5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Tabela 4.7 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Em que:

f – Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;

F – Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

É de salientar que no caso de espaços fortemente ventilados o b_{tr} toma o valor de 1,0.

No caso de edifícios construídos em zonas graníticas, deverá proceder-se à construção de um vazio sanitário fortemente ventilado para prevenir a redução dos níveis de concentração de Radão. Inserem-se na categoria de zonas graníticas os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco. Na situação de existência de elementos em contacto com espaços fechados de edifícios adjacentes deve ser utilizado um valor de coeficiente de redução de perdas $b_u=0,6$.

No caso das pontes térmicas planas, nesta nova legislação o valor do U_{PTP} é calculado da mesma forma que no RCCTE e a verificação regulamentar é a mesma, mas se o U da ponte térmica plana for inferior a $1W/m^2 \cdot ^\circ C$ o U_{PTP} dispensa a verificação.

4.4.2.3 Análise comparativa

A análise comparativa sobre a Envolvente opaca encontra-se resumida na Tabela 4.8.

Análise	DL 80/2006	Nova proposta legislativa
Simbologia do coeficiente de redução de perdas	τ	b_{tr}
Coeficiente de redução de perdas em função de	A_i/A_u e do tipo de espaço não útil a considerar e a renovação de ar em alguns casos	A_i/A_u , do volume do espaço e da taxa de renovação de ar
Coeficiente de transmissão térmica máximo	Valores estabelecidos em função do zoneamento climático, do tipo de envolvente: interior ou exterior horizontal ou vertical com $\tau > 0,7$ ou se a envolvente está em contacto com edifícios adjacentes e espaços não úteis com $\tau \leq 0,7$, também depende do posicionamento horizontal ou vertical, da zona opaca a analisar.	Valor em função do zoneamento climático, do tipo de envolvente, que em este caso depende se esta está em contacto com o exterior e espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$ ou se a envolvente está em contacto com edifícios adjacentes e espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$, também depende do posicionamento, horizontal ou vertical, da zona opaca a analisar.
Valores de U_{max}	$U_{max}=1.8 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, no caso de elementos verticais em envolventes em contacto com o exterior	$U_{max}=1.75 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, no caso de elementos verticais em envolventes em contacto com o exterior (apenas este valor é diferente nesta nova proposta)

Tabela 4.8 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dados climáticos

Sendo assim a principal diferença reside na determinação dos valores do coeficiente do factor de redução de perdas, que deixa de se considerar o tipo da espaço não-aquecido.

4.4.3 Vãos envidraçados

4.4.3.1 RCCTE

Os requisitos regulamentares para os vão envidraçados, são representados através do factor solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais (g_{\perp}).

Estes são aplicados a todos os vãos envidraçados com excepção dos vãos orientados a Norte (entre Noroeste e Nordeste), com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço onde se inserem.

Para a verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica dos envidraçados é necessário provar que o factor solar do vidro com os dispositivos de protecção totalmente activos é inferior ao valor máximo permitido por lei.

Segundo o Anexo V devem ser corrigidos os valores de g_{\perp} através das seguintes Equações (4.4) e (4.5):

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp v}}{0,85}, \quad (\text{Eq.4.4}) \text{ Vidros simples}$$

Em que:

g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado a determinar

g'_{\perp} - Fator do vão envidraçado com protecção e vidro simples incolor (Quadro V.4 do Anexo V do RCCTE)

$g_{\perp v}$ - Fator solar do vidro simples com condições diferentes (Tabela IV.4.1 do Anexo IV do RCCTE)

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp v}}{0,75}, \quad (\text{Eq.4.5}) \text{ Vidros duplos}$$

Em que:

g_{\perp} - Fator solar do vão envidraçado a determinar

g'_{\perp} - Fator solar do vão envidraçado com protecção e vidro duplo incolor (Quadro V.4 do Anexo V do RCCTE)

$g_{\perp v}$ - Fator solar do vidro duplo com condições diferentes (Tabela IV.4.1 do Anexo IV do RCCTE)

Os valores máximos permitidos para o factor solar do vão envidraçado, são definidos em função do tipo de inércia do edifício e do zoneamento climático. Estes valores estão representados no Quadro IX.2 do RCCTE, o qual se encontra representado na Figura 4.7.

Classe de inércia térmica (**), factor solar:	Zona climática (*)		
	V ₁	V ₂	V ₃
	Fraca	0,15	0,15
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Figura 4.7 – Valores do factor solar máximo admissível de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem

4.4.3.2 Nova proposta legislativa

Os envidraçados cujo somatório das áreas dos vãos envidraçados A_{env} seja superior a 5% da área de pavimento e desde que não estejam orientados entre Noroeste e Nordeste (inclusive), devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com dispositivos de proteção totalmente ativos (g_T), que obedeça às seguintes condições:

A_{env}/A_{pav}	
$\leq 15\%$	$> 15\%$
$g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tmáx}$	$g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tmáx} \times \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)}$

Onde:

g_T – Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes, ou móveis totalmente activados;

F_0 – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas horizontais e varandas;

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes dos edifícios;

$g_{Tmáx}$ – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, representado na Tabela ();

A_{env} – Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento (m^2)

A_{pav} – Área de pavimento do compartimento servido pelos vãos envidraçados (m^2)

$g_{Tm\acute{a}x}$	Zona climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Tabela 4.9 - Factores solares máximos admissíveis de vão envidraçados

A semelhança do que acontece no DL 80/2006 o factor solar global g_T , de um vão envidraçado com protecção ativa, calcula-se através das Equações (4.6) e (4.7):

$$g_T = \frac{g_{Tvc} \times g_{\perp vi}}{0,85}, \quad (\text{Eq. 4.6}) \text{ Vidros simples}$$

$$g_T = \frac{g_{Tvc} \times g_{\perp vi}}{0,75}, \quad (\text{Eq. 4.7}) \text{ Vidros duplo}$$

Onde:

g_{Tvc} – Fator solar do envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de protecção solar, permanente, ou móvel totalmente activado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro, estes valores são iguais aos valores apresentados no DL 80/2006;

$g_{\perp vi}$ – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro;

4.4.3.3 Análise comparativa

	DL 80/2006	Nova proposta legislativa
Simbologia	g_{\perp}	g_T
Requisitos	$g_{\perp} \leq g_{\perp m\acute{a}x}$	$g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tm\acute{a}x}$, no caso de áreas de envidraçados menores ou iguais a 15% da área de pavimento. $g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \times \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)}$ no caso de áreas de envidraçados menores ou iguais a 15% da área de pavimento.

Tabela 4.10 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos vão envidraçados

4.5 Cálculo dos ganhos solares brutos nas estações de aquecimento e arrefecimento

4.5.1 Introdução

Os ganhos solares obtidos através dos vãos envidraçados, são contabilizados devido à radiação, e influenciam as necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento (N_{ic}) e de arrefecimento (N_{vc}).

4.5.2 RCCTE

Na estação de aquecimento, os ganhos solares brutos são avaliados através do vão envidraçado n com a orientação j , de acordo com a Equação (4.8), correspondendo ao método de cálculo detalhado dos ganhos solares, esta informação encontra-se detalhada no Anexo IV Secção 4.3.1.1 do RCCTE.

$$Q_s = G_{sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n A_{snj}] \times M \quad (\text{Eq. 4.8})$$

Onde:

G_{sul} – Valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul e área unitária, durante a estação de aquecimento ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$);

X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições solares, estes valores encontram-se explícitos no Quadro IV.4 do Anexo IV do RCCTE;

A_{snj} – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície n que tem uma orientação j em m^2 ;

j – Índice correspondente a cada uma das orientações;

n – Índice correspondente a cada uma das superfícies com a orientação j ;

M – Duração da estação de aquecimento, (meses). Estes valores encontram-se representados no Quadro III.1 do Anexo III do RCCTE;

Na Equação (4.8), o valor de A_{snj} deve ser calculado vão a vão, ou por grupo de vãos que se encontrem em condições semelhantes, relativamente ao tipo de protecção e incidência solar, este cálculo deve ser realizado de acordo com a Equação (4.9).

$$A_{snj} = A \times F_s \times F_g \times F_w \times g_{\perp} \quad (\text{Eq. 4.9})$$

Onde:

A – Área total do vão envidraçado, o que inclui o vidro e o caixilho (m^2);

F_s – Factor de obstrução, que é determinada através de um produto de factores que podem ser consultados no secção 4.3.3 do anexo IV do RCCTE. Este valor representa os diferentes sombreamentos, horizonte ou palas (verticais e horizontais);

F_g – Fração envidraçada, que 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, os valores podem ser consultados na secção 4.3.4 do anexo IV do RCCTE e dependem do tipo de caixilharia;

F_w – Fator de correção da seletividade angular do tipo de envidraçado utilizado, traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação de propriedades de transmissão da radiação solar directa através do vidro com o respectivo ângulo de incidência, na estação de aquecimento assume o valor de 0,9;

g_{\perp} - Factor solar do vão envidraçado;

o valor do g_{\perp} a considerar na estação de aquecimento para vidro simples é 0,7 e para vidro duplo é 0,63, mas se o vidro duplo apresentar um factor solar inferior a 0,63 o valor a usar é o valor do g_{\perp} do vidro.

É de salientar que o factor de obstrução F_s , representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes tipos de obstáculos, sendo estes palas ou edifícios adjacentes, assim sendo o F_s é traduzido pela Equação (4.10):

$$F_s = F_h \times F_0 \times F_f \quad (\text{Eq. 4.10})$$

Em que:

F_h - Fator de sombreamento do horizonte, que 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_0 – Fator de sombreamento por elementos horizontais adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado, traduz a percentagem da área deste que não é sombreada por palas, varandas ou outros elementos exteriores horizontais, ou eventualmente inclinados em relação ao plano horizontal, fixos ou móveis;

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ou sobrepostos, ao envidraçado, traduzindo assim a percentagem da área deste que não é sombreada por palas, outros elementos verticais ou eventualmente inclinados em relação ao plano vertical, fixos ou móveis, adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado;

Logo a equação detalhada que traduz os ganhos solares brutos na estação de aquecimento é representada pela Equação (4.11):

$$Q_s = G_{sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n A \times F_h \times F_0 \times F_f \times F_g \times F_w \times g_{\perp}] \times M \quad (\text{Eq. 4.11})$$

Na estação de arrefecimento é adoptada a mesma metodologia de cálculo definida para a estação de aquecimento através da Equação (4.12):

$$Q_s = \sum_j [I_{r_j} \times \sum_n A \times F_h \times F_0 \times F_f \times F_g \times F_w \times g_{\perp}] \quad (\text{Eq. 4.12})$$

Os valores da área de envidraçados, A, e de Fg são os mesmos nas duas estações. O valor de g_{\perp} deve ser considerado admitindo 70% do factor solar dos vidros com protecção e 30% do factor do vidro. O I_{r_j} , representa a energia solar incidente no envidraçado por orientação j e as restantes variáveis tomam o mesmo significado descrito nas Equações (4.9) e (4.10).

No entanto será compreensível que os factores acima apresentados não tomam necessariamente, os mesmos valores nas estações de aquecimento e 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. Pode-se desde já referir que o sombreamento do horizonte, Fh, não é considerado.

4.5.3 Nova proposta legislativa

Para efeito regulamentar, o calculo dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento deve ser efectuado de acordo com a metodologia a seguir indicada e na qual os ganhos solares são calculados de acordo com a Equação (4.13):

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n A_{s,i_{nj}}] \times M \quad (\text{Eq. 4.13})$$

Onde:

Orientação do vão j	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

Tabela 4.11 - Factor de orientação para as diferentes exposições

É de salientar que as superfícies serão consideradas horizontais quando apresentarem inclinação inferior a 60° face ao plano horizontal, sendo as restantes consideradas verticais. A semelhança do DL 80/2006, as áreas deverão ser consideradas separadamente por orientação solar.

O valor da área efectiva colectora $A_{s,i_{nj}}$ deve ser calculada vão a vão, como foi dito anteriormente, de acordo com a equação (4.14):

$$A_{s,i_{nj}} = A_w \times F_{s,i} \times F_{g,i} \times g_i \quad (\text{Eq. 4.14})$$

Onde:

A_w – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e o caixilho;

$F_{s,i}$ – Fator de obstrução do vão envidraçado na estação de aquecimento;

$F_{g,i}$ – Fração envidraçada do vão envidraçado;

g_i – Factor solar de inverno;

Para efeito de cálculo das necessidades de aquecimento considera-se que, de forma a maximizar o aproveitamento da radiação solar, os dispositivos de protecção solar móveis estão totalmente abertos, sendo assim considera-se que o factor solar g_i é igual ao fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de protecção solar permanentes existentes $g_i = g_{Tp}$ que no caso de ausência desses dispositivos será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal afectado do factor de selectividade angular, mediante a expressão $g_i = g_{\perp,vi} \times F_{w,i}$. $F_{w,i}$ toma o valor de 0,9.

Nas situações dos vãos envidraçados interiores, ou seja, vãos incluídos na envolvente interior (int) adjacente a um espaço não útil (enu) que possua vão envidraçado (tas como marquises, estufas, átrios ou similares), a área efectiva colectora deve ser determinada de acordo com a Equação (4.15):

$$A_{s,i} = (A_w)_{int} \times (F_{s,i})_{int} \times (F_{g,i})_{int} \times (F_{g,i})_{enu} \times (g_i)_{int} \times (g_i)_{enu} \quad (\text{Eq. 4.15})$$

Onde:

$(A_w)_{int}$ – Área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e o caixilho;

$(F_{s,i})_{int}$ – Factor de obstrução do vão envidraçado interior na estação de aquecimento, onde se contabilizam toas as obstruções incluindo as da envolvente opaca do espaço não útil;

$(F_{g,i})_{int}$ – Fração envidraçada do vão envidraçado interior;

$(F_{g,i})_{enu}$ – Fração envidraçada do vão envidraçado do espaço não útil;

$(g_i)_{int}$ – Fator solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado interior;

$(g_i)_{enu}$ – Fator solar na estação de aquecimento, do vão do espaço não útil;

Para o factor solar de ambos os vãos, não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis, devendo para este efeito considerar-se apenas dispositivos de protecção solar quando os mesmos forem permanentes, $g_i = g_{Tp}$. Nas situações em que não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, o factor solar será igual ao factor solar do vidro para um incidência solar normal, afectado do factor de selectividade angular, mediante a expressão $g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi}$.

Relativamente aos ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca calcula-se de acordo com a Equação (4.16):

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[I_{sol,j} \times \sum_n A_{s,v_{nj}} \times F_{s,v_{nj}} \right] \quad (\text{Eq. 4.16})$$

Em que:

$I_{sol,j}$ – Intensidade média de radiação total incidente na orientação j durante toda a estação de arrefecimento;

$A_{s,v_{nj}}$ – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com orientação j;

j – Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

n – Índice correspondente a cada um dos elementos opacos com orientação j;

$F_{s,v_{nj}}$ – Fator de obstrução da superfície do elemento n, com orientação j;

A área efectiva colectora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j, deve ser calculada através da Equação (4.17), esta equação também é aplicável a espaços não úteis:

$$A_{s,v_{nj}} = A_w \times F_g \times g_v \quad (\text{Eq. 17})$$

Em que:

A_w – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e o caixilho;

F_g – Fração envidraçada do vão envidraçado;

g_v – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento;

No caso da estação de arrefecimento, considera-se que, de forma a minimizar a incidência de radiação solar, os dispositivos de protecção solar móveis encontram-se activos numa fracção de tempo, que depende do octante no qual o vão se encontra orientado. Sendo assim o factor solar calcula-se segundo a Equação (4.18):

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (\text{Eq.4.18})$$

Onde:

F_{mv} – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente activados;

g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente activados;

g_{Tp} – Fator global do envidraçado com todos os dispositivos de protecção solar permanentes existentes;

Na ausência de dispositivos de protecção solar fixos, g_{Tp} corresponde a $g_{\perp,vi} \times F_{w,v}$

A fracção de tempo em que os dispositivos móveis se encontram totalmente activados na estação de arrefecimento F_{mv} , em função da orientação do vão é consultada na tabela que se encontra representada na Figura 4.8, considerando-se que na não existência de dispositivos solares móveis F_{mv} toma o valor de 0.

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
F_{mv}	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Figura 4.8 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram activados, $F_{w,v}$. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

A semelhança da estação de aquecimento, também na estação de aquecimento são contabilizados os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados interiores adjacentes a um espaço não útil através da Equação (4.19):

$$A_{s,v} = (A_w)_{int} \times (F_{g,v})_{int} \times (g_v)_{int} \times (g_v)_{enu} \quad (\text{Eq.19})$$

Onde:

$(A_w)_{int}$ – Área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e caixilho;

$(F_{g,v})_{int}$ – Fracção envidraçada do vão envidraçado interior;

$(g_v)_{int}$ – Fator solar na estação de arrefecimento do vão envidraçado interior;

$(g_v)_{enu}$ – Factor solar na estação de arrefecimento do vão do espaço não útil;

A determinação do factor de obstrução da superfície $F_{s,v_{nj}}$ para vãos envidraçados interiores, é realizada admitindo sempre que os elementos opacos do espaço não útil não causam sombreamento no vão envidraçado interior, como se não existisse o espaço não útil, pelo qual na ausência de

outros sombreamentos, este parâmetro toma o valor de 1. No caso do factor solar do vão envidraçado do espaço não útil, dispor de dispositivos de protecção solar permanentes, este toma o valor de g_{Tp} e pode ser determinado como exposto no capítulo 5.4.3, sendo que nos restantes casos é igual a 1.

A área efectiva colectora de radiação solar de um elemento n da envolvente opaca exterior com orientação j , deve ser calculada através da Equação (4.20), que é aplicável a todos os tipos de vão envidraçado:

$$A_{s,v} = \alpha \times U \times A_{op} \times R_{se} \quad (\text{Eq.4.20})$$

Onde:

α – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior;

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior igual 0,04 [m².C° /W];

4.5.4 Análise comparativa

Neste ponto as principais diferenças entre o DL 80/2006 e a Nova Proposta Legislativa, resultam de:

- Distinta simbologia;
- Na nova proposta legislativa, as radiações incidentes nos envidraçados dos espaços adjacentes aos espaços não úteis, ou seja vãos envidraçados da envolvente interior, são considerados no calculo dos ganhos térmicos por radiação solar, tal como também podem ser considerados os ganhos pela envolvente opaca.
- Ao nível do calculo do g_{\perp} nas diferentes estações, tal como se demonstra na Tabela 4.12:

g_{\perp} nas diferentes estações	<u>Estação de aquecimento:</u> $g_{\perp} \text{ vidro duplo} = 0,63$ $g_{\perp} \text{ vidro simples} = 0,70$ <u>Estação de arrefecimento:</u> $g_{\perp} = 0,7g_{\perp}(\text{vid} + \text{prot}) + 0,3g_{\perp}\text{vidro}$	<u>Estação de aquecimento:</u> $g_i = g_{Tp}$ $g_i = g_{\perp,vi} \times F_{w,i}$ <u>Estação de arrefecimento:</u> $g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp}$
-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 4.12 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente ao g_{\perp} nas diferentes estações

4.5.5 Factores solares na estação de aquecimento

4.5.5.1 RCCTE

Neste capítulo são abordados os factores solares para a estação de aquecimento definindo assim o conteúdo de cada factor acima referido.

Começando pelo factor de sombreamento horizonte (F_h), o sombreamento provocado em um vão envidraçado por outras construções ou de carácter natural, depende de vários parâmetros como ângulo de horizonte (α), a orientação solar, clima local, a latitude do edifício e a duração da estação de aquecimento (Anexo IV, Secção 4.3.3 a) do RCCTE).

O ângulo do horizonte (α), define-se como o ângulo entre o plano horizontal e a recta que passa pelo centro do envidraçado, considerando o ponto mais alto da maior obstrução existente entre dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado, tal como representado nas Figuras 4.9 e 4.10.

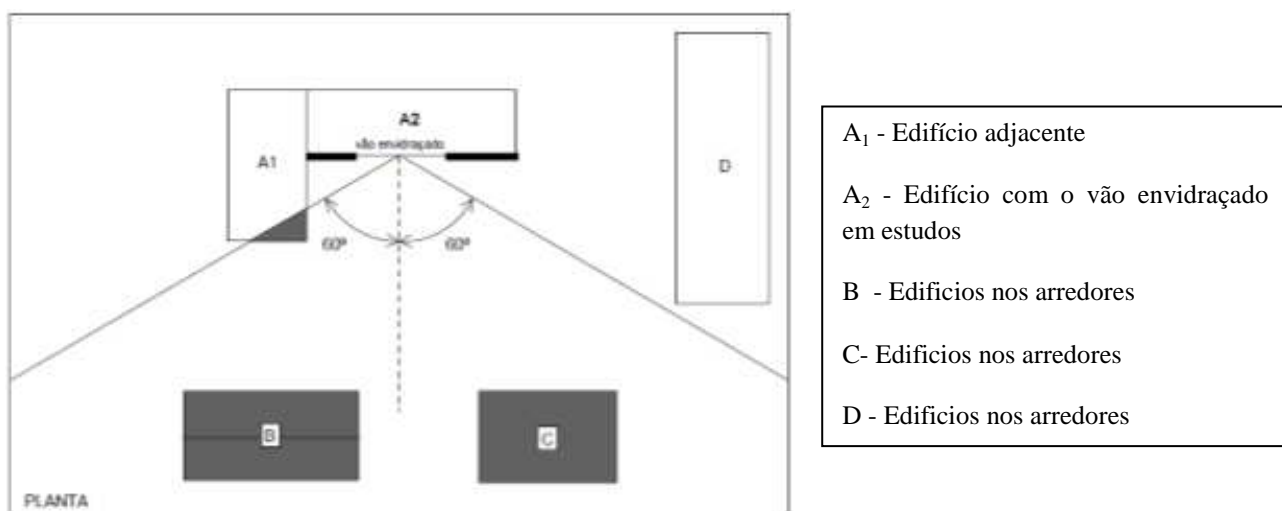


Figura 4.9 - Esquema da implantação dos edifícios e obstruções a considerar em planta, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006

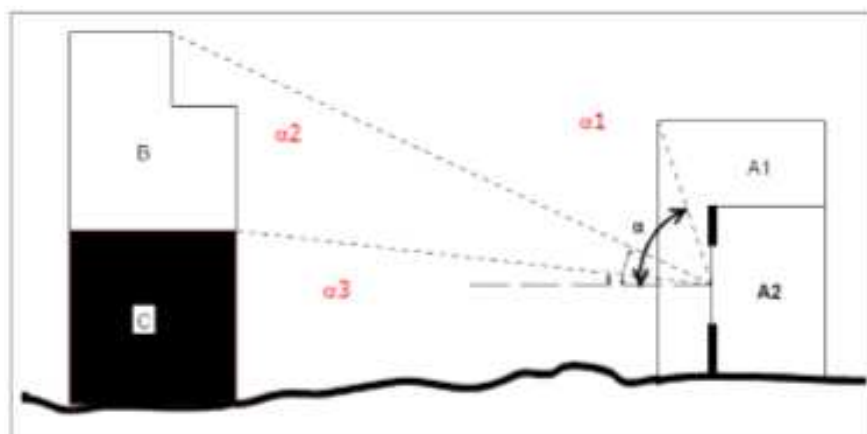


Figura 4.10 - Vista lateral (alçados) dos edifícios e determinação do ângulo de horizonte $-\alpha$, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006

Quando, na fase de projecto, a informação sobre as obstruções é insuficiente ou inexistente, devem-se adoptar valores de ângulos de horizonte correspondente a 45°, em zonas urbanas, e 20°, em zonas rurais.

Depois de determinado o ângulo de horizonte (α), recorre-se a Tabela IV.5 do Anexo IV do RCCTE, de modo a obter-se o valor do factor de sombreamento do horizonte (F_h). O calculo de F_h é feito por vão envidraçado ou por um conjunto de vãos de características semelhantes. Para ângulos de horizonte superiores a 45°, adopta-se F_h correspondente ao próprio angulo 45°.

O factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao vão envidraçado (F_0), corresponde à percentagem da área do envidraçado que não é sombreada por palas, varandas ou outros elementos exteriores horizontais ou inclinadas em relação ao plano horizontal. F_0 depende de parâmetros como o ângulo de incidência da radiação solar (ângulo de obstrução), o comprimento da obstrução, orientação, latitude e clima local.

Pode-se afirmar que existe uma relação directa entre a geometria do elemento de sombreamento e a altitude solar, permitindo o cálculo da área que sombreia o vão envidraçado. Para tal, recorre-se ao ângulo da pala (α), medido a partir do ponto médio do envidraçado, como pode ser visualizado na Figura 4.11.

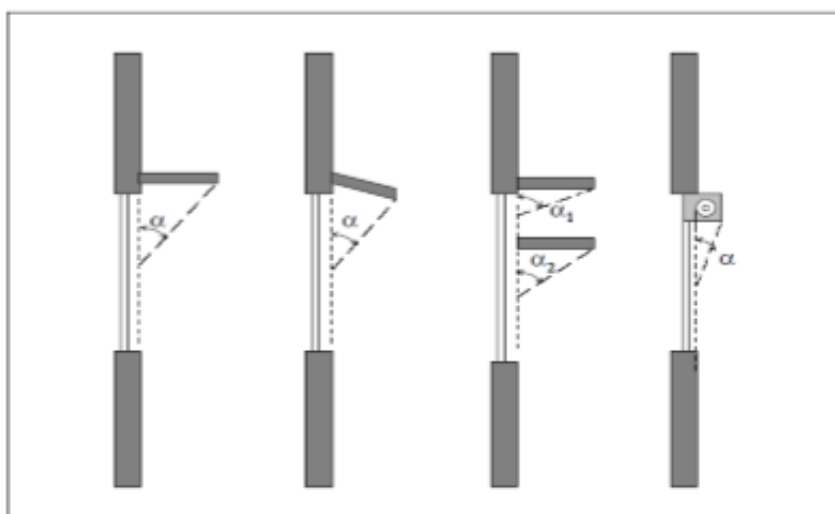


Figura 4.11 - Exemplos de medição do ângulo α de elementos horizontais sobrepostos ao vão envidraçado em corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006

Ainda relacionado com a Figura 4.11, é de referir que no caso dos elementos horizontais serem móveis (palas, estores ou todos), quando recolhidos, o factor de sombreamento por elementos horizontais (F_0) também deve ser calculado.

Após a medição do ângulo da pala e da verificação da orientação do vão envidraçado, F_0 é obtido por consulta directa da Tabela IV.6 do Anexo IV do RCCTE. Para ângulos α do elemento horizontal superiores a 60° adopta-se o valor de F_0 correspondente ao próprio ângulo de 60° .

O factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão envidraçado (F_f), corresponde à percentagem da área do envidraçado que não é sombreada pelas palas verticais opacas ou outros elementos com efeito semelhante. F_f , a semelhança de F_0 , depende de fatores como o ângulo de incidência da radiação solar (ângulo de obstrução – β), o comprimento da obstrução, orientação, localização da pala, latitude e clima local.

Mais uma vez verifica-se a relação entre a geometria do elemento de sombreamento e a altitude solar, permitindo o cálculo da área que sombreia o vão envidraçado. Para tal, recorre-se ao ângulo da pala vertical (β), medido a partir do ponto médio do envidraçado como pode ser verificado na Figura 4.12.

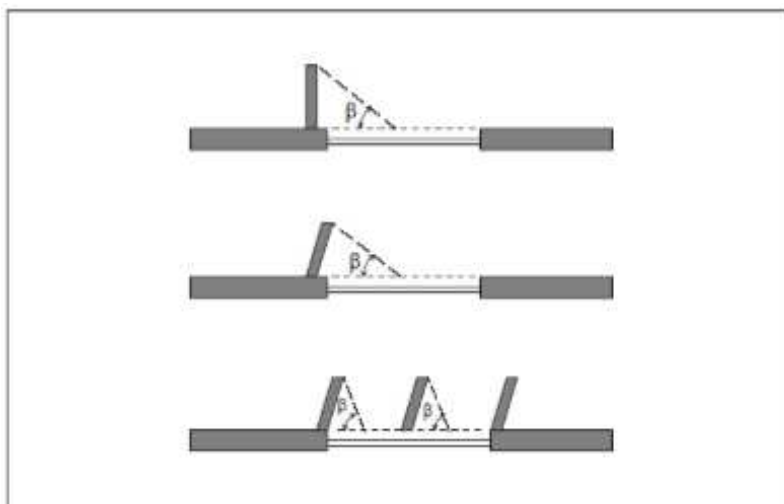


Figura 4.12 - Exemplos de medição do ângulo β de elementos verticais sobrepostos ao vão envidraçado em corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006

A semelhança de F_0 os elementos verticais podem ser móveis (palas, portadas ou estores) e quando recolhidos, F_f também deve ser calculado.

Após a medição do ângulo da pala vertical e da verificação da orientação do vão envidraçado, F_f é obtido por consulta directa da Tabela IV.7 do Anexo IV do RCCTE. Para ângulos β do elemento vertical superiores a 60° , adopta-se para o valor de F_f correspondente ao valor do ângulo de 60° .

Na situação em que o vão não é projectado com palas de sombreamento horizontais ou verticais, deve considerar-se o produto $F_0 \times F_f = 0,9$ traduzindo o sombreamento provocado pelo contorno do vão, uma vez que o vão não é habitualmente aplicado no plano da face exterior da parede.

O factor de obstrução (F_s), representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos. Este factor varia entre 0 e 1, consistindo no produto $F_h \times F_0 \times F_f = F_s$. Sendo assim, e considerando-se a existência de radiação incidente difusa e reflectida a entrar pelo horizonte ou por elementos horizontais e/ou verticais, o produto do factor de orientação (X) do vão envidraçado pelo factor de obstrução F_s não pode ser inferior a 0,27, ou seja $X_j \times F_h \times F_0 \times F_f \geq 0,27$.

O factor de correcção da selectividade angular do tipo de vidro utilizado (F_w), representa a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar directa.

Para vidros correntes simples e duplos F_w assume o valor de 0,9.

Finalmente, o factor solar do vão envidraçado (g_{\perp}) é quantificado considerando a existência de uma cortina interior muito transparente e de cor clara, sendo que:

$g_{\perp}=0,70$ para vidro simples incolor com cortina interior muito transparente de cor clara;

$g_{\perp}=0,63$ para vidro duplo incolor com cortina interior muito transparente de cor clara;

No entanto, se o vidro utilizado apresentar um factor solar inferior a 0,63 não deverá ser considerado o valor anteriormente referido mas, sim o valor do g_{\perp} do vidro.

4.5.5.2 Nova proposta legislativa

O factor de obstrução dos vãos envidraçados, F_s , representa a redução na radiação solar que incide nestes devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos designadamente:

- Obstrução exteriores ao edifício, tais como outros edifícios, orografias, vegetações, etc;
- Obstruções criadas por elementos do edifício, tais como outros corpos do mesmo edifício, palas, varandas e elementos de enquadramento dos vãos externos à caixilharia;

O valor do factor de obstrução, a semelhança do DL 80/2006 calcula-se através da Equação (4.21):

$$F_s = F_h \times F_0 \times F_f \quad (\text{Eq. 4.21})$$

Como no DL 80/2006, em esta nova proposta o valor do produto $X_j \times F_h \times F_0 \times F_f$ não deve ser inferior a 0,27.

A determinação do factor de obstrução de superfícies opacas é totalmente opcional, devendo nos casos em que esta é considerada, seguir uma abordagem igual à prevista para os envidraçados.

O factor de sombreamento do horizonte F_h , traduz o efeito do sombreamento provocado por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou edifícios, vizinhos dependendo do ângulo do horizonte, latitude, orientação, clima do local e da duração da estação de aquecimento.

Tal como descrito no DL 80/2006 o ângulo de horizonte é definido como o ângulo entre o plano horizontal e a recta que passa pelo centro do vão envidraçado e pelo ponto mais alto da maior obstrução existente entre os dois planos verticais que fazem 60° para cada um dos lados da normal ao envidraçado, como demonstrado na Figura 4.13.

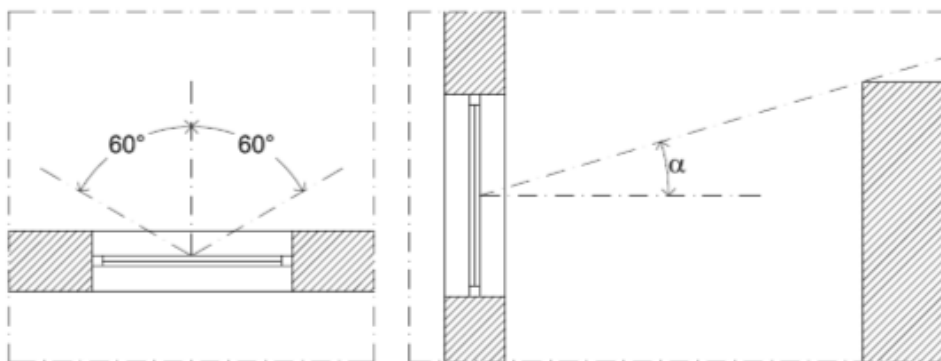


Figura 4.13 - Ângulo de horizonte em corte α em planta, alçado e corte, Fonte: Manual de apoio à aplicação do RCCTE da INETI Lisboa 2006

O ângulo do horizonte, F_h , é o mesmo que o considerado no RCCTE.

Para a estação de aquecimento, os valores dos factores de correcção de sombreamento para condições climáticas médias típicas, para as latitudes do Continente, da Região Autónoma da Madeira (RAM) da Região Autónoma dos Açores (RAA) e para os 8 octantes principais bem como para o plano horizontal, são iguais aos valores apresentados na Tabela IV.5 do RCCTE.

O sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes aos vãos envidraçados ou por elementos verticais, compreendendo palas, varandas e outros elementos de um edifício, este factor depende do comprimento/ângulo de obstrução, da latitude, da exposição e do clima local, sendo que estes valores dos factores de sombreamento verticais e horizontais, F_f e F_0 também são os mesmo que os considerados no DL 80/2006.

É de salientar que no caso de existirem palas verticais a esquerda e a direita do vão envidraçado o factor F_f será o produto dos factores relativos aos ângulos provocados por cada uma das palas. Para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão, quando da não existência de palas verticais e horizontais, e excepto quando o envidraçado se situar na face exterior da parede, o produto $F_0 \times F_f$ não deve ser superior a 0,9. Estes procedimentos já eram levados em consideração na regulamentação em vigor (DL 80/2006).

Para efeito de cálculo na aplicação de esta nova proposta legislativa, podem ser tomados os valores de F_g apresentados no RCCTE.

O factor de correcção da selectividade angular dos para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento, o factor $F_{w,i}$ toma o valor de 0,9.

4.5.5.3 Análise comparativa

Conclui-se então que ao nível dos factores solares de obstrução na estação de aquecimento não existe nenhuma diferença entre o DL80/2006 e a Nova proposta Legislativa, a principal diferença entre as duas legislações é no cálculo do factor solar a utilizar, como já foi explicado no ponto 4.5.4. Fatores solares na estação de arrefecimento

4.5.6 Factores solares na estação de arrefecimento

4.5.6.1 RCCTE

Neste capítulo abordam-se os factores solares para a estação de arrefecimento. Estes têm o mesmo significado que os referidos na estação de aquecimento, no entanto, têm em consideração que a altitude solar é superior quando comparada com a altitude solar na estação de aquecimento influenciando o sombreamento da fachada do edifício, no sentido em que está mais exposta a radiação solar. Devido a esta condicionante, serão salientadas as respectivas alterações relativamente a obtenção dos factores solares na estação de aquecimento.

Para o factor de sombreamento do horizonte F_h estipula-se que é igual a 1, ou seja $F_h = 1$.

Os factores de sombreamento F_0 e F_f podem ser obtidos pela consulta directa dos Quadros do Anexo V do RCCTE, após o conhecimento do ângulo da pala (α) e a respectiva orientação do vão envidraçado.

O parâmetro de fracção envidraçada F_g , não sofre alteração durante o ano, sendo assim o mesmo valor que é utilizado na estação de aquecimento.

O factor de correcção da selectividade angular de vidros simples e duplos F_w é obtido em função da orientação do envidraçado e pela consulta do Quadro V.3 do Anexo V do RCCTE. Para outros tipos de vidros devem ser utilizados os valores fornecidos pelos respectivos fabricantes com base na EN410.

Por ultimo o factor solar do vão envidraçado g_{\perp} obtém-se pela seguinte soma ponderada:

$$g_{\perp} = 70\%g_{\perp(\text{vidro+protecção})} + 30\%g_{\perp\text{vidro}}$$

4.5.6.2 Nova proposta legislativa

Como acontece no DL80/2006, na estação de arrefecimento despreza-se o efeito de sombreamento do horizonte, sendo assim o factor F_h toma o valor igual a 1.

Como foi descrito na estação de aquecimento, também na estação de arrefecimento, o sombreamento por elementos horizontais e verticais depende do comprimento/ângulo e obstrução, da latitude, da exposição e do clima local, sendo os valores dos factores de sombreamento F_f e F_0 para a estação de arrefecimento representados nas Figuras 4.14 e 4.15 abaixo apresentadas.

Ângulo da pala horizontal	Portugal Continental e RAA Latitude de 39°					RAM Latitude de 33°				
	N	NE/ NW	E/W	SE/ SW	S	N	NE/ NW	E/W	SE/ SW	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

Figura 4.14 - Valores dos factores de sombreamento de elementos horizontais F_0 na estação de arrefecimento, Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Posição da pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Pala à esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	0,96	0,91	0,91	0,96	0,95	0,86
	45°	1	1	0,96	0,85	0,87	0,95	0,93	0,78
	60°	1	1	0,95	0,77	0,84	0,93	0,88	0,69
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,86	0,95	0,96	0,91	0,91	0,96	1
	45°	1	0,78	0,93	0,95	0,87	0,85	0,96	1
	60°	1	0,69	0,88	0,93	0,84	0,77	0,95	1

Figura 4.15 - Valores do factor de sombreamento de elementos verticais F_f na estação de arrefecimento. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

A semelhança do que acontece na estação de aquecimento, se existirem palas verticais à direita e a esquerda do vão o factor F_f será o produto dos fatores relativos aos ângulos provocados por cada uma das palas. Para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão, quando não existe qualquer tipo de sombreamento vertical e/ou horizontal o produto $F_0 \times F_f = 0,9$.

A fracção envidraçada F_g toma os mesmos valores em toda a época do ano.

Para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento e nos vãos com vidro plano (incolor, colorido ou reflectante) simples ou duplo, a redução dos ganhos solares causada pela variação do ângulo de incidência da radiação solar é contabilizada com os mesmos valores apresentados no RCCTE, sendo que, nos restantes casos, incluindo os vãos no plano horizontal o factor $F_{w,v}$ toma o valor 0,9.

O factor solar (g_v) é calculado mediante o apresentado e explicado no ponto 4.5.3.

4.5.6.3 *Análise comparativa*

Como sucede na estação de aquecimento, na estação de arrefecimento também não existem diferenças relevantes a nível de metodologia de cálculo entre o DL80/2006 e a nova proposta legislativa, mas existem diferenças nos valores dos factores de obstrução e do g_{\perp} , como foi explicado no ponto 4.5.4.

4.6 Parâmetros de caracterização térmica

4.6.1 RCCTE

O coeficiente de transmissão térmica superficial (U), corresponde à 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 a superfície separa (RCCTE, Anexo II, Definições), sendo calculado pela Equação (4.22) (RCCTE, Anexo VII, Secção 1.1):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (\text{Eq. 4.22})$$

Onde:

R_j – Resistência térmica da camada j ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$);

R_{si} e R_{se} – Resistências térmicas superficiais interiores e exteriores, respectivamente ($\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$);

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial U de um elemento da envolvente, depende de factores construtivos, nomeadamente, se consiste num elemento construído por camadas homogéneas ou heterogéneas e se considera a inclusão ou não de espaços de ar entre camadas.

A publicação do LNEC Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – Versão actualizada de 2006, serve como modelo de pesquisa dos valores de condutibilidade térmica dos materiais correntes de construção e das resistências térmicas das camadas não-homogéneas mais utilizadas. Nessa publicação, indicam-se também os valores do coeficiente de transmissão térmica em superfícies (U) das soluções mais comuns de paredes, pavimentos, coberturas e envidraçados.

No caso dos espaços não-úteis, o cálculo das trocas térmicas é realizado na fronteira do espaço útil com o espaço não-útil.

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos que separam um espaço útil interior de um espaço não-útil, devem ser adoptados os valores das resistências superficiais

exteriores R_{se} iguais às resistências superficiais interiores R_{si} . Assim sendo, a equação 1 sofre alterações, passando assim a ser expressa pela Equação (4.23):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{si}} \quad (\text{Eq. 4.23})$$

4.6.2 Nova proposta legislativa

O valor do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) de um elemento caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que este separa.

No caso de elementos opacos, os princípios que servem como base ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial deste tipo de elementos são os indicados na norma europeia EN ISO 6946, à exceção dos elementos que envolvem transferências de calor para o solo, dos elementos de preenchimento de fachadas-cortina e os vãos envidraçados (janelas, portas envidraçadas) e elementos permeáveis ao ar.

Sendo assim o valor de U de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado através da mesma equação utilizada no RCCTE.

A semelhança do que acontece no DL80/2006, também as publicações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), servem como base a pesquisa dos valores das resistências térmicas dos diferentes tipos de materiais construtivos. Sendo que as resistências térmicas superficiais também são as mesmas que as consideradas na aplicação do RCCTE.

Tal como acontece no DL80/2006 no cálculo do coeficiente de transmissão termia de um elemento que separa um espaço interior de um espaço não-útil ou de um edifício adjacente, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais interiores, R_{si} , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não-útil.

Também nesta nova proposta legislativa encontra-se ilustrada a tabela com os valores das resistências térmicas dos espaços de ar não ventilados, esta tabela encontra-se representada na Figura 4.16.

Direção e sentido do fluxo de calor	Espessura (mm)	R_{ar} [m ² .°C/W]
Horizontal	< 5	0,00
	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25 a 300	0,18
Vertical ascendente	< 5	0,00
	5	0,11
	10	0,15
	15 a 300	0,16
Vertical descendente	< 5	0,00
	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25	0,19
	50	0,21
	100	0,22
300	0,23	

Figura 4.16 - Valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Nos espaços de ar superiores a 300mm não deve ser considerada uma resistência única, sendo assim o balanço de perdas e ganhos térmicos deverá ser feito de acordo com a norma EN ISO 13789, sendo este considerado um espaço não útil, logo a determinação das perdas térmicas deve seguir a mesma metodologia descrita anteriormente, procedendo-se ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica do elemento que separa o espaço útil do não útil tendo em consideração o valor correspondente do coeficiente de redução de perdas b_{tr} , tendo este sido explicado com maior pormenor no ponto 4.4.2.2 desta dissertação.

Relativamente a elementos em contacto com o solo o valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos U_{bf} , (m².°C/W) determina-se com base nas tabelas abaixo representadas nas Figuras 4.17, 4.18 e 4.19 que vêm em função dos seguintes elementos:

- Dimensão característica do elemento B' ;
- Resistência térmica de todas as camadas do pavimento R_f com exclusão das resistências térmicas superficiais;
- Largura ou profundidade do isolamento D , respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical;

A dimensão característica do pavimento calcula-se com base na Equação 4.24:

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \times P} \quad (\text{Eq.24})$$

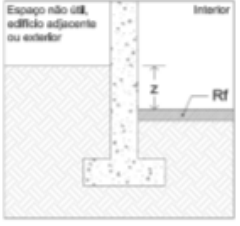
Onde:

A_p – Área útil de pavimento, medida pelo interior (m^2);

P – Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total da parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior (m);

R_f – Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências superficiais ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

D – Largura ou profundidade do isolamento, respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical (m);

B'	$z \leq 0,5 \text{ m}$				$0,5 \text{ m} < z \leq 1,0 \text{ m}$				$1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$			
	$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$			
	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,3	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,2	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
≥ 20	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13
B'	$2,0 \text{ m} < z \leq 3,0 \text{ m}$				$z > 3 \text{ m}$							
	$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$							
	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3				
3	0,45	0,37	0,27	0,21	0,39	0,32	0,24	0,20				
4	0,42	0,34	0,25	0,20	0,36	0,30	0,23	0,19				
6	0,36	0,30	0,23	0,18	0,31	0,27	0,21	0,17				
10	0,28	0,24	0,19	0,16	0,25	0,22	0,18	0,15				
15	0,22	0,20	0,16	0,14	0,20	0,18	0,15	0,13				
≥ 20	0,19	0,17	0,14	0,12	0,17	0,16	0,13	0,12				

Nota 1: Para pavimentos com $z \leq 0,5 \text{ m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,15 \times U_{(R_f=0,5)}$ [(W)/($m^2 \cdot ^\circ\text{C}$)].

Nota 2: Para pavimentos com $z > 0,5 \text{ m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,10 \times U_{(R_f=0,5)}$ [(W)/($m^2 \cdot ^\circ\text{C}$)].

Figura 4.17 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico, U_{bf} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

B'	D = 0,5 m					D = 1,0 m					D = 1,5 m				
	R_f [(m ² .°C)/W]					R_f [(m ² .°C)/W]					R_f [(m ² .°C)/W]				
	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3
3	0,86	0,60	0,46	0,29	0,21	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,75	0,55	0,42	0,28	0,20
4	0,74	0,54	0,42	0,29	0,21	0,69	0,52	0,41	0,28	0,21	0,66	0,50	0,40	0,28	0,20
6	0,59	0,45	0,36	0,26	0,20	0,55	0,43	0,36	0,26	0,20	0,53	0,42	0,35	0,26	0,20
10	0,42	0,34	0,28	0,22	0,18	0,40	0,33	0,28	0,22	0,18	0,38	0,32	0,27	0,21	0,18
15	0,32	0,26	0,23	0,18	0,15	0,30	0,25	0,22	0,18	0,15	0,29	0,25	0,22	0,18	0,15
20	0,26	0,21	0,19	0,15	0,13	0,24	0,21	0,19	0,15	0,13	0,24	0,21	0,18	0,15	0,13

Nota: Para efeito de aplicação da presente tabela, considera-se como espessura mínima de isolamento o valor de 30mm.

Figura 4.18 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal, U_{bf} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

B'	D = 0,5 m					D = 1,0 m					D = 1,5 m				
	R_f (m ² .°C)/W					R_f (m ² .°C)/W					R_f (m ² .°C)/W				
	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3
3	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,72	0,53	0,41	0,27	0,20	0,68	0,50	0,39	0,26	0,19
4	0,69	0,52	0,41	0,28	0,21	0,63	0,49	0,39	0,27	0,20	0,60	0,47	0,38	0,26	0,20
6	0,55	0,43	0,36	0,26	0,20	0,51	0,41	0,34	0,25	0,20	0,49	0,40	0,33	0,25	0,19
10	0,40	0,33	0,28	0,22	0,18	0,38	0,31	0,27	0,21	0,17	0,36	0,31	0,27	0,21	0,17
15	0,30	0,25	0,22	0,18	0,15	0,29	0,25	0,22	0,18	0,15	0,28	0,24	0,21	0,17	0,15
20	0,24	0,21	0,19	0,15	0,13	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13

Nota: Para efeito de aplicação da presente tabela, considera-se como espessura mínima de isolamento o valor de 30mm.

Figura 4.19 - Coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical, U_{bw} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo U_{bw} , determina-se conforme a tabela representada na Figura 4.20, em função da resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais, R_w , e da profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo z .

Z [m]	R_w (m ² .°C)/W					
	0	0,5	1	1,5	2	≥3
0	5,62	1,43	0,82	0,57	0,44	0,30
0,5	2,77	1,10	0,70	0,51	0,40	0,28
1	1,97	0,91	0,61	0,46	0,36	0,26
2	1,32	0,70	0,50	0,38	0,31	0,23
4	0,84	0,50	0,38	0,30	0,25	0,19
≥ 6	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17

Figura 4.20 - Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno, U_{bw} . Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Relativamente ao cálculo da resistência térmica dos envidraçados U_w , este deve ser obtido usando os princípios de cálculo descritos nas normas europeias aplicáveis EN ISO 10077-1 e EN ISO 10077-2, para janelas e portas envidraçadas, e EN 13947 para fachadas-cortina, e em função do

valor do coeficiente de transmissão térmica global. Este valor depende dos elementos que o compõem, nomeadamente, das propriedades térmicas do vidro e do caixilho, ligação entre estes, assim como da própria geometria e tipologia do vão.

No caso de estar previsto que os elementos envidraçados sejam munidos de dispositivos de protecção solar/occlusão nocturna, deve ser tido em conta no cálculo a resistência adicional oferecida por este dispositivo através da consideração do valor do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite U_{wdn} , conforme está previsto na norma EN ISO 10077-1. Este coeficiente corresponde a média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a protecção aberta U_w e fechada U_n , respectivamente, posição típica durante o dia e posição típica durante a noite.

4.6.3 Análise comparativa

No RCCTE, a transmissão de calor pelos elementos em contacto com o solo era quantificado pelo produto de um coeficiente de transmissão térmica linear, ψ , pelo respectivo desenvolvimento, B. Na nova proposta passa a ser quantificado pelo respectivo coeficiente de transmissão térmica superficial, não sendo multiplicado por nenhum factor de redução, obtendo assim um valor superior de perdas pela envolvente em contacto com o solo.

4.7 Pontes térmicas lineares

4.7.1 RCCTE

As principais perdas térmicas ocorrem nos pontos singulares da envolvente do edifício, sendo contabilizadas individualmente através de coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ).

Matematicamente o fluxo de calor através das pontes térmicas lineares são calculadas pelo produto do valor do coeficiente ψ pelo desenvolvimento linear (comprimento) da ponte térmica, o qual deve ser medido pelo interior. Os locais onde podem ocorrer pontes térmicas lineares na envolvente são:

- Pontes térmicas lineares devidas ao contacto de pavimentos térreos e de paredes com o terreno;
- Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores;
- Ligação da fachada com pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com coberturas inclinadas ou em terraço;
- Ligação fachada com varanda;
- Ligação entre duas paredes verticais;
- Ligação fachada com caixa de estore;
- Ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril;

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ) a adoptar, podem ser consultados nas Tabela IV.2 e IV.3 do Anexo IV do RCCTE. Em alternativa, os coeficientes ψ podem ser determinados de acordo com as metodologias apresentadas nas normas EN ISO 13370 e EN ISO 10211-1.

Para as situações não previstas no RCCTE, o valor do coeficiente ψ pode ser adoptado o valor convencional de $\psi = 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. No entanto esta situação irá agravar substancialmente as perdas pelas zonas das pontes térmicas lineares.

4.7.2 Nova proposta legislativa

O coeficiente de transmissão térmica linear pode ser determinado por uma das seguintes formas:

- De acordo com as normas europeias em vigor, nomeadamente a Norma EN ISO 10211;
- Com recurso a catálogos de pontes térmicas para varias geometrias e soluções construtivas típicas, desde que o calculo tenha sido efectuado de acordo com a Norma Europeia 14683 com recurso à metodologia definida na EN ISO 10211;
- Com recurso aos valores indicados na tabela ilustrada na Figura 4.21;

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa-de-ar de parede dupla
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾		0,60	0,15 ⁽²⁾	0,50 ⁽³⁾
Fachada com varanda ⁽¹⁾		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10 ⁽⁴⁾	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,0	0,80	1,0
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	O isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	O isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

³⁾ ⁽⁴⁾ Majorar quando existir teto falso em: ⁽²⁾ 25%; ⁽³⁾ 50%; ⁽⁴⁾ 70%.

Figura 4.21 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica linear. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

É de salientar que não se contabilizam pontes térmicas lineares nos casos das paredes de compartimentação que intersectam paredes, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis e também no caso de paredes interiores que separam um espaço útil de um espaço não-útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{tr} \leq 0,7$.

4.7.3 Análise comparativa

Os valores do coeficiente de transmissão térmica linear apresentados nesta nova proposta legislativa são superiores aos valores apresentados no DL 80/2006, agravando assim os valores das perdas por pontes térmicas lineares. Nesta nova proposta, também são contabilizadas as perdas por ligação entre as fachadas e as caixas de estores, o que no RCCTE só seria considerado em caso de não colocação de isolamento na caixa de estore.

4.8 Taxas de renovação de ar

Por razões de higiene e de conforto dos ocupantes, é necessário que os edifícios sejam permanentemente ventilados por um caudal mínimo de ar. Assim sendo, o edifício ou fracção autónoma deve possuir características construtivas ou dispositivos apropriados de modo a garantir, por ventilação natural ou mecânica, um valor mínimo de renovações de ar, este valor encontra-se apresentado na Secção 3.2 do Anexo IV do RCCTE.

4.8.1 RCCTE

4.8.1.1 Edifícios ventilados naturalmente

Existem dois tipos de ventilação de edifícios que podem ser denominados como: Edifícios ventilados naturalmente e que cumprem a Norma NP 1037 e os que não cumprem a referida Norma.

De modo a satisfazer as exigências da NP 1037-1, um edifício ou fracção autónoma deve apresentar uma taxa de renovação de ar horária nominal R_{ph} , igual a $0,60 \text{ h}^{-1}$.

Para os restantes edifícios ventilados naturalmente, na obtenção de um valor de R_{ph} é necessário determinar previamente a respectiva classe de exposição à acção do vento (Quadro IV.2, Anexo IV do RCCTE), definir a permeabilidade ao ar da caixilharia que se pretende implementar na construção, conhecer se o edifício dispõe ou não de caixa de estore e dispositivos de admissão de ar na fachada (RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.1).

Na obtenção da classe de exposição do edifício a acção do vento, tem-se em consideração os três seguintes parâmetros:

- Altura do edifício ou fracção autónoma acima do solo;
- Região onde se situa o edifício;

- Rugosidade da zona circundante.

Relativamente as regiões onde o edifício se insere, estas dividem-se em A e B. A região A corresponde a todo o território nacional, excepto os locais pertencentes a região B que são: as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto a faixa costeira e regiões com altitudes superior a 600m.

Quanto a rugosidade da zona circundante, esta pode ser do tipo I, II e III, sendo estas:

- 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).

A classe de permeabilidade ao ar da caixilharia, deve ser comprovada por resultado efectuados em laboratório acreditado, sobre o protótipo representativo da serie comercial a qual a caixilharia pertence. Esta é definida pelo caudal de ar que a atravessa, em função da diferença de pressão criada entre as suas faces.

Considerando-se as seguintes classes de permeabilidade ao ar, apresentadas por ordem crescente de desempenho:

- Sem classificação (série de caixilharia não ensaiada ou com permeabilidade ao ar superior máximo admitido para a classe 1);
- Classe 1;
- Classe 2;
- Classe 3;
- Classe 4.

Para se garantir um bom desempenho da caixilharia em termos de permeabilidade do ar, além de considerar-se a classe a que pertence, deve-se ter em conta o modo de execução e a sua aplicação em obra.

Os valores convencionais de R_{ph} podem sofrer eventuais correções, de acordo com os seguintes parâmetros:

- Caracterização das aberturas de ventilação;
- Área dos vãos envidraçados em relação à área de pavimento;
- Tipo de vedação prevista para as pontas;

Relativamente às características das aberturas de ventilação, se estas não possuírem um mecanismo de auto regulação, permitindo a variação do caudal, pressupõe-se um aumento das perdas e dos ganhos por renovação de ar. Nestas condições, os valores convencionais das taxas de renovação de ar (R_{ph}) do Quadro IV.1 do Anexo IV, devem ser agravados de $0,10 \text{ h}^{-1}$, ou seja, como se não existissem dispositivos de admissão de ar .

No que diz respeito à área relativa dos vãos envidraçados, quanto maior for a sua área, maior será o comprimento das juntas fixas ou móveis através das quais ocorre uma parte significativa da renovação de ar no interior do edifício. Os valores convencionais de R_{ph} indicados no Quadro IV.1 do Anexo IV, foram estabelecidos admitindo-se uma área máxima de vãos envidraçado (A_{env}) igual a 15% da área útil de pavimento (A_p). Nestas circunstâncias, os valores de R_{ph} , devem ser agravados de $0,10 \text{ h}^{-1}$, se a percentagem relativa de área de vãos envidraçados for excedida a 15%.

Por último o tipo de vedação prevista para as portas pode originar uma redução da taxa de R_{ph} , se as juntas móveis de todas as portas exteriores do edifício ou fracção autónoma forem bem vedadas pela aplicação de borrachas ou material semelhante que funcione como isolante. O RCCTE admite a possibilidade de se reduzir os valores R_{ph} indicados no Quadro IV.1 do Anexo IV em $0,05 \text{ h}^{-1}$ para edifícios não-conformes com a NP 1037-1, cujas portas exteriores disponham do tipo de vedação referido.

4.8.1.2 Edifícios ventilados mecanicamente

Em alternativa à ventilação natural, a renovação de ar de um edifício ou fracção autónoma pode ser assegurada por sistemas mecânicos. O tipo de ventilação em causa, deve incluir não só os caudais de ar correspondentes à ventilação mecânica, mas também os resultantes das infiltrações de ar pela envolvente, podendo este último ser de maior ou menor volume comparativamente ao primeiro, dependendo das situações.

Neste caso, a taxa de renovação horária R_{ph} é calculada pela seguinte Equação (4.25):

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}_f}{V} + \frac{\dot{V}_x}{V} \quad (\text{Eq. 4.25})$$

Onde:

\dot{V}_f – Caudal devido à ventilação mecânica (m^3/h);

\dot{V}_x – Caudal devido a infiltrações de ar pela envolvente (m^3/h);

V – Volume útil interior da fracção autónoma (m^3);

O caudal de ventilação mecânica, \dot{V}_f , pode tomar os seguintes valores:

- O maior dos valores correspondentes ao caudal insuflado \dot{V}_{ins} , ou extraído \dot{V}_{ev} , no caso de ser um sistema mecânico com caudal constante;
- O maior dos valores dos valores médios diários dos caudais insuflado e extraído no caso de ser um sistema mecânico com caudal variável;

A taxa de renovação horária que diz respeito a ventilação natural pode tomar os seguintes valores, em função da classe de exposição solar e do desequilíbrio entre os caudais:

- Para a classe de exposição Exp 1
 $\frac{\dot{V}_x}{V}$ varia linearmente entre $0,3 \text{ h}^{-1}$ e $0,1 \text{ h}^{-1}$ se a diferença entre $\frac{\dot{V}_{ins}}{V}$ e $\frac{\dot{V}_{ev}}{V}$ for entre 0 e $0,1 \text{ h}^{-1}$
 Se for superior a $0,1 \text{ h}^{-1}$ então $\frac{\dot{V}_x}{V}$ toma o valor 0.
- Para a classe de exposição Exp 2
 $\frac{\dot{V}_x}{V}$ varia linearmente entre $0,7 \text{ h}^{-1}$ e $0,1 \text{ h}^{-1}$ se a diferença entre $\frac{\dot{V}_{ins}}{V}$ e $\frac{\dot{V}_{ev}}{V}$ for entre 0 e $0,25 \text{ h}^{-1}$
 Se for superior a $0,25 \text{ h}^{-1}$ então $\frac{\dot{V}_x}{V}$ toma o valor 0.
- Para a classe de exposição Exp 3 e 4
 $\frac{\dot{V}_x}{V}$ varia linearmente entre 1 h^{-1} e $0,1 \text{ h}^{-1}$ se a diferença entre $\frac{\dot{V}_{ins}}{V}$ e $\frac{\dot{V}_{ev}}{V}$ for entre 0 e $0,5 \text{ h}^{-1}$
 Se for superior a $0,5 \text{ h}^{-1}$ então $\frac{\dot{V}_x}{V}$ toma o valor 0.

Em nenhum caso de ventilação, natural ou mecânica, o valor de R_{ph} poderá ser inferior a $0,6 \text{ h}^{-1}$.

4.8.2 Nova proposta legislativa

4.8.2.1 Edifícios ventilados naturalmente

Sempre que os edifícios estejam em conformidade com o disposto na Norma NP 1037-1, no caso de edifícios com ventilação natural, ou da norma NP 1037-2 no caso de edifícios com ventilação mecânica centralizada, o valor de R_{ph} a adotar será o valor indicado no projecto de ventilação requerido na respectiva norma.

Caso contrário, nos casos não abrangidos pela norma a taxa de renovação horária nominal R_{ph} , poderá ser determinada de acordo com o método previsto na norma EN 15242, mediante a consideração do efeito da permeabilidade ao ar da envolvente, da existência de dispositivos de admissão de ar situados nas fachadas, das condutas de ventilação, do efeito de impulsão térmica (efeito de chaminé) e do efeito do vento.

No entanto, é de salientar que na estação de arrefecimento não deverá ser utilizado um valor de $R_{ph,v}$ inferior a 0,6, tal como acontece na legislação em vigor.

Na aplicação do previsto na norma EN 15242, poderão ser consideradas as simplificações e adaptações descritas seguidamente, bem como podem ser utilizadas ferramentas de cálculo adequadas para resolver a equação de conservação de massa e determinar a pressão interior e os respectivos caudais de ventilação segundo:

$$\sum_i q_{janelas}(\Delta p_i) + \sum_i q_{caixas\ de\ estore}(\Delta p_i) + \sum_i q_{grelhas}(\Delta p_i) + \sum_i q_{condutas}(\Delta p_i) + \sum_i V_{fi} = 0$$

A taxa de renovação de ar R_{ph} , corresponde a soma dos caudais de ar admitidos no edifício a dividir pelo volume útil interior do edifício.

Para este efeito, e para a simplificação do cálculo, será disponibilizado uma folha de cálculo pelo LNEC para ser usado como referência, essa folha de cálculo encontra-se representada na Figura 4.22.

1. Enquadramento do edifício				
Tipo de edifício	PES_novo_ou_grande_reabilitação		Área útil (m2):	50,0
Região	B		Pd (m):	2,70
Rugosidade	III		Vol (m3):	135
Altitude do local (m)	140		Local	Grande Lisboa
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais		Texterior (°C)	12,0
Existem edifícios situados em frente das fachadas?	Sim		Zref (m)	140
Altura de referência do edifício (H _{edif}) em m	21		Text ref (°C)	12,0
Altura de referência da fracção (H _{FA}) em m	5		Aenv/Au:	30%
Altura do edifício situado em frente (H _{obs}) em m	12		Classe de protecção:	Protegido
Distância aos edifícios situados em frente (D _{obs}) em m	12		Zona da fachada:	Baixa
Sistema de ventilação	Outro sistema de ventilação			
Conhece valor mínimo do caudal de ar novo para o espaço (m3/h)				
	Não			
Tipo de atividade	Sono			
Número de ocupantes	55			
Carga Poluente Edifício	Sem emissão específicas e materiais com baixas emissões	Caudal de ar novo (m3/h)	880	
2. Permeabilidade ao ar da envolvente				
Foi medido valor n50	Não			
Para cada Janela ou grupo de janelas:				
Área dos vãos envidraçados (m2)	15	0	0	0
Classe de permeabilidade ao ar das janelas	4	1	3	3
Caixa de estore - permeabilidade	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem
3. Aberturas de admissão de ar na fachada				
Tem aberturas de admissão de ar na fachada	Sim			
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	0	50	0	0
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta				
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Alta			
Altura da conduta (m)	19			
Cobertura	Inclinada (>30°)			
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado				
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)				
Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
7. Verão				
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão				
8. Resultados				
8.1 - Balanço de Energia - Edifício				
Rph aq (h-1)	Corrigir Solução	31,05	ok	
Rph arr (h-1)	Corrigir Solução			
Ev (kWh)	0,0			
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência				
Rph ref (h-1)	880,00			
8.3 - Critério do caudal mínimo de ventilação				
Rph estimada em condições nominais (h-1)	31,05			
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	880,00			
Critério Rph mínimo	Ponderadas medidas de melhoria do sistema de ventilação			

Figura 4.22 - Folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC para o cálculo do Rph, taxa de renovação de ar

Também podem ser utilizados os seguintes métodos de cálculo:

1) Efeito da Impulsão térmica

Consiste na diferença de pressão exercida na envolvente, associada à impulsão térmica (efeito de chaminé) e calcula-se pela Equação (4.26):

$$\Delta P = -\rho \times g \times H \left(1 - \frac{273,15 + \theta_{ext,i}}{273,15 + \theta_{ref,i}}\right) \quad (\text{Eq. 4.26})$$

ρ - Massa volúmica do ar exterior que toma o valor 1.22 [kg/m³]

g - Aceleração da gravidade, que toma o valor 9,8 [m/s²]

H - Diferença de cotas entre aberturas, [m]

$\theta_{ext,i}$ - Temperatura exterior média mensal do mês mais frio

$\theta_{ref,i}$ - Temperatura interior de referência na estação de aquecimento, igual a 20 °C

2) Efeito da acção do vento

O efeito da acção do vento na envolvente da fracção é traduzido pela Equação (4.27) de cálculo da pressão exterior numa fachada ou cobertura:

$$P_w = C_{pi} \times \frac{1}{2} \times \rho \times u^2 \quad (\text{Eq. 4.27})$$

Onde:

u - Velocidade média do vento no local;

C_{pi} - Coeficiente de pressão aplicável à fachada ou cobertura, e é determinado em função da altura da fracção e do efeito de protecção provocado pelas construções vizinhas, referenciadas ao eixo da fachada em estudo conforme a Figura 5.23.

Zona da fachada	Protecção do edifício	Fachada		Inclinação da cobertura		
		Barlavento	Sotavento	<10°	10° a 30°	≥ 30°
Inferior $H_{FA} \leq 15$ m	Desprotegido	0,50	-0,70	-0,70	-0,60	-0,20
	Normal	0,25	-0,50	-0,60	-0,50	-0,20
	Protegido	0,05	-0,30	-0,50	-0,40	-0,20
Média $15 \text{ m} < H_{FA} < 50$ m	Desprotegido	0,65	-0,70	-0,70	-0,60	-0,20
	Normal	0,45	-0,50	-0,60	-0,50	-0,20
	Protegido	0,25	-0,30	-0,50	-0,40	-0,20
Superior $H_{FA} \geq 50$ m	Desprotegido	0,80	-0,70	-0,70	-0,60	-0,20

em que:

H_{FA} - altura da fracção em estudo, correspondente à maior distância vertical entre o teto da fracção e o nível do terreno, em m;

Figura4.23 - Valores do coeficiente de pressão C_{pi}

A classe de protecção do edifício é determinada com base na distância aos obstáculos vizinhos e no quadro que está representado na Figura 4.24, sempre que se verifique, pelo menos, uma das seguintes condições:

- i. Se a fracção se encontrar na zona inferior do edifício e se verifique que:

$$H_{obs} \geq 0.5 \times \min\{H_{edif}; 15\}$$

- ii. Se a fracção se encontra na zona média do edifício e se verifique que:

$$H_{obs} \geq 15 + 0.5 \times \min\{H_{edif}; 15\}$$

Classe de Protecção	Desprotegido	Normal	Protegido
D_{obs}/H_{obs}	> 4	1,5 a 4	< 1,5

Figura 4.24 - Classe de protecção ao vento da fracção

Onde:

H_{edif} - Altura do edifício em estudo, correspondente à maior distância vertical entre o ponto do teto da fracção mais elevada do edifício (m);

H_{obs} - Altura do obstáculo/edifício situado em frente à fachada correspondente à maior distância entre o ponto mais alto da fachada (m);

D_{obs} - distância ao obstáculo, correspondente à maior distância entre a fachada do edifício em estudo e a fachada do obstáculo/edifício situado em frente (m);

Os valores de H_{edif} , H_{obs} e H_{FA} em metros, podem ser determinados simplificados por $3 \times n^\circ$ de pisos.

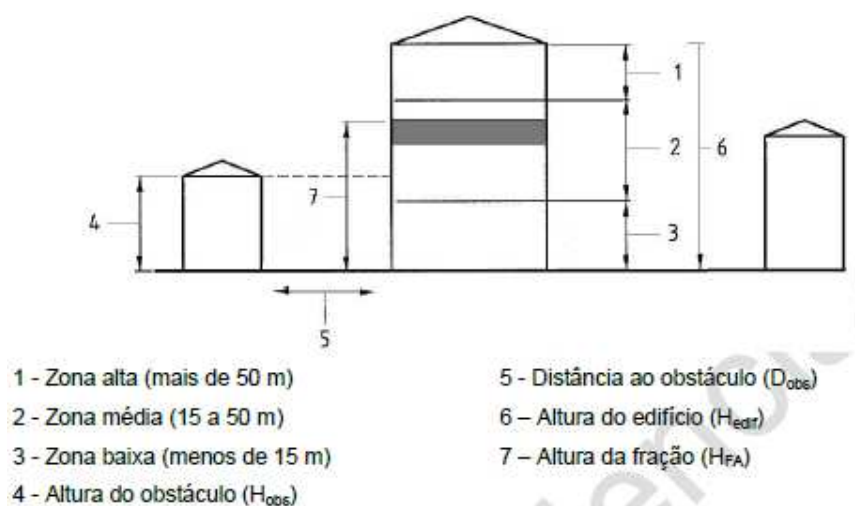


Figura 4.25 - Indicação das dimensões relevantes para avaliar a protecção ao vento da fracção

É de salientar que se existirem vários obstáculos às fachadas, que se traduzam em diversos valores de D_{obs} deverá ser considerado o obstáculo que se traduza na maior distância. No caso em que não

se verifique nenhuma das condições acima referidas, bem como na ausência de obstáculos ou informação relativa a algumas das distâncias, a classe de protecção deve ser considerada como desprotegido.

A velocidade média do vento no local, u , tem o valor mínimo de 3,6 m/s e é função da região em que o edifício se insere, sendo obtida a partir das Equações (4.28) e (4.29):

I. Região A:

$$u = 11,5 \times \left(\frac{H_{edif}}{Z_u}\right)^\alpha \quad (\text{Eq. 4.28})$$

II. Região B:

$$u = 12,6 \times \left(\frac{H_{edif}}{Z_u}\right)^\alpha \quad (\text{Eq. 4.29})$$

As definições das Regiões A e B são as mesmas que são definidas no RCCTE.

Os parâmetros α e Z_u determinam-se de acordo o representado na Figura 4.26 e em função da rugosidade do terreno onde se encontra o edifício, estas rugosidades são as mesma que são definidas no RCCTE.

Rugosidade	I	II	III
α	0,4	0,3	0,2
z_u (m)	550	480	400

Figura 4.26 - Parâmetros para o cálculo da velocidade média do vento

3) Permeabilidade ao ar da envolvente

Caso seja realizado um ensaio de pressurização de acordo com a norma EN 13829, para caracterizar a permeabilidade ao ar da envolvente, pode ser considerado o valor n_{50} desse ensaio para estimar o caudal de infiltrações de ar através da Equação (4.30):

$$q_v = n_{50} \times A_p \times P_d \times \left(\frac{\Delta P}{50}\right)^{0,67} \quad (\text{Eq. 4.30})$$

Nos restantes casos, considera-se que as principais frinchas na envolvente exterior correspondem à caixilharia (permeabilidade ao ar das portas e janelas) e às eventuais caixas de estore (como permeabilidade ao ar das caixas de estore).

A classe de permeabilidade ao ar das portas e janelas é determinada com os métodos normalizados de ensaios previstos na EN 1026, e os métodos de classificação de resultados previstos na EN 12207 e na EN 14351-1+A1, caso não exista um ensaio de permeabilidade considera-se a caixilharia sem classe de permeabilidade ao ar.

Em função da classificação das portas e janelas considera-se a relação dada pela Equação (4.31) entre a diferença de pressão na envolvente, em Pa, e o caudal de infiltrações pelas janelas e portas, q_v :

$$q_v = W \times \left(\frac{\Delta P}{100}\right)^{0,67} \times A_{v\tilde{a}os} \quad (\text{Eq. 4.31})$$

Onde:

W - Coeficiente com valor 100, 50, 27, 9 ou 3 para janelas e portas com classificação, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4, respectivamente

$A_{v\tilde{a}os}$ - Área de vão (m²)

A permeabilidade ao ar das caixas de estore é classificada como baixa ou elevada, de acordo com os seguintes princípios:

a) Caso a caixa de estore seja exterior e não comunique com o interior, para efeitos de estimativa das infiltrações de ar esta não será considerada.

b) A classe de permeabilidade ao ar da caixa de estore será baixa se, após a realização de ensaio da sua permeabilidade ao ar, com inclusão das juntas ao caixilho de acordo com a norma EN 1026 e à diferença de pressão de 100 Pa, o caudal de infiltração de ar a dividir pela unidade de comprimento for inferior a 1 m³/(h.m).

c) A classe de permeabilidade ao ar da caixa de estore será de igual modo baixa se esta for exterior e comunicar com o interior apenas na zona de passagem da fita, bem como nas situações em que apresenta um vedante sob compressão adequada em toda a periferia das suas juntas, sendo o caudal de infiltrações de ar estimado de acordo com a Equação (4.32):

$$q_v = 1 \times \left(\frac{\Delta P}{100}\right)^{0,67} \times 0,7 \times A_{v\tilde{a}os} \quad (\text{Eq. 4.32})$$

d) Nos casos não previstos nas alíneas anteriores, considera-se que a permeabilidade ao ar da caixa de estore é elevada, sendo o caudal de infiltrações de ar obtido de acordo com a Equação (4.33):

$$q_v = 10 \times \left(\frac{\Delta P}{100}\right)^{0,67} \times 0,7 \times A_{v\tilde{a}os} \quad (\text{Eq. 4.33})$$

4) Aberturas de admissão de ar na envolvente exterior

Os tipos de aberturas de admissão de ar na envolvente, podem ser classificadas como: aberturas fixas ou reguláveis manualmente ou aberturas autorreguláveis.

A relação entre a pressão e o caudal de ar escoado através de aberturas fixas ou reguláveis manualmente é obtida de acordo com a Equação (4.34):

$$q_v = 0,281 \times \Delta P^{0,5} \times A \quad (\text{Eq. 4.34})$$

Sendo que A é a área livre da abertura fixa ou regulável manualmente.

Se as instalações sanitárias não possuírem condutas de evacuação, mas sim janelas exteriores, o efeito da abertura destas janelas na ventilação será estimado com base na aplicação da equação (4.32) apresentada anteriormente para uma abertura fixa com área livre até 250 cm² por janela.

No caso de existirem aberturas autorreguláveis pela acção do vento, reportando-se a dispositivos em que a regulação do caudal se inicia a uma diferença de pressão definida pela expressão $\Delta P =$

xPa , que tipicamente toma os valores de 2, 10 ou 20 Pa, e cujo caudal nominal será M , em m^3/h , a relação entre o caudal e a diferença de pressão na envolvente será calculada através das Equações (4.35) e (4.36):

a) Se $\Delta P \leq x$

$$q_v = M.(\Delta P/x)^{0,5} \quad (\text{Eq. 4.35})$$

b) Se $\Delta P > x$

$$q_v = M. \left| 1 + 0,5 \left(\frac{\Delta P - x}{100 - x} \right) \right| \quad (\text{Eq. 4.36})$$

5) Conduatas de admissão e de evacuação natural de ar

No cálculo da taxa de renovação do ar, Rph, deve ser considerado o impacto das conduatas de admissão ou de exaustão de ar, denominadas chaminés, o escoamento natural do ar através dessas conduatas, as perdas de carga na chaminé e o efeito da localização da sua saída na cobertura são relacionadas pela Equação (4.37):

$$q_v = C \times \Delta P^{0,5} \quad (\text{Eq. 4.37})$$

A constante C, determina-se com base em ensaios e cálculos das perdas de carga existentes nas conduatas, sendo que para efeito da determinação do Rph, podem ser adoptadas as expressões que constam da Figura 4.27, em função do diâmetro das conduatas e das obstruções nas aberturas mediante a relação entre a área livre da secção de abertura e área da secção da conduata:

Perda de Carga	Conduata	Constante c
Baixa	$D \geq 200 \text{ mm} \text{ e } A_{livre}/A_{conduata} \geq 70\%$	$\frac{113}{\sqrt{2,03 + 0,14 L}}$
Média	$125 \text{ mm} \leq D < 200 \text{ mm} \text{ e } A_{livre}/A_{conduata} \geq 70\%$	$\frac{44,2}{\sqrt{1,93 + 0,14 L}}$
Alta	$D < 125 \text{ mm} \text{ OU } A_{livre}/A_{conduata} < 70\%$	$\frac{28,3}{\sqrt{3,46 + 0,21 L}}$
-	$A_{livre}/A_{conduata} < 10\%$	0

Figura 4.27 - Constante da curva característica de conduatas de ventilação natural, C. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Sendo que D, é o diâmetro da conduata, em milímetros, e L é a altura da conduata, em m, para conduatas de forma rectangular o diâmetro equivalente pode ser obtido pela Equação (4.38):

$$D_{eq} = 1,3 \times \left(\frac{(a \times b)^{0,625}}{(a+b)^{0,625}} \right) \quad (\text{Eq. 4.38})$$

Sendo que a e b são as dimensões dos lados da conduata de secção rectangular, em metros.

No caso de ser conhecido o desempenho do ventilador estático existente no topo da chaminé, de acordo com a EN 13141-5, pode ser estimado o seu impacto através das correcções no valor do coeficiente de pressão da cobertura, de acordo com o previsto no anexo A da norma EN 15242.

6) Conduatas de insuflação ou evacuação mecânica do ar

Nas fracções que possuam um sistemas mecânico ou híbrido que assegure a insuflação ou extracção de um caudal de ar contínuo, considera-se que se encontra assegurado o valor do caudal

de ar, não sendo necessário definir as respectivas condutas, nos sistemas de caudal de ar variável, para efeitos de cálculo é considerado o caudal de ar médio diário.

Na ausência de projecto podem ser considerados os caudais de ar mínimo de valor igual a $0,4 \text{ h}^{-1}$.

4.8.2.2 Edifícios ventilados mecanicamente

Na situação de edifícios ventilados mecanicamente também é considerado para o cálculo da taxa de renovação de ar a metodologia previsto na norma EN 15242.

Quando o edifício dispõe de sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo, tendo caudal constante ou variável, deve ser estimado o consumo de energia eléctrica de funcionamento dos ventiladores (W_{vm}), pela Equação (4.39):

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \times \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \times \frac{H_f}{1000} \quad (\text{Eq.4.39})$$

Onde:

V_f – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador;

ΔP – Diferença de pressão total do ventilador;

η_{tot} – Rendimento total de funcionamento do ventilador;

H_f – Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante um ano. Por defeito é considerado que os ventiladores se encontram em funcionamento as 24h do dia, logo admite-se como valor para este coeficiente 8760h.

Quando não são conhecidos os valores de ΔP e de η_{tot} o consumo de energia W_{vm} pode ser determinada pela Equação (4.40):

$$W_{vm} = 0,3 \times V_f \times \frac{H_f}{1000} \quad (\text{Eq. 4.40})$$

No caso dos sistemas híbridos de baixa pressão, isto é, inferior a 20 Pa, e desde que não se conheça os valores de ΔP e de η_{tot} o consumo de energia W_{vm} pode ser determinada pela Equação (4.41):

$$W_{vm} = 0,03 \times V_f \times \frac{H_f}{1000} \quad (\text{Eq. 4.41})$$

É de salientar que no caso de estarem causa um ventilador comum a varias fracções autónomas ou edifícios, a energia total correspondente ao funcionamento deve ser dividida entre cada uma dessas fracções autónomas ou edifícios, numa base directamente proporcional aos caudais de ar nominais V_f correspondentes a cada uma delas.

4.8.3 Análise comparativa

Não existem diferenças entre a o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa ao nível do cálculo da taxa de renovação de ar relativamente aos edifícios ventilados naturalmente e que respeitam a norma NP 1037. Contudo relativamente aos edifícios que não estão conforme com a norma indicada anteriormente e aos edifícios que são ventilados mecanicamente existem diferenças ao nível do cálculo da taxa de renovação de ar.

No caso do DL 80/2006 e tratando-se de edifícios com ventilação mecânica, o cálculo da taxa depende de vários parâmetros, o que é dito na nova proposta legislativa é que no caso de serem edifícios ventilados naturalmente, mas que não estão conforme a norma e edifícios ventilados mecanicamente a taxa de renovação de ar será dada pelo quociente do somatório dos caudais de ar admitido no edifício e o volume útil interior.

4.9 Requisitos energéticos

De modo a cumprir os parâmetros estabelecidos na regulamentação ao nível dos requisitos energéticos, os regulamento desenvolveram métodos de cálculo detalhados, focados nas necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento (N_{ic}), e arrefecimento (N_{vc}), de energia para preparação de AQS (N_{ac} no caso do RCCTE e Q_a no caso da nova proposta) e de energia primária (N_{tc}).

Os parâmetros energéticos acima referidos, não podem exceder os valores máximos admissíveis correspondentes as necessidades máximas nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i), de arrefecimento (N_v), de preparação de AQS (N_a), no caso do RCCTE, porque a nova proposta legislativa não contempla valores máximos admissíveis para a energia necessária para a preparação de AQS, e de energia primária (N_t), sob pena de não cumprimento do regulamento.

Segundo Camelo et al (2006), as N_{ic} e N_{vc} não traduzem as condições energéticas reais de uma fracção autónoma, podendo ocorrer diferenças substanciais, quer por excesso, quer por defeito, entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas com as de referencia. Valores elevados das N_{ic} e / ou N_{vc} , indiciam que será necessário recorrer a maiores gastos energéticos na obtenção das condições de conforto térmico ideais, ou seja, quanto maiores forem os valores, mais frios e mais quentes serão os edifícios no Inverno e no Verão respectivamente.

Nos capítulos seguintes serão abordados os métodos de cálculo relativos ás necessidades energéticas, nomeadamente, para as N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} ou Q_a e N_{tc} e os respectivos valores máximos admissíveis N_i , N_v , N_a e N_t .

4.9.1 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic)

As necessidades nominais de aquecimento (Nic), são calculadas mediante a duração convencional da estação de aquecimento, correspondendo à energia útil necessária para manter a temperatura de referência constante no interior do edifício ou fracção autónoma.

De acordo com o RCCTE o valor de Nic resulta do somatório de três parcelas, de acordo com a Equação (4.42):

$$Nic = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p} \quad (\text{Eq.4.42})$$

Onde:

Nic – Necessidades nominais de aquecimento;

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, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos através dos envidraçados;

A_p – Área útil de pavimento do edifício ou fracção autónoma;

Segundo a nova proposta legislativa o valor de Nic é calculado através da Equação (4.43):

$$Nic = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.43})$$

As parcelas relacionadas com as perdas e ganhos (Q_t , Q_v e Q_{gu}), representam-se em regime estacionário, no entanto, devem ser abordadas em regime permanente já que são integradas ao longo da estação de aquecimento. Neste sentido estes efeitos são compensados e podem ser desprezados.

4.9.1.1 Perdas de calor por condução através da envolvente exterior (Q_t)

4.9.1.1.1 RCCTE

Na estação de aquecimento, as perdas de calor por condução através da envolvente durante Q_t , ocorrem ao nível das paredes, envidraçados, cobertura e pavimento, devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, através da soma de quatro parcelas segundo a Equação (4.44):

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{ina} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (\text{Eq. 4.44})$$

Onde:

Q_t – Perdas de calor por condução através da envolvente;

Q_{ext} – Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior;

Q_{lna} – Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos;

Q_{pe} – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo;

Q_{pt} – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício;

As perdas de calor pelas zonas correntes de paredes, pontes térmicas, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior (Q_{ext}), são calculadas em cada momento para cada classe de elemento. A energia necessária para compensar essas perdas em cada elemento da envolvente exterior é representada pela Equação (4.45):

$$Q_{ext} = 0,024 \times \sum_j U_j \times A_j \times GD \quad (\text{Eq. 4.45})$$

Onde:

U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente opaca ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$);

A_j – Área do elemento j da envolvente opaca medida pelo interior (m^2);

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se insere (°C.dia).

As perdas de calor pelas zonas correntes em contacto com locais não aquecidos (Q_{lna}), incidem sobre elementos como armazéns, arrecadações, garagens, zonas de circulação comum e sótãos não habitados. A energia necessária para compensar essas perdas é dada pela Equação (4.46).

$$Q_{lna} = 0,024 \times \sum_j U_j \times A_j \times GD \times \tau \quad (\text{Eq.4.46})$$

Onde:

τ – Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos.

As perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo traduzem as perdas unitárias de calor, isto é, por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior, através dos elementos de construção em contacto com o terreno (L_{pe}), de acordo com a seguinte Equação (4.47):

$$L_{pe} = \sum_j \psi_j \times B_j \quad (\text{Eq. 4.47})$$

Onde:

L_{pe} – Perdas unitárias de calor através dos elementos de construção em contacto com o solo (W/°C);

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o solo ou da ponte térmica linear (W/m°C);

B_j – Desenvolvimento linear (m);

O coeficiente de transmissão térmica linear (ψ), vem em função da diferença de nível (Z) entre a face superior do pavimento e a cota do terreno exterior. O valor de Z é negativo se a cota do pavimento for superior a cota do terreno exterior e positivo caso aconteça o contrário.

Para obter o valor do coeficiente de transmissão térmica linear (ψ), recorre-se a consulta directa das Tabelas IV.2.1 e 2.2 do Anexo IV do RCCTE.

A energia necessária para compensar estas perdas é dada pela Equação (4.48):

$$Q_{pe} = 0,024 \times \sum_j L_{pe} \times GD \quad (\text{Eq. 4.48})$$

As perdas térmicas lineares unitárias por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interiores e exteriores (L_{pt}), através das pontes térmicas existentes no edifício, são calculadas segundo a Equação (4.49):

$$L_{pt} = \sum_j \psi_j \times B_j \quad (\text{Eq. 4.49})$$

Onde:

L_{pt} – Perdas de calor lineares unitárias através das pontes térmicas lineares (W/°C);

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear (W/m.°C);

B_j – Desenvolvimento linear (m);

A energia necessária para compensar as perdas térmicas lineares para cada ponte térmica da envolvente pode ser obtida pela Equação (4.50):

$$Q_{pt} = 0,024 \times \sum_j L_{pt} \times GD \quad (\text{Eq. 4.50})$$

4.9.1.1.2 Nova proposta legislativa

Ao longo da estação de aquecimento e devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a transferência de calor por transmissão global, que ocorre através da envolvente, traduz-se em perdas de calor calculadas de acordo com a seguinte Equação (4.51):

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (\text{Eq. 4.51})$$

Onde:

$H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão conforme será descrito seguidamente (W/°C);

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão traduz a condutância através da superfície dos elementos da envolvente, compreendendo paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos. Para o efeito do cálculo das necessidades na estação de aquecimento resulta a soma de quatro parcelas representadas na Equação (4.52):

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (\text{Eq. 4.52})$$

Onde:

H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior, compreendendo paredes, envidraçados, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas;

H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis;

H_{adj} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes;

H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto o solo;

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior calcula-se de acordo com a seguinte Equação (4.53):

$$H_{ext} = \sum_i U_i \times A_i + \sum_j \psi_j \times B_j \quad (\text{Eq. 4.53})$$

Onde:

A_i – Área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício;

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j , calculado de acordo com o descrito no capítulo 5.7.2;

B_j – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear j , medido pelo interior do edifício;

Os coeficientes de transferência de calor por transmissão através da envolvente em contacto com espaços não úteis, H_{enu} , e em contacto com edifícios adjacentes, H_{adj} , calculam-se ambos da mesma forma e com base na seguinte Equação (4.54):

$$H_{enu} = H_{adj} = b_{tr} \times (\sum_i U_i \times A_i + \sum_j \psi_j \times B_j) \quad (\text{Eq. 4.54})$$

Onde:

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas pela envolvente em contacto com espaços não úteis ou

É de salientar que o coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 1$ traduz a redução da transmissão de calor nas situações em que a temperatura do lado aposto ao ambiente interior é diferente do valor da temperatura exterior, nomeadamente no caso de contacto com espaços não úteis ou com edifícios adjacentes.

O cálculo do coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo deve ser feito de acordo com a metodologia definida na norma EN ISO 13370, ou através da seguinte Equação (4.55):

$$H_{ecs} = \sum_i U_{bf_i} \times A_i + \sum_j Z_j \times P_j \times U_{bw_j} \quad (\text{Eq. 4.55})$$

Onde:

U_{bf_i} – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado i ;

A_i – Área do pavimento em contacto com o solo i , medida pelo interior do edifício;

Z_j – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo j ;

P_j – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo j , medido pelo interior;

U_{bw_j} – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo j ;

É de salientar que na situação em que o pavimento é assente ao nível do solo, pavimento térreo, o cálculo resume-se apenas a primeira parcela da equação, uma vez que $Z_j = 0$. No caso de esse pavimento possua isolamento térmico perimetral, o fator U_{bf_i} , será substituído por U_{fe_i} , correspondente ao coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo i com isolamento térmico perimetral.

4.9.1.1.3 Análise comparativa

Analisando o RCCTE e a nova proposta legislativa, a diferença que ressalta é o facto de na nova proposta legislativa ser contabilizada em parcela separada as transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes. No DL 80/2006 já era contabilizado, mas como sendo uma perda da envolvente em contacto com espaços não úteis, com $\tau = 0,6$, mas a principal diferença está relacionada com o cálculo da transferência de calor de elementos em contacto com o solo.

4.9.1.2 Perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v)

4.9.1.2.1 RCCTE

As perdas de calor resultantes da renovação de ar (Q_v) corresponde às perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior. Durante a estação de aquecimento, a energia necessária para compensar estas perdas, é calculada através da Equação (4.56):

$$Q_v = 0,024 \times (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times GD \times (1 - \eta_v) \quad (\text{Eq. 4.56})$$

Onde:

R_{ph} - Número de renovações horárias do ar interior (h^{-1});

A_p - Área útil de pavimento (m^2);

P_d - Pé direito (m);

η_v - Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor ($\eta_v = 0$, caso em que não haja recuperador);

4.9.1.2.2 Nova proposta legislativa

As perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a Equação (4.57):

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times (0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d) \times GD \quad (\text{Eq. 4.57})$$

No caso de a ventilação ser assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a energia necessária relativa a estas perdas é dada pela Equação (4.58):

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times (0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d) \times GD \times b_{ve,i} \quad (\text{Eq. 4.58})$$

Onde o $b_{ve,i}$ é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor, esta parcela é calculada pela Equação (4.59):

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \times \frac{V_{ins}}{R_{ph,i} \times A_p \times P_d} \quad (\text{Eq. 4.59})$$

Onde:

η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;

V_{ins} – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor;

4.9.1.2.3 Análise comparativa

A diferença entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa, ao nível da metodologia de cálculo das perdas de calor por renovação do ar interior do edifício ou fracção autónoma, é o facto de no DL 80/2006 é contabilizado o sistema de recuperação através da fórmula $1 - \eta_v$, e na nova proposta legislativa é contabilizado através da fórmula $1 - \eta_{RC} \times \frac{V_{ins}}{R_{ph,i} \times A_p \times P_d}$, mas a principal diferença diz respeito a determinação do R_{ph} como já foi explicado no capítulo 5.8.2 desta dissertação.

4.9.1.3 Ganhos térmicos úteis (Q_{gu})

4.9.1.3.1 RCCTE

Os ganhos térmicos úteis (Q_{gu}) a considerar no cálculo da Nic nos edifícios e fracções autónomas, resultam de duas fontes:

- Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor Q_i , ou seja, os ganhos internos brutos provenientes da iluminação, utilização de equipamentos e presença dos ocupantes;
- Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar Q_s , ou seja, os ganhos solares brutos obtidos através dos envidraçados, já explicados no ponto 4.5.2 desta dissertação;

Nem todos os ganhos térmicos totais brutos, Q_g , se traduzem em aquecimento útil do ambiente interior, ocorrendo por vezes sobreaquecimento interior. Estes são obtidos pelo somatório dos ganhos internos brutos (Q_i) e dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados (Q_s).

O método de cálculo de Q_i baseia-se na Equação (4.60):

$$Q_i = 0,72 \times q_i \times M \times A_p \quad (\text{Eq. 4.60})$$

Onde:

q_i – Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento (W/m^2);

Os ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento q_i são obtidos por consulta directa do Quadro IV.3 do Anexo IV do RCCTE, ou adoptados valores diferentes dos presentes no quadro referido, desde que estes valores sejam devidamente justificados. No caso de edifícios de habitação, o regulamento indica o valor de 4 W/m².

Depois de se obter o valor dos ganhos térmicos brutos Q_g , é necessário convertê-los em ganhos térmicos úteis Q_{gu} através do fator de utilização dos ganhos térmicos (η), pela Equação (4.61):

$$Q_{gu} = \eta \times Q_g \quad (\text{Eq. 4.61})$$

Segundo a Secção 4.4 do Anexo IV do RCCTE, o factor de utilização dos ganhos térmicos, é calculado em função da inércia térmica do edifício e da relação γ que consiste no quociente entre os ganhos totais brutos e as perdas térmicas totais do edifício, segundo a Equação (4.62):

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_t + Q_v} \quad (\text{Eq. 4.62})$$

Onde:

Q_g – Ganhos térmicos totais brutos;

Q_t – Perdas de calor por condução através da envolvente;

Q_v – Perdas de calor resultante da renovação de ar;

Uma vez obtida a relação γ , calcula-se o factor de utilização dos ganhos térmicos (η) pelas Equações (4.63) e (4.64):

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \text{ se } \gamma \neq 1 \quad (\text{Eq. 4.63})$$

$$\eta = \frac{a}{a+1} \text{ se } \gamma = 1 \quad (\text{Eq. 4.64})$$

Para a aplicação das equações acima apresentadas o termo a toma os seguintes valores, consoante a inércia térmica do edifício ou fracção autónoma:

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

4.9.1.3.2 Nova proposta legislativa

A semelhança do que acontece no DL 80/2006 também na nova proposta legislativa a conversão da parte dos ganhos brutos se traduzem em ganhos térmicos úteis através da Equação (4.65):

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad (\text{Eq. 4.65})$$

Onde:

η_i – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento;

Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento do edifício, a semelhança do que é descrito no DL 80/2006, tem duas origens conforme é indicado na Equação (4.66):

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad (\text{Eq. 4.66})$$

Em que:

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento;

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento;

Como mencionado no capítulo anterior os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de energia situada no espaço a aquecer, nomeadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, e o calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação, com exclusão de sistemas de aquecimento.

Os ganhos térmicos internos são calculados, durante a estação de aquecimento pela Equação (4.67):

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times M \times A_p \quad (\text{Eq. 4.67})$$

O cálculo dos ganhos brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento, $Q_{sol,i}$, deve ser efectuado de acordo com a metodologia de cálculo indicada e explicada no capítulo 4.5.3.

Tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento, os respectivos factores de utilização dos ganhos térmicos (η_i) e (η_v) calculam-se de acordo com as Equações (4.68), (4.69) e (4.70):

- Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (\text{Eq. 4.68})$$

- Se $\gamma = 1$

$$\eta = \frac{a}{a+1} \quad (\text{Eq. 4.69})$$

- Se $\gamma < 0$

$$\eta = \frac{1}{\gamma} \quad (\text{Eq. 4.70})$$

Em que:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}}$$

$$a = 0,8 + \frac{c_m}{H_{tr} + H_{ve}}$$

Onde:

Q_{tr} – Transferências de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo;

Q_{ve} – Transferências de calor por ventilação na estação em estudo;

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação em estudo;

H_{tr} – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão para a estação em estudo;

H_{ve} – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação para a estação em estudo;

c_m – Parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica;

O parâmetro c_m é dado em função da inércia térmica do edifício ou fracção autónoma tomando então um dos seguintes valores:

$$c_m = \begin{cases} 1,018 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica fraca} \\ 1,528 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica média} \\ 2,407 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica forte} \end{cases}$$

4.9.1.3.3 Análise comparativa

A análise comparativa está representada na Tabela 4.13 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dos ganhos térmicos úteis Tabela 4.13 abaixo ilustrada.

Diferenças	DL 80/2006	Nova proposta legislativa
Calculo do η	<ul style="list-style-type: none"> • Se $\gamma \neq 1$ $\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$ • Se $\gamma = 1$ $\eta = \frac{a}{a + 1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$ $\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$ • Se $\gamma = 1$ $\eta = \frac{a}{a + 1}$ • Se $\gamma < 0$ $\eta = \frac{1}{\gamma}$
Calculo do a	$a = \begin{cases} 1,8 & \text{para edifícios com inércia térmica fraca} \\ 2,6 & \text{para edifícios com inércia térmica média} \\ 4,2 & \text{para edifícios com inércia térmica forte} \end{cases}$	$a = 0,8 \times \frac{c_m}{H_{tr} + H_{ve}}$ <p>Onde:</p> $c_m = \begin{cases} 1,018 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica fraca} \\ 1,528 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica média} \\ 2,407 \times A_p & \text{para edifícios com inércia térmica forte} \end{cases}$
Valor de q_{int}	Os ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento q_i são obtidos por consulta direta do Quadro IV.3 do Anexo IV do RCCTE	$q_{int} = 4 \text{ W/m}^2$

Tabela 4.13 - Análise comparativa entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa relativamente aos dos ganhos térmicos úteis

4.9.2 Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Ni)

4.9.2.1 RCCTE

O valor máximo admissível das necessidades nominais de aquecimento (Ni) depende do factor de forma (FF) do edifício ou fracção autónoma e dos graus-dias de aquecimento na base de 20°C (GD_{20}).

O factor de forma (FF) define-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior (A_{ext}) e da envolvente interior (A_{int}), nas quais ocorrem trocas de calor, e o volume útil interior da fracção autónoma (V), este processo é representado pela seguinte Equação (4.71):

$$FF = \frac{\sum_i A_{ext} + \sum_i \tau \times A_{int}}{V} \quad (\text{Eq. 4.71})$$

O calculo de FF considera a situação de referencia correspondente a uma área de vão envidraçado igual a 15% da área útil de pavimento, sem ganhos solares, taxa de renovação horária nominal igual a $0,8 \text{ h}^{-1}$, valores de coeficientes de transmissão térmica de referência na envolvente opaca e diferentes tipos de envidraçados. O parâmetro U_{ref} pode ser consultado diretamente no Quadro IX.3 do Anexo IV do RCCTE. (Camelo et al, 2006)

Após o calculo do factor de forma (FF), Ni é obtido por diferentes expressões consoante o valor de FF. As expressões encontram-se apresentadas na Tabela 4.14.

$FF \leq 0,5$	$N_i = 4,5 + 0,0395 \times GD$
$0,5 \leq FF < 1$	$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 FF) \times GD$
$1 \leq FF < 1,5$	$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 FF) \times GD] \times (1,2 - 0,2 \times FF)$
$FF \geq 1,5$	$N_i = 4,05 + 0,06885 \times GD$

Tabela 4.14 - Formulas de cálculo de Ni conforme o valor de FF

4.9.2.2 Nova proposta legislativa

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Ni) deve ser determinado de acordo com a mesma metodologia prevista para o cálculo do Nic, com a diferença que esta metodologia considera valores e condições de referência sendo representada pela Equação (4.72):

$$N_i = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.72})$$

Onde:

$Q_{tr,i_{ref}}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{ve,i_{ref}}$ – Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{gu,i_{ref}}$ – Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento, em kWh;

A_p – Área útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em m²;

O parâmetros acima indicados são determinados de acordo com:

- O valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente, $Q_{tr,i_{ref}}$, determina-se com base no:
 - I. Coeficiente de transmissão térmica superficial de referência (U_{ref}) para elementos opacos e envidraçados previstos na tabela da Figura 4.28 abaixo representada, em função do tipo de elemento da envolvente e da zona climática;
 - II. Coeficiente de transmissão térmica linear (ψ_{ref}) indicados na tabela da Figura 4.29 abaixo representada, em função do tipo de ligação entre elementos da envolvente do edifício;

- III. Área de vãos até 20% da área útil de pavimento do edifício, devendo a eventual área excedente ser somada à área de envolvente opaca exterior, sendo que para ambos os tipos de elementos devem ser utilizados os respectivos U_{ref} ;
- O valor de referência da transferência de calor por ventilação através da envolvente, $Q_{ve,i_{ref}}$, deve ser determinada considerando uma taxa de renovação de ar de referência igual à taxa de renovação para o edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora.
 - O cálculo dos ganhos de calor $Q_{gu,i_{ref}}$, deve ser determinado considerando:
 - I. Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar nulos ($Q_{sol} = 0$);
 - II. Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento de referência unitário ($\eta_{i_{ref}} = 1$);

u_{ref} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática											
		Com a entrada em vigor do presente regulamento				A partir de 1 de Janeiro de 2016				A partir de 1 de Janeiro de 2021			
Zona corrente da envolvente:		I1	I2	I3	RA	I1	I2	I3	RA	I1	I2	I3	RA
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,5	0,4	0,35	1,0	0,4	0,35	0,3	0,8	0,35	0,3	0,25	0,7
	Elementos opacos horizontais	0,4	0,35	0,3	0,55	0,35	0,3	0,25	0,45	0,3	0,25	0,2	0,4
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	1,0	0,8	0,7	1,6	0,8	0,7	0,6	1,5	0,7	0,6	0,5	1,4
	Elementos opacos horizontais	0,8	0,7	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,85	0,6	0,5	0,4	0,8
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,9	2,6	2,4	2,9	2,8	2,4	2,2	2,8	2,4	1,9	1,8	2,4
Elementos em contacto com o solo		0,50				0,50				0,50			

Nota: Os requisitos de referência indicados na presente tabela, poderão ser progressivamente atualizados até 2020, por forma a incorporar estudos referentes ao custo-benefício dos mesmos, bem como aos níveis definidos para os edifícios de necessidade de energia quase-nulas.

Figura 4.28 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref}

Tipo de ligação	ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾ Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

⁽¹⁾ Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

Figura 4.29 - Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, ψ_{ref}

4.9.2.3 *Análise comparativa*

A metodologia de cálculo dos valores máximos das necessidades energéticas para a estação de aquecimento são em tudo diferentes. No caso do DL 80/2006, o N_i depende do factor de forma do edifício ou fracção autónoma e dos graus dias de aquecimento, no caso da nova proposta legislativa o N_i depende na sua maioria dos valores de referência dos parâmetros que constituem o cálculo, ou seja na nova metodologia considera-se que o edifício será constituído por soluções com um desempenho térmico de referência.

4.9.3 **Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc})**

4.9.3.1 *RCCTE*

As necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc}), consistem na energia útil que é necessária retirar a fracção autónoma de modo a que a temperatura de referência definida no Artigo 14º do Capítulo V do RCCTE, seja permanentemente mantida.

Um dos objectivos do RCCTE é o não aquecimento das fracções autónomas, a temperatura de referência para a estação de arrefecimento, 25°C, deve ser mantida abaixo desse valor, de modo a evitar-se a utilização de sistemas mecânicos.

A metodologia de cálculo das N_{vc} é semelhante ao adoptado para o cálculo das N_{ic} . No entanto, enquanto que na estação de aquecimento os ganhos úteis são entendidos como os que não provocam sobreaquecimento do espaço interior, no Verão, os ganhos não úteis consistem nos que originam necessidades de arrefecimento. Assim sendo, muitos dos parâmetros utilizados no cálculo das N_{ic} , são transpostos para o cálculo das N_{vc} .

A metodologia de cálculo das N_{vc} , corresponde a Equação (4.73):

$$N_{vc} = \frac{Q_g \times (1 - \eta)}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.73})$$

N_{vc} – Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano);

$(1 - \eta)$ – Fator de utilização dos ganhos solares e internos na estação de arrefecimento;

O factor η é calculado através da metodologia explicada no capítulo 4.9.1.3.1 assim sendo tem que ser calculado o factor γ que consiste no quociente entre os ganhos totais brutos e as perdas térmicas totais do edifício.

Para as perdas associadas aos elementos da envolvente exterior (Q_{ext}), o método de cálculo corresponde a Equação (4.74):

$$Q_{ext} = 2,928 \times (\sum_j U_j \times A_j) \times (\theta_i - \theta_m) \quad (\text{Eq. 4.74})$$

Onde:

θ_i – Temperatura interior de referência de Verão (25°C);

θ_m – Temperatura média do ar exterior;

A metodologia de cálculo aplicada às perdas por renovação de ar (Q_v) é dada pela Equação (4.75):

$$Q_v = 2,928 \times (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times (\theta_i - \theta_m) \quad (\text{Eq. 4.75})$$

Os ganhos térmicos totais brutos (Q_g), são obtidos pela soma das parcelas seguidamente descritas e expressas pela Equação (4.76):

$$Q_g = Q_{opaco} + Q_s + Q_i \quad (\text{Eq. 4.76})$$

Onde:

Q_{opaco} - Cargas individuais divididas a cada componente da envolvente opaca, em termos fenómenos combinados entre diferença de temperatura interior-exterior e da incidência da radiação solar;

Q_s – Cargas devidas à entrada da radiação solar através dos envidraçados;

Q_i – Cargas internas devidas aos ocupantes, equipamentos e iluminação;

Os ganhos através da envolvente opaca exterior Q_{opaco} , resulta do efeito da radiação incidente. Para o cálculo adota-se a Equação (4.77):

$$Q_{opacos} = 2,928 \times (\sum_j U_j \times A_j) \times (\theta_i - \theta_m) + \sum_j U_j \times A_j \times \left(\frac{\alpha_j \times Ir_j}{h_e} \right) \quad (\text{Eq. 4.77})$$

Onde:

Q_{opacos} – Ganhos através da envolvente opaca exterior;

α_j – Coeficiente de absorção solar da superfície exterior do elemento j;

Ir_j – Energia solar incidente por orientação j (kWh/m²);

h_e – Condutância térmica superficial exterior do elemento j (0,04 m²°C/W);

Os parâmetros Ir_j e α_j podem ser obtidos por consulta direta dos Anexo III e V do RCCTE, através da consulta dos Quadros III.9 e V.5, respectivamente.

No cálculo dos ganhos através dos vãos envidraçados Q_s , adota-se a mesma metodologia de cálculo definida para a obtenção dos Q_s na estação de aquecimento. Durante a estação de arrefecimento, Q_s calcula-se de acordo explicado no capítulo 4.5.2.

De igual modo que aconteceu na estação de aquecimento a metodologia utilizada para a estação de arrefecimento para o cálculo dos ganhos internos Q_i pode ser calculado pela Equação (4.78):

$$Q_i = 2,928 \times q_i \times A_p \quad (\text{Eq. 4.78})$$

4.9.3.2 Nova proposta legislativa

O valor das necessidades nominais anuais de energia necessária na estação de arrefecimento será calculada de acordo com a Equação (4.79):

$$Nvc = \frac{(1-\eta_v) \times Q_{g,v}}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.79})$$

Onde:

η_v - Fator de utilização dos ganhos térmicos e internos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ - Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento (kWh/m².°C);

Para o cálculo do factor de utilização de ganhos térmicos deve ser utilizadas a mesma metodologia descrita no ponto 4.9.1.3.2, em função da transferência ao longo da estação de arrefecimento que ocorre por transmissão $Q_{tr,v}$ e devido a renovação de ar $Q_{ve,v}$, bem como dos ganhos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$, que se encontram definidos seguidamente.

A transferência de calor por transmissão que ocorre através da envolvente calcula-se de acordo com a Equação (4.80):

$$Q_{tr,v} = \frac{H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,exte}) \times L_v}{1000} \quad (\text{Eq. 4.80})$$

Onde:

$H_{tr,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão conforme explicado no capítulo 4.9.1.1.2;

$\theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

$\theta_{v,exte}$ - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento, que se encontra representada na Tabela 4.3 do capítulo 4.3.2;

L_v – Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 hora;

A transferência de calor correspondente a renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento $Q_{ve,v}$ é calculada de acordo com a Equação (4.81):

$$Q_{ve,v} = \frac{(0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,exte}) \times L_v}{1000} \quad (\text{Eq.4.81})$$

A semelhança do que acontece na estação de aquecimento se a ventilação for assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a transferência de calor por renovação de ar será calculada de acordo com a Equação (4.82):

$$Q_{ve,v} = \frac{b_{ve,v} \times (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,exte}) \times L_v}{1000} \quad (\text{Eq.4.82})$$

Onde o $b_{ve,v}$ é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor, que se calcula pela Equação (4.83):

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} \times \frac{V_{ins}}{R_{ph,i} \times A_p \times P_d} \quad (\text{Eq. 4.83})$$

Onde:

η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;

V_{ins} – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor (m^3/h);

Relativamente aos ganhos térmicos brutos são consideradas duas vertentes os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor $Q_{int,v}$ e os ganhos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada $Q_{sol,v}$, originando assim a Equação (4.84):

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (\text{Eq. 4.84})$$

Os ganhos térmicos internos devido aos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação durante toda a estação de arrefecimento calculam-se de acordo com a Equação (4.85):

$$Q_{int,v} = \frac{q_{int,v} \times A_p \times L_v}{1000} \quad (\text{Eq. 4.85})$$

Onde:

$q_{int,v}$ – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície igual a 4 W/m^2 ;

Os ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calcula-se através da metodologia representada e explicada no capítulo 5.5.2.2 desta dissertação.

4.9.3.3 *Análise comparativa*

Como podemos analisar a equação para o cálculo das necessidades energéticas na estação de arrefecimento são iguais nas duas regulamentações, o que difere são os parâmetros da qual depende a equação, ou seja, como já foi explicado nos capítulos anteriores existem metodologias diferentes de cálculo para os parâmetros utilizados. Sendo assim o resultado N_v vai ser distinto apesar de nas duas regulamentações a equação ser igual. Para além disso, na nova proposta legislativa é considerado o uso do recuperador de calor no cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil.

4.9.4 **Limitação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_v)**

4.9.4.1 *RCCTE*

Tal como foi referido no cálculo do N_i , o limite máximo admissível das necessidades nominais de arrefecimento N_v , foi determinado recorrendo a um estudo paramétrico de diferentes zonas climáticas de Verão e tipologias de fracções autónomas. Os estudos referidos focam-se nas soluções construtivas ao nível do edifício, em que o Quadro IX.3 do Anexo IX do RCCTE estão presentes os valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência para vários níveis de isolamento térmico, no que diz respeito à envolvente opaca em zona corrente e envidraçados. Referir ainda que nos estudos paramétricos, foram consideradas as orientações norte-sul e este-oeste nos cálculos efectuados (Camelo et al, 2006)

Na Tabela 4.15 apresenta-se os valores de N_v , em função da zona climática de Verão:

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

Tabela 4.15 - Necessidades nominais de referência de arrefecimento

4.9.4.2 *Nova proposta legislativa*

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_v) de um edifício será calculado de acordo com a Equação (4.86):

$$N_v = \frac{(1-\eta_{vref}) \times Q_{g,vref}}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.86})$$

Onde:

$\eta_{v_{ref}}$ – Fator de utilização de ganhos de referência;

$Q_{g,v_{ref}}$ – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento;

A_p – Área útil de pavimento, medida pelo interior;

O factor de utilização de ganhos de referência na estação de arrefecimento é dado pela Equação (4.87):

$$\eta_{v_{ref}} = 0,22 \times \ln[3,614 \times (\theta_{ref,v} - \theta_{ext,v})] \quad (\text{Eq. 4.87})$$

Onde:

$\theta_{ref,v}$ – Temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, contabilizada em 25°C;

$\theta_{ext,v}$ – Temperatura exterior média na estação de arrefecimento no local onde se integra o edifício;

Os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, são dados pela Equação (4.88), que tem em consideração os parâmetros de referência de seguida indicados:

$$Q_{g,v_{ref}}/A_p = \left[q_{int} \times \frac{Lv}{1000} + g_{v_{ref}} \times (A_w/A_p)_{ref} \times I_{sol_{ref}} \right] \quad (\text{Eq. 4.88})$$

Onde:

q_{int} – Ganhos térmicos médios, contabilizados em 4 W/m²;

$I_{sol_{ref}}$ – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a oeste;

Lv – Duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2968 h;

$(A_w/A_p)_{ref}$ – Razão entre a área de vãos e a área útil de pavimento, que se assume igual a 20%;

$g_{v_{ref}}$ – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento, contabilizado em 0,4;

4.9.4.3 Análise comparativa

As metodologias de cálculo são totalmente distintas nas duas regulamentações, gerando assim valores máximos para as necessidades nominais na estação de arrefecimento totalmente diferentes. No caso do RCCTE, o valor de N_v apenas depende do zoneamento climático onde se insere o edifício, em quanto que na nova proposta o valor depende de um factor de referência dos ganhos e dos ganhos térmicos de referência, dependendo estes dois valores de outros elementos de referência, e da área útil de pavimento.

4.9.5 Necessidades nominais anuais de energia útil na preparação de água quente sanitária, AQS (Nac)

4.9.5.1 RCCTE

Segundo o DL 80/2006, nos edifícios residenciais devem-se estimar as suas necessidades nominais para a operação de água quente sanitária, AQS, (Nac), esta operação é dada pela Equação (4.89):

$$Nac = \frac{(Q_a/\eta_a - E_{solar} - E_{ren})}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.89})$$

Onde:

Nac – Necessidades nominais de energia útil para a preparação de AQS (kWh/m².ano);

Q_a – Energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (kWh);

η_a – Eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS;

E_{solar} – Contribuição de sistemas de coletores solares térmicos para aquecimento de AQS (kWh);

E_{ren} – Contribuição de quaisquer formas de energia renováveis para a preparação de AQS, bem como de quaisquer forma de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais (kWh);

A energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a), é calculada em função do período de utilização do sistema, sendo dada pela Equação (4.90):

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad (\text{Eq. 4.90})$$

Onde:

M_{AQS} – Consumo médio de referência de AQS (l/dia);

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS (°C);

n_d – Número anual de dias de consumo (dia);

Em edifícios residenciais, o consumo médio diário de referência, é calculado pela Equação (4.91), em que o número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma é definida pelo Quadro VI.1 do Anexo VI do RCCTE:

$$M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n^{\circ} \text{ de ocupantes} \quad (\text{Eq. 4.91})$$

O parâmetro do aumento da temperatura toma o valor de referência de 45°C, tendo em conta que a água de abastecimento proveniente da rede pública é disponibilizada a temperatura média de 15°C, devendo ser aquecida até a temperatura de 60°C.

O parâmetro número anual de dias de consumo de AQS depende do período convencional de utilização dos edifícios, podendo ser consultado directamente no Quadro VI.2 do Anexo VI do RCCTE, no caso de edifícios de habitação é considerado 365 dias.

O termo de eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS, pode ser obtido através do valor fornecido pelo fabricante do sistema térmico com base em ensaios normalizados, ou em alternativa, utilizarem-se os valores convencionais, nos quais são considerados os valores nominais dos equipamentos com pior eficiência de conversão disponíveis no mercado. Para que os valores de η_a possam ser utilizados, deve ser considerado um isolamento térmico das condutas da rede de distribuição de água quente interna de 10 mm, se isto não acontecer o valor de η_a sofre uma penalização de 0,1.

Se no projecto térmico do edifício não for considerado a utilização de sistema de preparação de AQS, deve-se ter em consideração a aplicação de um termoacumulador eléctrico com 5 centímetros de isolamento térmico ($\eta_a = 0,9$) para edifícios sem alimentação a gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL ($\eta_a = 0,50$) para edifícios com alimentação a gás.

O termo E_{solar} apenas deverá ser contabilizado se os sistemas solares térmicos forem certificados de acordo com as normas e legislações em vigor, quanto ao método de cálculo do E_{solar} , recorre-se ao programa SolTerm 5.0 desenvolvido pelo INETI, abordado com mais pormenor no ponto 5.10.

Para finalizar, o parâmetro que diz respeito à utilização de energias alternativas de carácter renovável E_{ren} , em que se admitem outros tipos de sistemas de preparação de água quente sanitária, nomeadamente painéis fotovoltaicos, recuperadores de calor de equipamentos ou fluidos residuais, entre outros, desde que os sistemas referidos forneçam energia equivalente numa base anual igual ou superior à dos sistemas de colectores solares térmicos.

4.9.5.2 Nova proposta legislativa

A necessidade nominal anual de energia útil para a preparação de AQS é dada pelo quociente do valor de Q_a pela área útil de pavimento.

A semelhança do que acontece no DL 80/2006, também nesta nova proposta legislativa a energia útil necessária para a preparação de AQS durante um ano será calculada de acordo com a Equação (4.92):

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad (\text{Eq. 4.92})$$

Onde:

M_{AQS} – Consumo médio de referência de AQS (l/dia);

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS e que para efeitos de este cálculo toma o valor de referência de 35°C;

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais, que para o efeito de este cálculo considera-se 365 dia;

O consumo médio diário de referência será calculado de acordo com a Equação (4.93):

$$M_{AQS} = 40l \times n \times f_{eh} \quad (\text{Eq. 4.93})$$

Onde:

n – Número de ocupantes convencionais de cada fracção autónoma, definido em função da tipologia da fracção, sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0 e n+1 ocupantes nas tipologia Tn com $n > 0$;

f_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes caso $f_{eh} = 1$;

É de salientar que na ausência de especificação ou de evidencia de isolamento aplicado na tubagem de distribuição do sistema de AQS que garanta uma resistência térmica de, pelo menos 0,25 m².°C/W, a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.

A eficiência de termoacumuladores eléctricos a considerar, deverá ser em função da espessura do isolamento térmico do equipamento, sendo que para termoacumuladores eléctrico com mais de 100mm de isolamento o valor da eficiência é igual a 0,95, em quanto que para termoacumuladores eléctricos com 50 a 100mm de isolamento a eficiência toma o valor de 0,90.

4.9.5.3 *Análise comparativa*

A grande diferença que existe entre o DL 80/2006 e a nova proposta legislativa é o cálculo do valor da necessidade anual de energia útil para a preparação de AQS em que no caso da nova proposta legislativa, não é considerado o valor da energia proveniente dos colectores solares térmicos nem de outro tipo de sistemas energéticos e os consumos podem ser reduzidos em função das características de eficiência hídrica. Também o aumento de temperatura passou de 45° para os 35° e em vez de ser definida a espessura do revestimento da tubagem de distribuição das AQS, é definida uma resistência térmica.

4.9.6 Limitação das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS (Na)

4.9.6.1 RCCTE

A área de painel colector solar óptima a aplicar em coberturas de terraços ou inclinadas é 1 m² por ocupante, desde que as coberturas estejam orientados numa gama de azimute de 90° entre Sudeste e sudoeste. Esta área pode ser reduzida se ocorrer que mais de 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes, seja ultrapassada pela inserção do sistema solar térmico.

O sombreamento das coberturas causado por obstáculos significativos é também tido em consideração, não devendo existir no período que se inicia diariamente duas horas depois da Aurora e terminando duas horas antes do Ocaso, de modo a que a energia fornecida ao sistema colector solar térmico não seja minimizada.

O limite máximo admissível para a necessidade de energia para a preparação de AQS é calculado em função do consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}), do número anual de dias de consumo (n_d) e da área útil de pavimento (A_p), através da Equação (4.94):

$$N_a = \frac{M_{AQS} \times 0,081 \times n_d}{A_p} \quad (\text{Eq. 4.94})$$

4.9.6.2 Nova proposta legislativa

Os sistemas de colectores solares térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema de colectores solares padrão, com características iguais às do sistema instalado e com excepção dos colectores que deverão ser considerados nos seguintes termos:

- Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- Apresentação dos seguintes parâmetros geométricos, ópticos e térmicos:
 - I. Área de abertura de 0,65 m² por ocupante convencional;
 - II. Rendimento ótico de 73%;
 - III. Coeficientes de perdas térmicas $a_1=4,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $a_2=0,014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 - IV. Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91;

As caldeiras recuperadoras de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível sólido devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Figura 4.30, esses valores foram determinados mediante ensaios de acordo com as respectivas normas em vigor.

Equipamento		Eficiência	Norma/Referência Aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	$\geq 0,75$	EN12809
	Granulados	$\geq 0,85$	
Recuperadores de calor e salamandras		$\geq 0,75$	EN13229 EN13240 EN14785

Figura 4.30 – Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

Os sistemas de produção de AQS com recursos a termoacumuladores eléctricos devem dispor de uma espessura de isolamento térmico não inferior a 50 milímetros.

As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Figura 4.31, na forma de classe de eficiência obtida de acordo com o disposto na Figura 4.32, no caso de caldeiras e esquentadores a gás.

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...			
	entrada em vigor	31 Dez 2015	31 Dez 2018	31 Dez 2020
Caldeira	B	A	A+ ⁽¹⁾	A+ ⁽¹⁾

(1) - Classe A, caso as temperaturas de funcionamento da instalação não permitam o aproveitamento da energia libertada pela condensação dos gases de combustão.

Figura 4.31 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal (η)
	Caldeiras	A++ (1)
A+ (2)		$96\% \geq \eta > 92\%$
A		$92\% \geq \eta > 89\%$
B		$89\% \geq \eta > 86\%$
C		$86\% \geq \eta > 83\%$
D		$83\% \geq \eta > 80\%$
E		$80\% \geq \eta > 77\%$
F		$\eta \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{ kW}$	$\geq 0,84$

Figura 4.32 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores

4.9.6.3 *Análise comparativa*

A grande diferença entre as duas legislações é que na nova proposta legislativa não existe um valor máximo admissível, N_a , assim, o valor que se considera para o cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária é o valor de Q_a/A_p , como vai ser explicado no ponto seguinte desta dissertação. Ao nível das limitações entram em vigor novas limitações para diferentes tipos de equipamentos, mas a nível dos colectores solares térmicos não existem diferenças significativas nas limitações exigidas nas duas legislações.

4.9.7 **Necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc)**

4.9.7.1 **RCCTE**

Após a descrição das metodologias de cálculo para as necessidades energéticas das fracções autónomas dos edifícios é necessário converter a energia útil em energia primária, através das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc), segundo a Equação (4.95):

$$Ntc = 0,1 \times \left(\frac{Nic}{\eta_i}\right) \times F_{pui} + 0,1 \left(\frac{Nvc}{\eta_v}\right) \times F_{puv} + Nac \times F_{pua} \quad (\text{Eq. 4.95})$$

Onde:

Ntc – Necessidades globais anuais nominais de energia primária (kgep/m²);

Nic – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano);

η_i – Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento;

F_{pui} – Factor de conversão de energia útil de aquecimento para energia primária (kWh/kgep);

Nvc – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano);

η_v – Eficiência nominal dos equipamentos para arrefecimento;

F_{puv} – Fator de conversão de energia útil de arrefecimento para energia primária (kWh/kgep);

Nac – Necessidades anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias (kWh/m².ano);

F_{pua} – Fator de conversão de energia útil de águas quentes sanitárias para energia primária (kWh/kgep);

No cálculo do Ntc , deve-se ter em conta as formas de energia final utilizadas em cada uma das necessidades energéticas referidas. Sendo assim, utilizam-se os factores de conversão F_{pu} , referidos

na equação (4.93), permitindo converter as formas de energia útil em energia primária da seguinte forma:

- Electricidade: $F_{pu} = 0,290 \text{ kgep/kWh}$;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: $F_{pu} = 0,086 \text{ kgep/kWh}$.

Os factores de conversão (F_{pu}) são afetados pela eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento (η_i), arrefecimento (η_v) e de preparação de AQS (η_a). O parâmetro de eficiência nominal deve ser consultado diretamente dos valores fornecidos pelos fabricantes, já que correspondem aos equipamentos efetivamente instalados e testados em ensaios normalizados. Na ausência de esses dados, pode recorrer-se aos valores de referencia representados na Secção 2 do Artigo 18º do capítulo V do regulamento, contudo, estes valores não deixam de ser penalizados no resultado final obtido, visto que são considerados os valores nominais dos equipamentos com pior eficiência de conversão do mercado.

Este parâmetro é também conhecido como COP (coeficiente of performance), representando o quociente entre a energia térmica fornecida pelo sistema de aquecimento ou refrigeração e a energia consumida pelo mesmo.

4.9.7.2 Nova proposta legislativa

Em esta nova proposta legislativa, as necessidades nominais de energia primária de um edifício de habitação resultam da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os diferentes tipos de uso: aquecimento (Nic), arrefecimento (Nvc), produção de AQS (Qa/Ap) e ventilação mecânica (Wvm/Ap), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável (Eren,p/Ap) e de acordo com a Equação (4.96):

$$Ntc = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times Nic}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times \delta \times Nvc}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Qa/Ap}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \times F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \times F_{pu,p}$$

(Eq.4.96)

Onde:

Nic – Necessidade de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k (kWh/m².ano);

$f_{i,k}$ – Fração das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;

Nvc – Necessidade de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k (kWh/m².ano);

$f_{v,k}$ – Fração das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;

Q_a – Necessidade de energia útil para a produção de AQS, supridas pelo sistema k (kWh/m².ano);

$f_{a,k}$ – Fração das necessidades de energia útil para a produção de AQS supridas pelo sistema k;

η_k – Eficiência do sistema;

j – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p – Fontes de origem renovável;

$E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, incluindo apenas energia consumida e/ou exportada (kWh/ano);

$W_{vm,j}$ – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano);

A_p – Área útil de pavimento (m²);

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária (kWh/kgep);

δ – Igual a 1, excepto para o uso de arrefecimento que pode tomar o valor 0 sempre que o factor de utilização de ganhos seja superior ao respectivo factor de referência, com vista a minimizar eventuais situações de sobreaquecimento;

A eficiência nominal de conversão em energia útil do sistema convencional deve corresponder ao valor da eficiência nominal do equipamento de produção especificado na fase de projecto, ou eventualmente instalado após a fase de construção, incluindo os edifícios existentes. No caso dos sistemas não se encontrarem especificados em projecto, devem ser consideradas as soluções de referência aplicáveis na Figura 4.31 do capítulo 4.9.5.2.

Os factores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária de edifícios de habitação e do indicador de eficiência energética (IEE) de edifícios de serviços são:

1. $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{ep}/\text{kWh}$ para electricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
2. $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{ep}/\text{kWh}$ para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis;
3. No caso de energia térmica de origem renovável, $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{ep}/\text{kWh}$;

Estes factores de conversão poderão ser periodicamente actualizados por despacho conjunto a ser emitido pelas entidades supervisoras do SCE.

Para a quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis $E_{ren,p}$ devem ser realizadas de acordo com as regras e orientações a seguir indicadas para tipo de sistema ou de recurso renovável:

- **Sistema solar térmico**

A energia produzida pelo sistema solar térmico, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa Solterm do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) ou outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo equivalente, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia.

- **Sistemas solares fotovoltaicos**

A energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa Solterm do LNEG ou outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo equivalente, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia. No caso que estes sistemas estejam associados a um edifício com várias fracções, a contribuição renovável para cada uma das fracções autónomas deverá ser repartida em função da sua permissão.

- **Sistemas eólicos**

A determinação da energia produzida por um aerogerador deverá ser efectuada através do somatório do produto entre a curva de potência do aerogerador e a função de distribuição por classes da velocidade do vento para o local em questão, dado pela Equação (4.97):

$$E_{ren} = \sum_{i=1}^n P_{(i)} \times F_{(i)} \quad (\text{Eq. 4.97})$$

Onde:

i – Classes de vento, em intervalos não superiores a 1m/s;

$P_{(i)}$ – Potência média do aerogerador na classe “ i ” (kW);

$F_{(i)}$ – Número de horas de vento na classe “ i ”

É de salientar que sempre que não se disponha da caracterização detalhada do vento por distribuição por classes, poderá em regiões no exterior de zonas urbanas, a produção de energia eléctrica recorrendo a microgeradores eólicos ser determinada utilizando o mapeamento do potencial eólico para a cota de 20 m, recorrendo ao número de horas anuais equivalentes à potência nominal (NEPs) que, para efeito de cálculo no presente regulamento, podem ser consultadas no sítio da internet do LNEG.

Para as zonas no interior dos perímetros urbanos e na ausência de dados experimentais do vento ou cálculos numéricos detalhados com CFD, dever-se-á assumir como valor máximo, um número de horas anuais equivalentes de 750 h. Para esta alternativa é usada a Equação (4.98):

$$E_{ren} = NEPS \times P_{nom} \quad (\text{Eq. 4.98})$$

Onde:

$NEPS$ – Horas anuais equivalentes à P_{nom} (h.ano);

P_{nom} – Potência nominal da turbina (W);

Nos casos em que o sistema eólico esteja associado a um edifício com várias fracções, a contribuição renovável para cada uma das fracções autónomas deverá ser repartida em função da sua permissão.

- **Biomassa**

A contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, quando utilizado para climatização, é determinada pela Equação (4.99):

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \times A_p}{\eta} \right) \times f_r \quad (\text{Eq. 4.99})$$

Onde:

f_r – Fração das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo sistema a biomassa;

η – Eficiência do sistema a biomassa;

O factor de redução está em função da forma de alimentação do sistema de queima, da área útil de pavimento do compartimento servido, conforme Equação (4.100) indicada para cada uma das seguintes condições:

$$f_r = A_1 \times A_2 \quad (\text{Eq. 4.100})$$

Onde:

A_1 - Coeficiente de utilização que toma o valor 1 quando o equipamento for de admissão automática de combustível e o valor de 0,2 quando for de admissão manual;

$A_2 = \frac{A_s}{A_p}$ - Onde é a área dos compartimentos servidos pelo sistema de biomassa e é a área útil de pavimento.

Quando é utilizado para águas quentes sanitárias (AQS), a contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida é determinada pela Equação (4.101):

$$E_{ren} = \left(\frac{Qa}{\eta}\right) \times f_r \quad (\text{Eq. 4.101})$$

Onde:

f_r – Fração das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo sistema a biomassa;

η – Eficiência do sistema a biomassa;

Na situação de sistemas com dupla função (AQS e aquecimento ambiente), o factor de redução acima indicado vem em função da forma de alimentação do sistema de queima, e localização de instalação do equipamento, conforme Equação (4.102) indicada para cada uma das seguintes condições:

$$f_r = A_1 \times A_3 \quad (\text{Eq. 4.102})$$

Onde:

A_1 - Coeficiente de utilização que toma o valor 1 quando o equipamento for de admissão automática de combustível e o valor de 0,2 quando for de admissão manual;

A_3 - Toma o valor de 1, excepto quando o sistema for instalado num espaço útil do edifício ou fracção e condiciona o ambiente do mesmo, tomando, nesses casos, o valor de $M/12$, em que M é a duração da estação de aquecimento em meses.

- **Geotermia**

A contribuição de um sistema de aproveitamento de energia geotérmica para a preparação de AQS é determinada pela Equação (4.103):

$$E_{ren} = \frac{q_{geo} \times \Delta t \times N_{d,AQS} \times C_p \times \varepsilon \times (T_{geo} - T_{rede})}{3600000} \quad (\text{Eq. 4.103})$$

Onde:

q_{geo} - Caudal de água assegurado pelo circuito secundário do aquífero termal (kg/h);

Δt - Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico, [h] o que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para AQS;

$N_{d,AQS}$ - Total anual de dias com necessidades de energia para AQS (dias);

C_p - Calor específico do fluido geotérmico, [J/(kg.K)], sendo que na ausência de medições para o fluido geotérmico particular utilizado, assume-se por defeito o valor constante de 4187 J/(kg.K);

ε - Rendimento nominal do permutador, que toma o valor de 1 nas situações em que não haja circuito secundário;

T_{geo} - Temperatura do fluido primário, procedente do aquífero termal, à entrada do permutador [°C];

T_{rede} - Temperatura do fluido secundário, procedente da rede de abastecimento, à entrada do permutador [°C], sendo igual a 15 °C, exceptuando casos justificados e aceites pelo SCE.

No caso dos sistemas de aproveitamento de energia geotérmica para aquecimento do ambiente, a respectiva contribuição será determinada pela Equação (4.104):

$$E_{ren} = \frac{q_{geo} \times \Delta t \times N_{d,AQ} \times C_p \times \varepsilon \times (T_{geo} - T_{retorno})}{3600000} \quad (\text{Eq. 4.104})$$

Onde:

Δt - Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico, [h], sendo que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para aquecimento ambiente;

$N_{d,AQ}$ - Total anual de dias com necessidades de energia para aquecimento ambiente;

$T_{retorno}$ - Temperatura do fluido secundário, procedente do sistema de aquecimento ambiente, à entrada do permutador (°C);

- **Mini-hídrica**

A contribuição de um sistema de produção de energia eléctrica com base mini-hídricas é determinada pela Equação (4.105):

$$E_{ren} = \sum_t 9,81 \times \eta_T \times \eta_G \times Q \times H \times \rho \quad (\text{Eq. 4.105})$$

Onde:

η_T – Rendimento da turbina;

η_G – Rendimento do gerador;

Q – Caudal médio (m³/s);

H – Altura da queda de água (m);

ρ – Massa volúmica da água (kg/m³);

- **Aerotérmica e Geotérmica (bombas de calor)**

A contribuição renovável de sistemas deste tipo deve ser calculada em conformidade com o definido no Anexo VII da Directiva 2009/28/CE, segundo a Equação (4.106):

$$E_{ren} = Q_{usable} \times \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (\text{Eq. 4.106})$$

Onde:

Q_{usable} - Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor conformes aos critérios referidos no número 4 do artigo 5.º da Directiva 2009/28/CE [kWh];

SPF - Factor médio de desempenho sazonal estimado para as referidas bombas de calor, conforme Directiva 2009/28/CE.

É de salientar que apenas poderá ser considerado o contributo de energia renováveis de bombas de calor para as quais $SPF > 1,15 \times (1/\eta)$, em que η é o rácio entre a produção total bruta de electricidade e o consumo de energia primária para a produção de electricidade, sendo calculado enquanto média da UE com base em dados do Eurostat. A forma como devem ser estimados os valores de Q_{usable} e de *SPF* serão objeto de portaria do ministério responsável pela área da economia após a emissão de diretrizes pela Comissão Europeia como previsto do Anexo VII da Directiva 2009/28/CE.

4.9.7.3 Análise comparativa

Uma vez mais, o que acontece neste capítulo é que a metodologia de calculo deste parâmetro são distintas nas duas legislação, originando assim valores diferentes. Na nova proposta legislativa é considerada a energia dos ventiladores no calculo do N_{tc} ao contrário do RCCTE onde esta parcela entrava no cálculo do N_{vc} e N_{ic} , também é considerado o valor de Q_a e não o valor de N_{ac} (valor apenas calculado no RCCTE). No RCCTE utiliza-se como energia primária o kep de petróleo e nesta proposta é o kWh de energia.

4.9.8 Limitações das necessidades globais anuais nominais de energia primária (N_t)

4.9.8.1 RCCTE

No estudo térmico de edifícios, o valor das necessidades globais anuais nominais de energia primária (N_{tc}) não pode exceder o seu valor máximo admissível (N_t). No cálculo das N_t , utilizam-se os valores máximos admissíveis das necessidades de aquecimento (N_i), arrefecimento (N_v) e preparação de AQS (N_a), tal como se pode verificar pela Equação (4.107):

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (\text{Eq. 4.107})$$

Onde:

N_t – Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de energia primária (kWh/m².ano);

N_i – Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de aquecimento (kWh/m².ano);

N_v – Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de arrefecimento (kWh/m².ano);

N_a – Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de preparação de AQS (kWh/m².ano);

A constante 0,9 da equação () assegura que a fracção autónoma cumpre os requisitos mínimos do regulamento em termos de qualidade térmica dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS, uma vez que N_t deve ser 10% mais elevado que a soma ponderada das N_i , N_v e N_a .

4.9.8.2 Nova proposta legislativa

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária (N_t) corresponde ao valor das referidas necessidades, admitindo a inexistência de consumos de energia associados à ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis, incluindo sistemas de energia solar para produção de águas quentes sanitárias (AQS), considerando de igual modo os valores e condições de referência indicados na Figura 4.33 para os principais parâmetros, em substituição das soluções previstas ou instaladas no edifício e calculando de acordo a Equação (4.108):

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} \quad (\text{Eq. 4.108})$$

Onde:

N_i – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano);

N_v – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano);

Q_a – Necessidades de energia útil para produção de AQS, supridas pelo sistema k (kWh/m².ano);

$f_{i,k}$ – Fração das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k;

$f_{v,k}$ – Fração das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k;

$f_{a,k}$ – Fração das necessidades de energia de produção de águas quentes sanitárias supridas pelo sistema de referência k;

$\eta_{ref,k}$ – Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento do ambiente e produção de AQS, conforme indicado na Figura (4.33);

A_p – Área útil de pavimento (m²);

$F_{pu,j}$ – Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistema de referência (kWh/kg_{ep});

Tipo de sistema	Soluções de referência
Sistemas para aquecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela II.09 a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível. - O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela II.04, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. - Um valor de eficiência igual a 1, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade.
Sistemas para arrefecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela II.04, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. - Um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela II.04 e no caso de outros sistemas que não se enquadrem na situação anterior.
Preparação de AQS	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na Tabela II.09. referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível. - Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor. - Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade. - Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

Figura 4.33 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do Nt. Fonte: Documento disponibilizado pela ADENE

4.9.8.3 *Análise comparativa*

Tal como aconteceu no capítulo 5.9.7 também em este capítulo não existem semelhanças ao nível da metodologia de cálculo das limitações das necessidades anuais nominais de energia primária.

4.10 Programa "SolTerm 5.0"

O SolTerm 5.0 é um programa de cálculo do desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, adaptado às condições climáticas de Portugal (Aguiar e Carvalho, 2007).

O cálculo do desempenho dos sistemas solares, baseia-se em simulações energéticas sob condições quasi-estacionárias, sendo simulados balanços energéticos no sistema para intervalos de 10 minutos, durante os quais considera-se constante o ambiente e o sistema (Aguiar e Carvalho, 2007).

De modo que o programa possa simular balanços energéticos, devem-se introduzir as seguintes informações necessárias ao seu funcionamento (Aguiar e Carvalho, 2007):

- Configuração / dimensionamento do sistema;
- Estratégias de controlo e operação;

- Radiação solar horizontal e temperatura ambiente em base horária;
- Obstruções e sombreamentos;
- Características técnicas dos componentes;
- Consumo ou “carga” do sistema em base horária média mensal.

Os tópicos referidos anteriormente, podem ser guardados no sistema de dados do programa, no entanto, o próprio "SolTerm 5.0" já possui uma base de dados rica, em que se destacam os dados meteorológicos por concelho de Portugal (denominados de ano meteorológico de referência por concelho) e informação relativa aos colectores solares térmicos, ensaiados e certificados perante as exigências regulamentares da legislação em vigor.

Além de dimensionar sistemas solares térmicos, o programa destaca-se no campo da análise económica, possibilitando a realização do cálculo de incentivos governamentais à energia solar. Outro ponto forte do software, prende-se com o facto de permitir calcular a contribuição de sistemas de energias renováveis (parâmetro *Eren* do método de cálculo de *Nac*), no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (Aguiar e Carvalho, 2007).

4.11 Classe energética

4.11.1 RCCTE

Depois de haver concluído o estudo térmico do edifício, é necessário verificar e validar este estudo, através da análise realizada por peritos qualificados, estas entidades podem emitir dois tipos de documentos comprovativos do cumprimento regulamentar e do desempenho energético do edifício ou fracção autónoma, em 2 fases distintas:

- Declaração de Conformidade Regulamentar (*DCR*) após verificação do projecto, devendo ser integrada no processo de pedido de licenciamento ou de autorização de construção;
- Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (*CE*) após verificação da obra concluída, devendo ser integrada no processo de pedido de licenciamento ou autorização de utilização.

A *DCR* é um “pré-certificado”, uma vez que, os dados apenas são analisados ao nível de projecto, esta só passa a definitiva com a emissão do *CE* em que o perito verifica os requisitos regulamentares do RCCTE "*in-situ*" no final da obra. A emissão de certificados energéticos permite comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica em vigor por um prazo de validade igual a 10 anos (SCE, 2006).

No *CE*, esta especificada a classificação energética do edifício, tendo sido determinada uma escala de 7+2 classes (*A+*, *A*, *B*, *B-*, *C*, *D*, *E*, *F* e *G*), onde a classe *A+* corresponde ao edifício com melhor desempenho energético, e a classe *G* corresponde ao edifício de pior desempenho energético.

Nos edifícios novos, ou seja, edifícios com licenciamento de construção depois da entrada em vigor do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – SCE (1 de Julho de 2007), as classes de desempenho energético dos edifícios novos ou sujeitos a grandes remodelações variam apenas entre *A+* e *B-*, enquanto que os edifícios existentes podem verificar qualquer classe.

A classificação energética de edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada calcula-se a partir da Equação (4.109), apresentando-se na Figura 3.34 a escala utilizada na classificação energética dos mesmos (ADENE, 2010)

$$R = \frac{Ntc}{Nt} \quad (\text{Eq. 4.109})$$

Onde:

R – Classe energética dos edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada;

Edifícios Existentes	Edifícios Novos	Classe Energética	R
		<i>A +</i>	$R \leq 0,25$
		<i>A</i>	$0,25 \leq R \leq 0,50$
		<i>B</i>	$0,50 \leq R \leq 0,75$
		<i>B –</i>	$0,75 \leq R \leq 1,00$
		<i>C</i>	$1,00 \leq R \leq 1,50$
		<i>D</i>	$1,50 \leq R \leq 2,00$
		<i>E</i>	$2,00 \leq R \leq 2,50$
		<i>F</i>	$2,50 \leq R \leq 3,00$
		<i>G</i>	$R \geq 3,00$

Figura 4.34 - Classe energética de edifícios e valores limite das respetivas classes. (Fonte ADENE, 2010)

4.11.2 Nova proposta legislativa

No caso da pré-certificação e certificação SCE do tipo de edifícios ou fracção autónoma, a classe energética é determinada através da Equação (4.110):

$$R_{Nt} = \frac{Ntc}{Nt} \quad (\text{Eq. 4.110})$$

Onde:

R_{Nt} - Classe energética dos edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada;

A escala de classificação energética dos edifícios ou fracções autónomas de edifícios será composta por 9 classes, correspondendo a cada classe um intervalo de valores de R_{Nt} , iguais aos valores apresentados no DL 80/2006.

4.11.3 Análise comparativa

Pode concluir-se que ao nível de classificação energética não existe diferenças, nem ao nível de metodologia, nem ao nível de intervalos de classificação, entre as duas legislações. Apesar de não haver diferenças, o valor obtido de R muito provavelmente não será o mesmo, devido ao facto de que o valor de Nt não é o mesmo porque a metodologia de cálculo de este parâmetro, como foi descrito no ponto 4.9.8, é distinta nas duas legislações.

5 Capítulo V - Caso em estudo

5.1 Introdução

Neste capítulo, será analisado o projecto de comportamento térmico de um edifício unifamiliar, localizado na Estrada Nacional 12 no Lote n.º 2, no Porto. O objectivo desta análise do seu estudo térmico, passa pela verificação regulamentar do RCCTE, nomeadamente ao nível das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}), de preparação de AQS (N_{ac}), de energia primária (N_{tc}), bem como a verificação dos requisitos mínimos e a sua classificação energética, permitindo quantificar o desempenho energético do edifício. Esta metodologia também será a seguida para a aplicação da nova proposta legislativa a este edifício de habitação.

As fachadas principais do edifício encontram-se orientadas a Noroeste e a Sudeste e é geminada, tal como representado na Figura 5.1.

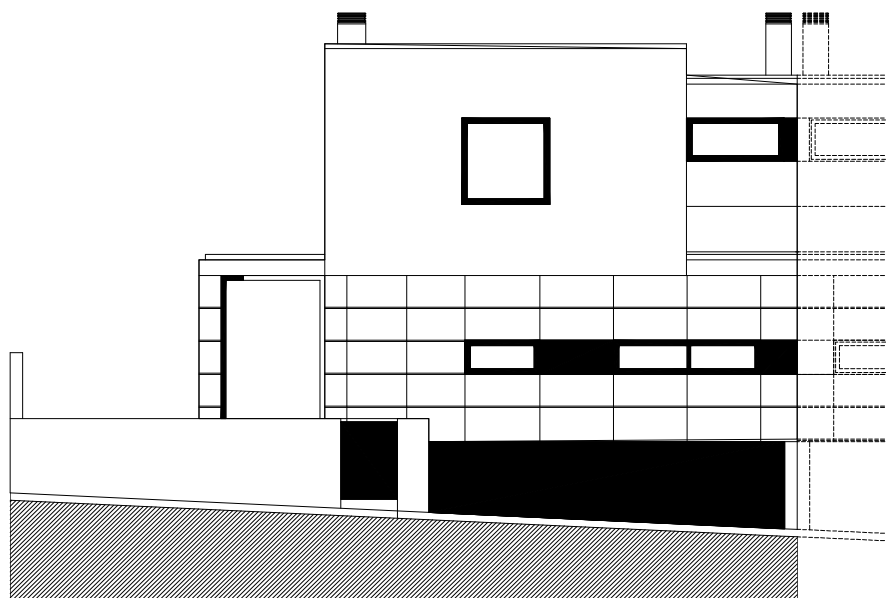


Figura 5.1 - Representação do edifício em estudo, alçado Norte

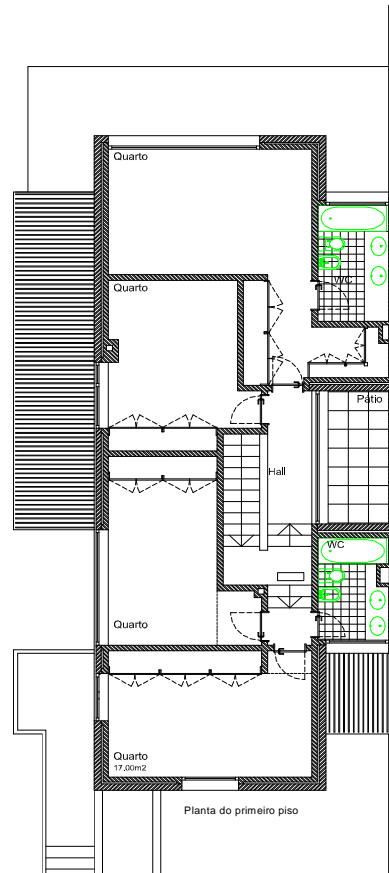
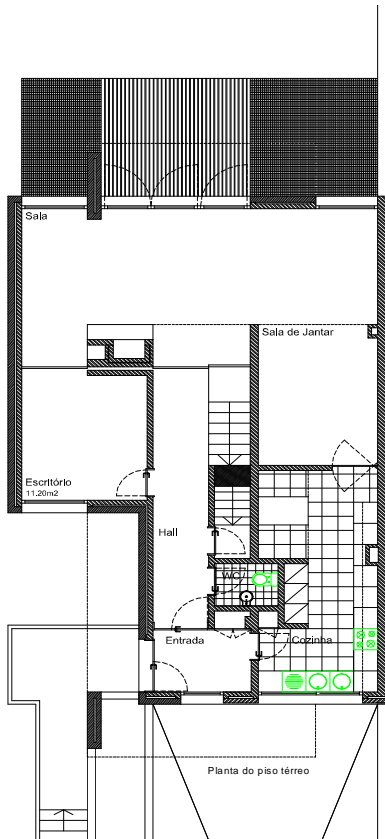
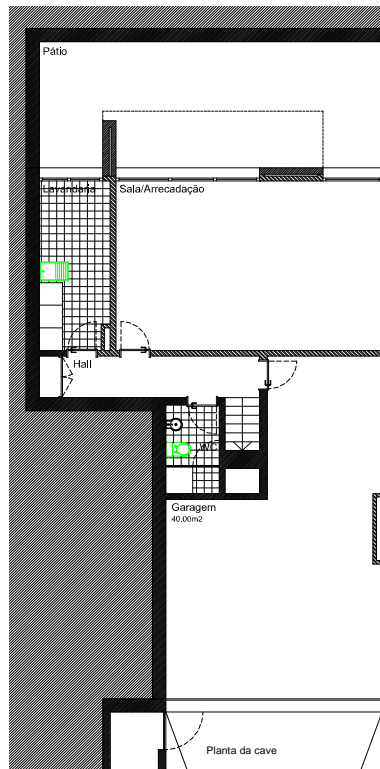
Este edifício é composto por 3 pisos com a seguinte distribuição de espaços:

Cave - Zona de estacionamento, lavandaria, sala/arrecadação, sala e casa de banho de serviço;

Piso térreo - Hall de entrada, hall de distribuição, escritório, sala de jantar e de estar, cozinha e casa de banho;

Piso superior - Suite, 3 quartos e casa de banho;

A implantação, plantas, alçados, cortes e respectivas medições feitas sempre pelo interior de cada compartimento da fracção autónoma, encontram-se apresentados no Anexo **DESENHOS CONSTRUTIVOS**.



**Figura 5.2 - Plantas dos pisos do edifício,
piso da Cave, R/C e 1º Piso,
respectivamente**

5.2 RCCTE (DL80/2006)

5.2.1 Dados climáticos

Depois de analisada a estrutura arquitectónica do edifício, abordam-se agora os dados climáticos, na Tabela 5.1.

Dados climáticos	
Localização	Porto
Orientação	Noroeste e Sudeste
Altitude	77
Zona climática de Inverno	I2
Zona climática de Verão	V1N
Número de graus dia (GD)	1610 °.dia
Duração da estação de aquecimento	6,7 meses
Temperatura média	19°
Energia solar média mensal incidente	93 kWh/m ² .mês
Ir	NE/NW - 300 SE/SW - 430 Horizontal - 730

Tabela 5.1 - Elementos base para a execução do estudo térmico do edifício no Concelho do Porto

5.2.2 Definição das envolventes da fracção autónoma

Para definir as diferentes envolventes da fracção autónoma em estudo é necessário identificar o factor de redução de temperatura, τ , associado a cada espaço não útil (ENU).

5.2.2.1 Determinação do factor de redução de temperatura, τ

Cada um dos espaços não úteis apresenta o respectivo factor, τ obtido em função do tipo de ENU e do quociente entre o valor da área de contacto com espaços aquecidos, A_i , e o valor da área de contacto com o exterior, A_u . O valor deste coeficiente consta da tabela IV.1 do RCCTE.

Nesta moradia considerou-se os seguintes espaços não úteis:

- Garagem
- Lavandaria
- Edifício adjacente

Para a garagem considerou-se:

$A_i = \text{Área do tecto} + \text{Área da parede para a sala e zona de circulação}$

$A_u = \text{Área da parede exterior}$

$$\left. \begin{array}{l} A_i = 60,52 \text{ m}^2 \\ A_u = 13,56 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \boxed{A_i/A_u = 4,46 \rightarrow \tau = 0,5}$$

Para a lavandaria considerou-se:

$A_i = \text{Área do tecto} + \text{Área da parede para a sala e zona de circulação}$

$A_u = \text{Área da parede exterior}$

$$\left. \begin{array}{l} A_i = 18,9 \text{ m}^2 \\ A_u = 3,96 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \boxed{A_i/A_u = 4,77 \rightarrow \tau = 0,6}$$

Para o edifício adjacente considerou-se:

$$\tau = 0,6$$

5.2.2.2 Marcação das envolventes

São definidos os seguintes tipos de envolvente:

- Envolvente exterior;
- Envolvente interior com requisitos de envolvente interior (quando τ do espaço não útil é $\leq 0,7$);
- Envolvente interior com requisitos de envolvente exterior (quando τ do espaço não útil é $> 0,7$);
- Envolvente sem requisitos;
- Envolvente em contacto com o solo;

Na fracção autónoma em estudo apenas possui envolvente exterior, interior com requisitos de envolvente interior, uma vez que todos os espaços não úteis possuem um

$\tau \leq 0,7$, envolvente sem requisitos e envolvente em contacto com o solo. Nas Figuras seguintes estão marcadas as diferentes envolventes.

A marcação das envolvente vai ser efectuada segundo a representação indicada na nova proposta legislativa, sendo que:

- Envolvente exterior
- Envolvente interior com requisitos de envolvente interior
- Envolvente em contacto com o solo

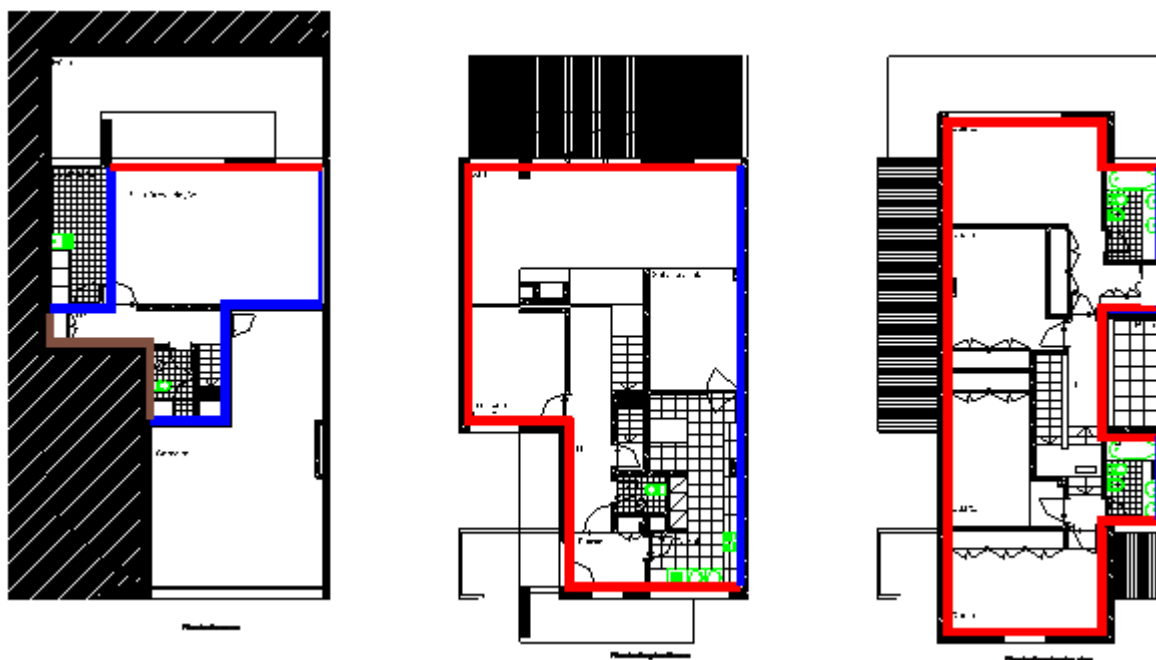


Figura 5.3 - Envolventes da fracção autónoma, Cave, R/C e 1º Piso, respectivamente

5.2.3 Definição do sistema de preparação das AQS

Para a preparação das AQS vai ser utilizado um sistema solar e um sistema de apoio de caldeira mural estanque.

Inicialmente calcula-se a contribuição do sistema térmico solar na preparação de AQS através do parâmetro *Esolar*, recorrendo-se ao programa "SolTerm 5.0" (ponto 4.10).

No cálculo de *Esolar*, foi considerado um coletor modelo "Solarinox", com depósito pressurizado, permutador de serpentina e com um reservatório com capacidade igual a 250 litros. A área necessária de colectores é de $1\text{m}^2/\text{ocupante}$, sendo que a fracção autónoma em estudo necessita no mínimo de 5m^2 , uma vez que são 5 ocupantes convencionais. Assim sendo são necessários 6 colectores com uma área efectiva de $5,9\text{m}^2$. Os painéis solares foram montados de modo a apresentarem uma inclinação de 45° , azimute Sul (0°) e obstruções especificadas para o concelho de Porto. Com estes dados e recorrendo ao programa de cálculo SolTerm chegamos a um valor de $E_{solar} = 2188\text{ kWh/ano}$

No Anexo **Listagem do SOLTERM** estão apresentados os dados obtidos do programa de cálculo.

O cálculo das necessidades nominais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias encontra-se no Anexo Folhas de cálculo.

5.2.4 Definição do sistema de climatização

Para a estação de aquecimento esta definido que a fracção autónoma vai usufruir de uma Caldeira a combustível gasoso como sistema de climatização, sendo assim, e consultando os valores do RCCTE obtém-se um $\eta_i = 0,87$ e um $F_{pu} = 0,086 \text{ kgep/kWh}$.

Para Estação de arrefecimento não está previsto qualquer tipo de equipamento de climatização, logo o segundo ponto 6 do artigo 15º do RCCTE, deve considerar-se uma máquina frigorífica como equipamento para arrefecimento da fracção autónoma, assim sendo consideram-se os seguintes valores $\eta_i = 3$ e um $F_{pu} = 0,29 \text{ kgep/kWh}$.

5.2.5 Definição do sistema de ventilação

A fracção autónoma em estudo está provida de ventilação natural, mas não cumpre a Norma NP 1037-1 devido a presença de exaustor na cozinha.

A fracção encontra-se na Região B, possui uma rugosidade II e tem uma altura acima do solo de 6,4m, o que através do Quadro IV.2 obtém-se uma classe de exposição ao vento das fachadas da fracção autónoma Exp.2.

O valor de RPH é obtido por consulta do Quadro IV.1 do RCCTE, sendo necessárias as seguintes informações:

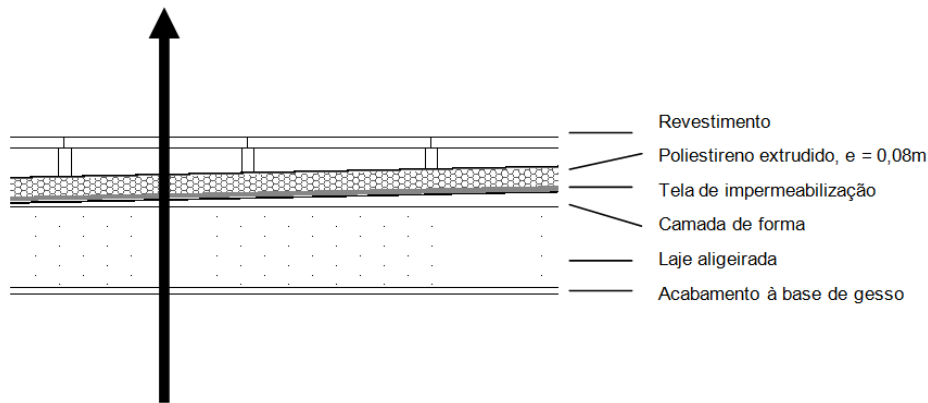
- Caixilharia de classe 3;
- Exp.2;
- Não existem dispositivos de admissão de ar nas fachadas;
- Não existem caixas de estores;

Com estas informações, e consultando a tabela obtém-se um $RPH=0,8$, mas como a área total de envidraçados é superior a 15% da área útil de pavimento, o valor RPH deve ser agravado de 0,1, assim sendo temos: $RPH=0,8+0,1=0,9 \text{ h}^{-1}$.

5.2.6 Cálculo dos parâmetros e coeficientes necessários ao balanço energético

5.2.6.1 U em zona corrente

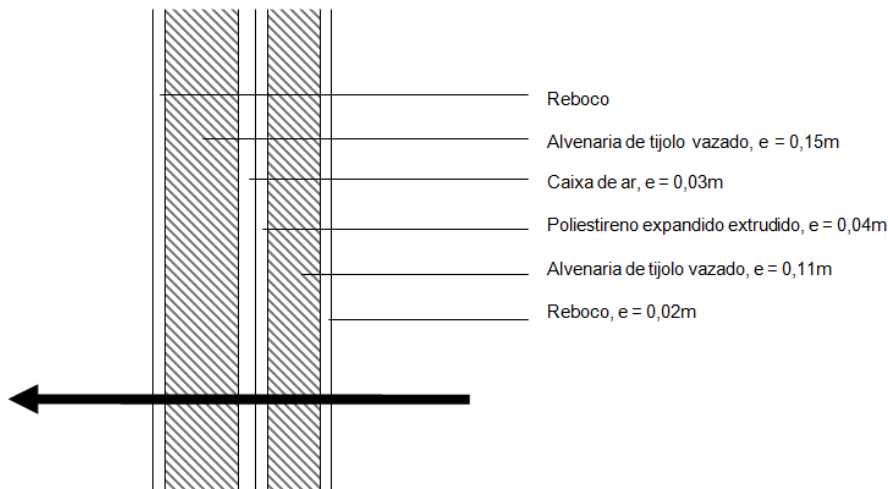
Cobertura



$$R = 0,04 + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,06}{0,33} + 0,19 + \frac{0,020}{0,40} + 0,10 = 2,72 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$U = \frac{1}{2,72} = 0,37 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

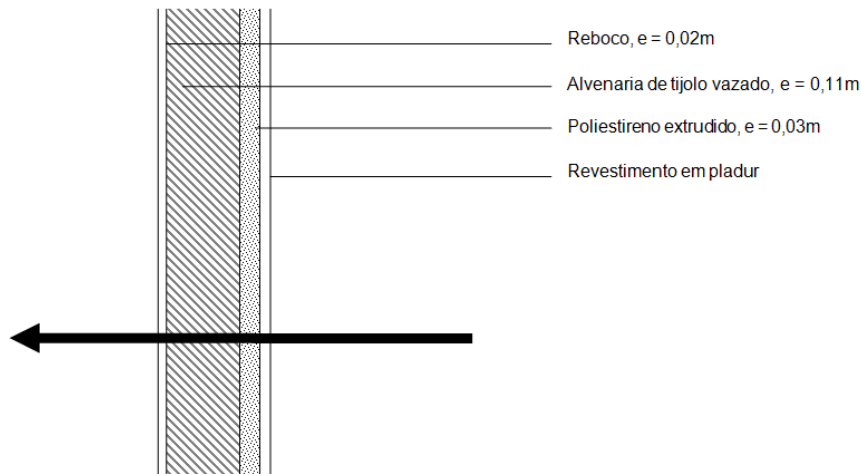
Paredes exteriores



$$R = 0,04 + \frac{0,02}{1,3} \times 2 + \frac{0,04}{0,037} + 0,39 + 0,27 + 0,17 + 0,13 = 2,11 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$$

$$U = \frac{1}{2,11} = 0,47 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

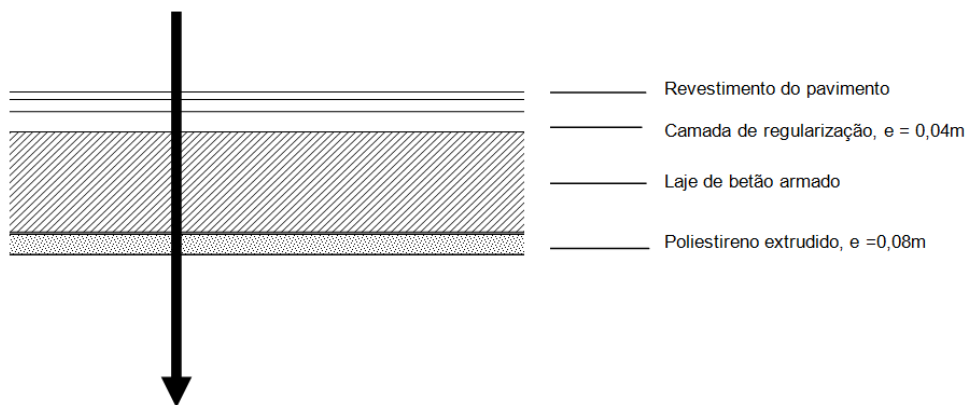
Paredes interiores (Paredes que separam os espaços aquecidos dos não aquecidos e da fracção autónoma adjacente)



$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,27 + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,009}{0,25} + 0,13 = 1,39 \text{ m}^2 \cdot \text{°C} / W$$

$$U = \frac{1}{1,39} = 0,72 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

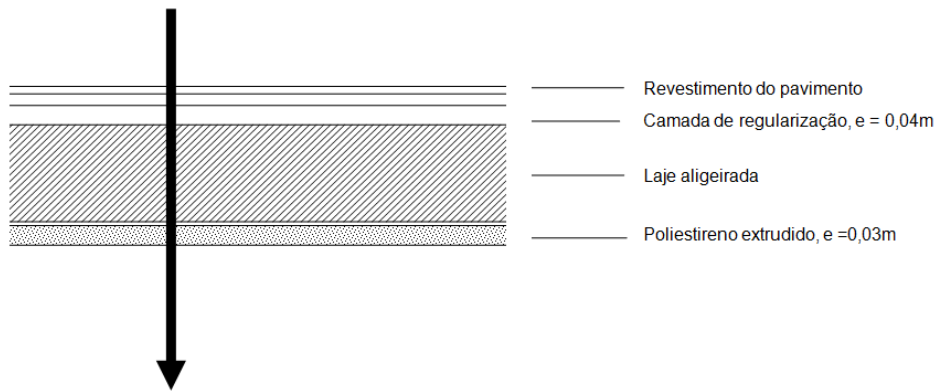
Pavimento sobre o exterior e térreo



$$R = 0,04 + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,2}{2} + \frac{0,04}{1,3} + 0,17 = 2,50 \text{ m}^2 \cdot \text{°C} / W$$

$$U = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

Pavimentos interiores e para espaços não úteis



$$R = 0,17 + \frac{0,03}{0,037} + 0,23 + \frac{0,04}{1,3} + 0,17 = 1,41 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{1,41} = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Envidraçados:

- Cozinha e Entrada - Vidro duplo incolor de 6mm+4mm com caixilharia metálica com corte térmico e cortina interior opaca (segundo ITE 50, Anexo III, Quadro III.2b):

$$U = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

- Arrecadação e Quartos - Vidro duplo incolor 6mm+4mm com caixilharia metálica com corte térmico e portadas interiores de cor clara (segundo ITE 50, Anexo III, Quadro III.2b):

$$U = 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

- Sala - Vidro duplo incolor 6mm+4mm com caixilharia metálica com corte térmico e portadas interior de cor clara (segundo ITE 50, Anexo III, Quadro III.2b):

$$U = 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

- Restantes envidraçados (escritório, hall, WC/suite, WC)- Vidro duplo "Super isolante" (segundo o catálogo do fabricante):

$$U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

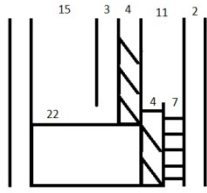
Portas:

$$\text{Porta para exterior} - U = 3,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\text{Porta para a garagem e para a lavandaria} - U = \frac{1}{\frac{1}{3,5} - 0,04 + 0,13} = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

5.2.6.2 U nas PTP (pontes térmicas planas)

Como não havia conhecimento do projecto estrutural da fracção autónoma admite-se que a área de pilares distribui-se uniformemente pelas 3 paredes exteriores com uma área de 10% da área de parede exterior. Também se admite que as vigas encontram-se embebidas na espessura da laje. Sendo assim obtém-se a seguinte resistência térmica para os pilares existentes:



$$R = 0,04 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,22}{2} + \frac{0,04}{0,037} + 0,19 + \frac{0,02}{1,3} + 0,13 = 1,58 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/W$$

$$U = \frac{1}{1,58} = 0,63 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

5.2.6.3 Pontes térmicas lineares

Nesta fracção autónoma são consideradas as seguintes pontes térmicas planas:

Paredes exteriores:

A) Ligação da fachada com pavimento térreo

$$\begin{cases} e_p > 0,6 \\ z = 0 \text{ a } 0,4 \end{cases} \rightarrow \Psi = 0,6, B = 6,95m$$

B) Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores

Locais não aquecidos

$$e_p = 0,2 \rightarrow \Psi = 0,55, B = 4,5m \text{ (lavandaria)}$$

$$e_p = 0,2 \rightarrow \Psi = 0,55, B = 10,95m \text{ (garagem)}$$

Exterior

$$e_p = 0,34 \rightarrow \Psi = 0,7, B = 30,06 m$$

C) Ligação de fachada com pavimento intermédio

$$e_p = 0,34 \rightarrow \Psi = 0,3, B = 20,29m$$

D) Ligação de fachada com cobertura

$$e_p = 0,24 \rightarrow \Psi = 0,7, B = 71,94m$$

E) Ligação de fachada com varanda

$$\begin{cases} e_p > 0,35 \\ e_m \geq 0,35 \end{cases} \rightarrow \Psi = 0,45, B = 6,94m$$

F) Ligação entre 2 paredes verticais

$$\Psi = 0,2, B = 12,30m$$

H) Ligação de fachada com caixilharia

$$\Psi = 0,2, B = 30,05m$$

5.2.6.4 *Factores solares dos envidraçados*

Factor solar do vão envidraçado na estação de aquecimento

Envidraçados da cozinha, entrada, arrecadação, quartos e sala:

$$g_{\perp} = 0,63$$

Envidraçados restantes

$$g_{\perp} = 0,54$$

Factor solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

- Cozinha e Entrada

$$g_{\perp} = 0,7 \times 0,38 + 0,3 \times 0,78 = 0,50$$

- Sala da cave e Quartos

$$g_{\perp} = 0,7 \times 0,36 + 0,3 \times 0,78 = 0,49$$

- Sala

$$g_{\perp} = 0,7 \times 0,36 + 0,3 \times 0,78 = 0,49$$

- restantes envidraçados

$$g_{\perp} = 0,54$$

Factores de obstrução

Os valores dos ângulos necessários para o cálculo dos respectivos f_f e f_0 para as diferentes estações estão dispostos no anexo **ângulos de sombreamento**.

Os dados necessários para a determinação dos ganhos solares pelos envidraçados para a estação de aquecimento são:

- Dados climáticos: $G_{\text{sul}}=93 \text{ kWh/m}^2$; $M=6,7$ meses
- Factor de selectividade angular: $f_w=0,9$
- Factor envidraçada: $f_g=0,7$

$$X = \begin{cases} NE - NW = 0,33 \\ SE - SW = 0,84 \end{cases}$$

$$f_h = \begin{cases} NE - NW = 0,8 \\ SE - SW = 0,48 \end{cases}$$

Cálculo do factor $F_s = f_f \times f_0 \times f_h$

Relembra-se que no mínimo o valor de F_s para vãos envidraçados localizados a SE/SW é $F_s = \frac{0,27}{0,84} = 0,32$ e para vãos envidraçados localizados a NE/NW é $F_s = \frac{0,27}{0,33} = 0,82$. Assim sendo o cálculo do factor F_s encontra-se resumido na Tabela 5.2.

Tipo	Orientação	Fh	Ff	F0	Fh*Ff*F0	Fs
sala cave	SE	0,48	0,95	0,68	0,31	0,32
	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
sala	SE	0,48	0,95	0,56	0,26	0,32
	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
	SE	0,48	0,77	-	0,37	0,37
escritório	NW	0,80	0,80	-	0,64	0,82
entrada	NW	0,80	0,86	0,86	0,59	0,82
cozinha	NW	0,80	0,90		0,72	0,82
suíte	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
quarto 2	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
wc suíte	SE	0,48	0,93	-	0,45	0,45
quarto 3	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
quarto 4	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
	NW	0,80	0,90		0,72	0,82
wc	NW	0,80	0,80	-	0,64	0,82
hall	SW	0,48	0,84	-	0,40	0,40

Tabela 5.2 - Resumo do cálculo do factor Fs na estação de aquecimento

Os dados necessários para a determinação dos ganhos solares pelos envidraçados para a estação de arrefecimento são:

- Dados climáticos: $I_r = \begin{cases} NE - SE = 300 \\ NW - SW = 430 \end{cases}$
- Sombreamento do horizonte: $f_h = 1$
- Factor de selectividade angular: $f_w = \begin{cases} NE - NW = 0,85 \\ SE - SW = 0,85 \end{cases}$
- Fracção envidraçada: $f_g = 0,7$

Cálculo do factor $F_s = f_f \times f_0 \times f_h$

É de salientar que $f_f \times f_0$ no máximo toma o valor de 0,90 visto que é o valor que apresentam os vãos envidraçados sem quaisquer sombreamento de palas, logo o valor de F_s no máximo pode ser igual a 0,9 visto que, o valor de F_h para a estação de arrefecimento toma o valor de 1. Tendo em

consideração o que foi enunciado, na Tabela 5.3 encontra-se um quadro resumo do cálculo do factor F_s na estação de arrefecimento:

Tipo	Orientação	Fh	Ff	F0	Fh*Ff*F0	Fs
sala cave	SE	1,00	0,95	0,68	0,65	0,65
	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
sala	SE	1,00	0,95	0,53	0,50	0,50
	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
	SE	1,00	0,90	-	0,90	0,90
escritório	NW	1,00	1,00	-	1,00	0,90
entrada	NW	1,00	1,00	0,86	0,86	0,86
cozinha	NW	1,00	0,90		0,90	0,90
suite	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
quarto 2	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
wc suite	SE	1,00	0,93	-	0,93	0,90
quarto 3	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
quarto 4	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
	NW	1,00	0,90		0,90	0,90
wc	NW	1,00	0,69	-	0,69	0,69
hall	SW	1,00	0,84	-	0,84	0,84

Tabela 5.3 - Resumo do cálculo do factor F_s na estação de arrefecimento

5.2.6.5 Inércia térmica

Para o cálculo da inércia térmica é necessário o conhecimento de 3 factores:

- msi;
- r;
- S

De acordo com a metodologia proposta no RCCTE, os elementos EL1 são constituídos por: Envolvente exterior (paredes exteriores, pilares, cobertura e pavimento), envolvente para locais não aquecidos (paredes e cobertura para a garagem e lavandaria) e envolvente para outras fracções (paredes). Os elementos EL2 são os elementos em contacto com o solo (paredes e pavimento). Os elementos EL3 são os elementos interiores da fracção autónoma em estudo (paredes divisórias, e pavimento).

E o parâmetro r diz respeito à resistência térmica do revestimento superficial interior de cada elemento, que nesta situação será um reboco tradicional no caso das paredes. No caso dos pavimentos vai ser utilizada cerâmica, logo:

$$R_t = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{1,3} = 0,015 \leq 0,14 \rightarrow r = 1 \text{ m}^2$$

Na Tabela 5.4 abaixo apresenta-se o resumo do cálculo da inércia térmica:

Elementos	Tipo	S_i (m ²)	msi (kg/ m ²)	r_i	msi*S*r _i (kg)
EL1	Paredes exteriores	99,94	150	1	14991
	Pilares	14,99	120	1	1798,8
	cobertura	142,44	150	1	21366
	Pavimento exteriores	25,64	150	1	3846
	Paredes para ENU	31,32	75	1	2349
	Pavimento para ENU	48,1	150	1	7215
	Paredes para F.A adjacente	65,22	150	1	9783
EL2	Pavimentos em contacto/solo	50,29	150	1	7543,5
	Paredes em contacto/solo	26,16	150	1	3924
EL3	Paredes interiores	125,69	150	1	18853,5
	Pavimento interior	73,26	150	1	10989
It					414,549

Tabela 5.4 - Cálculo da inércia térmica da fracção em estudo

Como $I_t \geq 400 \Rightarrow$ A nossa fracção autónoma possui uma Inércia térmica Forte

5.2.7 Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica

5.2.7.1 *U em zona corrente*

Zona climática de Inverno I2, logo:

Para elementos exteriores de zona opaca vertical $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1,6 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Para elementos exteriores de zona opaca horizontal $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Para elementos interiores (incluindo paredes para outros edifícios e ENU) de zona opaca vertical $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 2 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Para elementos interiores (incluindo paredes para outros edifícios e ENU) de zona opaca horizontal $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1,3 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Verificações regulamentares:

Cobertura:

$$U = 0,37 W/m^2 \cdot ^\circ C \leq U_{m\acute{a}x} = 1 W/m^2 \cdot ^\circ C \Rightarrow \text{verifica}$$

Paredes exteriores:

$$U = 0,57 W/m^2 \cdot ^\circ C \leq U_{m\acute{a}x} = 1,6 W/m^2 \cdot ^\circ C \Rightarrow \text{verifica}$$

Paredes para espaços não úteis e F.A adjacente:

$$U = 0,72 W/m^2 \cdot ^\circ C \leq U_{m\acute{a}x} = 2 W/m^2 \cdot ^\circ C \Rightarrow \text{verifica}$$

Pavimento sobre o exterior:

$$U = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}} = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Pavimento para espaços não úteis:

$$U = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}} = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

5.2.7.2 *U nas PTP (Pontes térmicas lineares)*

As pontes térmicas planas para além do seu coeficiente de transmissão, U, ter de verificar o $U_{\text{máx}}$, cujo o valor é igual do elemento onde a PTP se insere, também tem de verificar a seguinte relação:

$$U_{PTP} \leq 2 \times U_{\text{do elemento onde se insere}}$$

então:

$$U_{\text{pilar}} = 0,63 \leq 2 \times 0,47 = 0,94 \Rightarrow \textit{verifica}$$

$$U_{\text{pilar}} = 0,63 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \rightarrow \textit{verifica}$$

5.2.7.3 *Envidraçados*

Como a fracção autónoma em estudo possui uma inércia térmica forte, o **factor solar do envidraçado** tem de ser:

$$g_{\perp}(\textit{vidro} + \textit{protecção}) \leq g_{\perp\text{máx}} = 0,56, \textit{ logo:}$$

- Cozinha e Entrada

$$g_{\perp} = 0,78 \leq 0,56 \Rightarrow \textit{não verifica}$$

Como não verifica propomos uma pequena solução correctiva, a solução será a utilização de uma cortina opaca de cor clara como protecção solar, sendo assim obtém-se:

$$g_{\perp} = \frac{0,37 \times 0,78}{0,75} = 0,38 \leq 0,56 \Rightarrow \textit{verifica}$$

- Sala da cave e Quartos

$$g_{\perp} = \frac{0,35 \times 0,78}{0,75} = 0,36 \leq 0,56 \Rightarrow \textit{verifica}$$

- Sala

$$g_{\perp} = \frac{0,35 \times 0,78}{0,75} = 0,36 \leq 0,56 \Rightarrow \textit{verifica}$$

- Restantes envidraçados (Vidro super isolante)

$$g_{\perp} = 0,54 \leq 0,56 \Rightarrow \text{verifica}$$

5.2.8 Verificações regulamentares

Iremos calcular as necessidades de energia e comprovar que esses valores são inferiores aos máximos permitidos. Todos os cálculos necessários para a obtenção dos referidos encontram-se no anexo **Folhas de Cálculo** e resumidos na tabela 5.5:

Valores de cálculo	Valores máximos	Observações
$N_{ic} = 67,75 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	$N_i = 78,32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	Verifica
$N_{vc} = 9,37 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	$N_v = 16 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	Verifica
$N_{ac} = 13,33 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	$N_a = 29,85 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	Verifica
$N_{tc} = 1,91 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$	$N_t = 4,88 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$	Verifica

Tabela 5.5 - Verificações regulamentares da fracção autónoma em estudo

A classificação energética da fracção autónoma em estudo resulta do valor do quociente entre N_{tc} e N_t :

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{1,91}{4,88} = 0,39 \Rightarrow \text{Classe A}$$

5.3 Nova proposta legislativa

5.3.1 Dados climáticos

Como foi explicado no ponto 5.3 alguns dos dados climáticos segundo a nova proposta legislativa terão de ser corrigidos em função da altitude do local e através da expressão numérica que já foi anteriormente apresentada. Sendo assim obtemos os seguintes dados climáticos para o NUTS III Grande Porto:

Elementos base para a execução do estudo térmico do edifício	
Dados climáticos	
NUTS III	Grande Porto
Orientação	Noroeste e Sudeste
Altitude	77
Zona climática de Inverno	I2
Zona climática de Verão	V1
Número de graus dia (GD)	$GD = 1649 + 1,3 \times (77 - 98) = 1621,7 \text{ dias}$
Duração da estação de aquecimento (M)	$M = 6,8 + 0,002 \times (77 - 98) = 6,758 \text{ meses}$

Temperatura exterior de inverno ($\theta_{ext_{inv}}$)	$\theta_{ext_{inv}} = 10 + 0,003 \times (77 - 98) = 9,937^{\circ}C$
Temperatura exterior de verão ($\theta_{ext_{ver\tilde{a}o}}$)	$\theta_{ext_{ver\tilde{a}o}} = 19^{\circ}C$
Energia solar média mensal incidente (G _{sul})	93 kWh/m ² .mês
Isol	NE/NW ⇒ 287/286 SE/SW ⇒ 416/414 Horizontal ⇒ 703

Tabela 5.6 - Dados climáticos da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta legislativa

5.3.2 Definição das envolventes da fracção autónoma

Para definir as diferentes envolventes da fracção autónoma em estudo é necessário identificar o factor de redução de temperatura, b_{tr}, associado a cada espaço não útil (ENU).

5.3.2.1 Determinação do factor de redução de temperatura b_{tr}

Para a garagem considerou-se:

A_i = Área do tecto + Área da parede para a sala e zona de circulação

A_u = Área da parede exterior

$$A_i = 60,52 \text{ m}^2$$

$$A_u = 13,56 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_i}{A_u} = 4,46$$

espaço permeável ao ar

$$V_{garagem} = 40 \times 2,4 = 96 \text{ m}^3$$

$$b_{tr} = 0,8$$

Para a lavandaria considerou-se:

A_i = Área do tecto + Área da parede para a sala e zona de circulação

A_u = Área da parede exterior

$$A_i = 18,9 \text{ m}^2$$

$$A_u = 3,96 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_i}{A_u} = 4,77$$

espaço permeável ao ar

$$V_{garagem} = 8,10 \times 2,4 = 19,44 \text{ m}^3$$

$$b_{tr} = 0,5$$

Para o edifício adjacente considerou-se:

$$b_{tr} = 0,6$$

5.3.2.2 Marcação das envolventes

Como existe um espaço não aquecido com um b_{tr} superior a 0,7, a garagem, a envolvente da cave será diferente ao definido no ponto 6.2.3.2 para o RCCTE. Na figura () esta representada a nova envolvente marcada no piso da cave. Esta envolvente também será marcada segundo a representação indicada na nova proposta.



Figura 5.4 - Marcação das envoltentes do piso da cave, segundo a nova proposta legislativa

5.3.3 Definição do sistema de preparação das AQS

O sistema para a preparação das águas quentes sanitárias vai ser o mesmo que o utilizado na verificação do RCCTE, ponto 5.2.3. Este sistema vai ter uma eficiência energética com o valor, $\eta = 0,89$.

5.3.4 Definição do sistema de climatização

Tanto para a estação de arrefecimento como para a estação de aquecimento vão ser considerados os mesmo sistemas, mas os valores da eficiência energética do sistema e do factor de conversão para energia primária são distintos aos definidos no RCCTE, sendo assim tem-se:

- Estação de aquecimento:

Sistema: caldeira a gás

Através do Quadro II.09 da proposta da Portaria técnica conclui-se que a classe mínima da caldeira, com a entrada em vigor do novo regulamento, é B gerando assim os seguintes valores:

$$\eta = 0,89,$$

$$f_{pu} = 1 \text{ kWh}_{ep}/\text{kWh}, \text{ para combustível gasoso}$$

- Estação de arrefecimento:

Sistema: máquina frigorífica

Recorrendo ao Quadro II.04 da proposta da portaria técnica que nos remete para o Quadro II.05, para uma unidade split, multi-split ou VRF, com permuta ar-ar, de classe C tem os seguintes valores:

$$\eta = 3$$

$$f_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{ep}/\text{kWh}, \text{ para electricidade}$$

5.3.5 Definição do sistema de ventilação

O sistema de ventilação a considerar é o mesmo que o considerado na verificação do RCCTE, ventilação natural, mas não cumpre os requisitos da Norma.

Tal como aconteceu na verificação do RCCTE, a fracção autónoma encontra-se na Região B, tem uma altura acima do solo de 6,4m e tem Rugosidade II.

Como os valores fornecidos através do preenchimento da folha de cálculo fornecida pelo LNEC, para o cálculo do $R_{ph,i}$, não eram coerentes, optou-se por considerar o mínimo exigido para a estação de aquecimento, $R_{ph,i}=0,4\text{h}^{-1}$.

Tal como acontece na estação de arrefecimento, também para este cálculo vai ser usado o valor de referência de $R_{ph}=0,6\text{h}^{-1}$.

5.3.6 Cálculo dos parâmetros e coeficientes necessários ao balanço térmico

5.3.6.1 *U em zona corrente*

A metodologia de cálculo dos coeficientes de transmissão térmica da nova proposta legislativa é em todo igual a metodologia de cálculo utilizada no RCCTE, obtendo assim os mesmos valores de U para os diversos elementos construtivos.

5.3.6.2 *U nas PTP (pontes térmicas planas)*

Tal como acontece no ponto anterior o valor do U da PTP é igual ao calculado no ponto 6.2.7.2 desta legislação.

5.3.6.3 *Pontes térmicas lineares*

- Ligação da fachada com pavimento térreo

Isolamento repartido na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,80, B = 6,95 \text{ m}$

- Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores

Locais não aquecidos

1. Lavandaria

Isolamento sob o pavimento/isolamento na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,75$, $B = 4,5m$

2. Garagem

Isolamento sob o pavimento/isolamento na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,75$, $B = 10,95m$

Exterior

Isolamento sob o pavimento/isolamento na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,75$, $B = 30,06m$

- Ligação de fachada com pavimento intermédio

Isolamento repartido na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,50$, $B = 20,29m$

- Ligação de fachada com cobertura

Isolamento sobre o pavimento/isolamento na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 1$, $B = 71,94m$

- Ligação de fachada com varanda

Isolamento repartido na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,55$, $B = 6,94m$

- Ligação entre 2 paredes verticais

Isolamento repartido na caixa-de-ar da parede dupla $\Rightarrow \Psi = 0,50$, $B = 12,30m$

- Ligação de fachada com caixilharia

Isolamento térmico da parede não contacta com a caixilharia $\Rightarrow \Psi = 0,25$, $B = 30,05m$

Como a garagem apresenta um coeficiente b_{tr} superior a 0,7 terão de ser contabilizadas as respectivas pontes térmica lineares para a parede que separa a garagem dos locais aquecidos da fracção autónoma.

- Ligação da parede para a garagem com pavimento térreo

Isolamento na face interior da parede $\Rightarrow \Psi = 0,80$, $B = 9,45 m$

- Ligação da parede para a garagem com cobertura

Isolamento sob a cobertura/Isolamento na face interior da parede $\Rightarrow \Psi = 0,75$, $B = 9,45m$

➤ Ligação entre duas paredes verticais com ângulo saliente
Isolamento na face interior da parede $\Rightarrow \Psi = 0,10, B = 2,4m$

5.3.6.4 *Factores solares dos envidraçados*

Os valores do g_T para as diferentes estações de aquecimento (g_i) e de arrefecimento (g_v) são calculados da seguinte forma:

Estação de aquecimento

$$g_i = g_{TP} = 0,9 \times g_{\pm,vi}$$

$$g_{i,salas+quartos+entrada+lavandaria+cozinha} = 0,78 \times 0,9 = 0,702$$

$$g_{i,hall+Wcsuite+Wc+escritório} = 0,54 \times 0,9 = 0,486$$

Estação de arrefecimento

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{TP}$$

$$g_{v,cozinha+entrada} = 0,4 \times 0,38 + (1 - 0,4) \times 0,702 = 0,57$$

$$g_{v,sala\ cave+lavandaria+suite+sala} = 0,7 \times 0,364 + (1 - 0,7) \times 0,702 = 0,47$$

$$g_{v,Quartos2,3,4} = 0,4 \times 0,364 + (1 - 0,4) \times 0,702 = 0,57$$

$$g_{v,hall+Wcsuite} = 0,7 \times 0,54 + (1 - 0,7) \times 0,486 = 0,52$$

$$g_{v,Wc+escritório} = 0,4 \times 0,54 + (1 - 0,4) \times 0,486 = 0,51$$

Os factores de obstrução dos vãos envidraçados na estação de aquecimento são os mesmos que os calculados para a esta estação segundo o RCCTE, uma vez que a metodologia de cálculo e os valores tabelados para os diferentes tipos de obstruções são iguais. É de salientar que nesta nova proposta os envidraçados para os espaços não úteis são contabilizados, assim sendo na Tabela 5.7 apresentam-se os valores do cálculo do F_s para esta estação.

Tipo	Orientação	F _h	F _f	F ₀	F _h *F _f *F ₀	F _s
sala cave	SE	0,48	0,95	0,68	0,31	0,32
	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
sala	SE	0,48	0,95	0,56	0,26	0,32
	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
	SE	0,48	0,77	-	0,37	0,37
escritório	NW	0,80	0,80	-	0,64	0,82
entrada	NW	0,80	0,86	0,86	0,59	0,82
cozinha	NW	0,80	0,90		0,72	0,82
suíte	SE	0,48	0,90		0,43	0,43
quarto 2	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
wc suite	SE	0,48	0,93	-	0,45	0,45
quarto 3	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
quarto 4	NE	0,80	0,90		0,72	0,82
	NW	0,80	0,90		0,72	0,82
wc	NW	0,80	0,80	-	0,64	0,82
hall	SW	0,48	0,84	-	0,40	0,40
lavandaria	SE	0,48	0,86	-	0,41	0,41

Tabela 5.7 - Resumo do cálculo do factor F_s segundo a nova proposta legislativa para a estação de aquecimento

Os factores na estação de arrefecimento já não são os mesmo, apesar da metodologia de cálculo ser a mesma os valores de cálculo para as obstruções são diferentes:

- Sombreamento do horizonte - $f_h=1$
- Fracção envidraçada - $f_g=0,7$
- Dados climáticos - $Isol = \begin{cases} NE - NW = 287 - 286 \\ SE - SW = 416 - 414 \end{cases}$
- Factor de selectividade angular - $f_w = \begin{cases} NE - NW = 0,85 \\ SE - SW = 0,85 \end{cases}$

Cálculo do factor $F_s = f_f \times f_0 \times f_h$

É de relembrar que também nesta nova proposta é utilizado o valor de 0,9 para o produto $f_f \times f_0$ no caso de não haver nenhuma obstrução ao nível de palas, sendo assim o valor de F_s não deve ser superior a 0,9, uma vez que o valor de F_h é igual a um. Na Tabela 5.8 encontra-se representado um resumo do cálculo do factor F_s.

Tipo	Orientação	Fh	Ff	F0	Fh*Ff*F0	Fs
sala cave	SE	1,00	0,87	0,68	0,59	0,59
	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
sala	SE	1,00	0,87	0,56	0,49	0,49
	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
	SE	1,00	0,93	-	0,93	0,90
escritório	NW	1,00	0,69	-	0,69	0,90
entrada	NW	1,00	0,85	0,86	0,73	0,73
cozinha	NW	1,00	0,90		0,90	0,90
suite	SE	1,00	0,90		0,90	0,90
quarto 2	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
wc suite	SE	1,00	0,77	-	0,77	0,90
quarto 3	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
quarto 4	NE	1,00	0,90		0,90	0,90
	NW	1,00	0,90		0,90	0,90
wc	NW	1,00	0,69	-	0,69	0,69
hall	SW	1,00	0,81	-	0,81	0,81
lavandaria	SE	1,00	0,95	-	0,95	0,90

Tabela 5.8 - Resumo do cálculo do factor Fs segundo a nova proposta legislativa para a estação de arrefecimento

5.3.6.5 Inércia Térmica

A inércia térmica é calculada de igual modo que no RCCTE, pois a metodologia de cálculo é a mesma, a única diferença é que nesta nova proposta legislativa o factor r (factor da resistência térmica do revestimento superficial do elemento) encontra-se mais discriminado. Apesar desta diferença o r a considerar para todos os elementos construtivos da fracção autónoma em estudo é igual a 1, tal como acontecia no RCCTE, gerando assim o mesmo valor de inércia térmica e consequentemente a mesma classificação, Inércia térmica Forte.

5.3.7 Verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica

5.3.7.1 U em zona corrente

Zona climática de Inverno I2, logo:

Para elementos exteriores de zona opaca vertical e para a garagem $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1,6 W/m^2. \text{ } ^\circ C$

Para elementos exteriores de zona opaca horizontal e para a garagem $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1 W/m^2. \text{ } ^\circ C$

Para elementos interiores (incluindo paredes para outros edifícios e ENU) de zona opaca vertical $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 2 W/m^2. \text{ } ^\circ C$

Para elementos interiores (incluindo paredes para outros edifícios e ENU) de zona opaca horizontal $\Rightarrow U_{m\acute{a}x} = 1,3 W/m^2. \text{ } ^\circ C$

Para elementos em contacto com o solo $\Rightarrow U_{ref} = 0,5 W/m^2. \text{ } ^\circ C$

Verificações regulamentares:

Cobertura:

$$U = 0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Paredes exteriores:

$$U = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Paredes para a lavandaria e F.A adjacente:

$$U = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Parede para garagem:

$$U = 0,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Pavimento sobre o exterior e pavimento térreo:

$$U = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

$$U_{\text{pav. térreo}} = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{ref}} = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Pavimento sobre a lavandaria:

$$U = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

Pavimento sobre a garagem:

$$U = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \Rightarrow \textit{verifica}$$

5.3.7.2 *U nas PTP (pontes térmicas planas)*

Como o valor do coeficiente U é inferior a $1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ não é necessário verificar as restantes verificações regulamentares para a pontes térmicas planas.

5.3.7.3 *Envidraçados*

A verificação dos envidraçados na nova proposta legislativa, para uma área de envidraçados superior a 15% da área de pavimento, é feita através da seguinte expressão:

$$g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{T\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} \times \frac{0,15}{\left(\frac{A_{\text{env}}}{A_{\text{pav}}}\right)}$$

É de salientar que apenas é âmbito de estudo para $g_{T\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$ os envidraçados que se encontram a Sudeste e a Sudoeste. Este cálculo encontra-se resumido na Tabela 5.9, abaixo exposta:

Envidraçados	Área	g _r	F0*Ff	g _r *F0*Ff	g _{r max}	g _{r max} *(0,15/(Aenv/Apav))	(g _r *F0*Ff)/g _{r max} *(0,15/(Aenv/Apav)) <1	Observações
sala cave	9,00	0,36	0,65	0,24	0,56	0,44	0,53	Verifica
sala cave	3,72	0,36	0,90	0,33	0,56	0,44	0,74	Verifica
sala	9,75	0,36	0,53	0,19	0,56	0,44	0,44	Verifica
sala	4,03	0,36	0,90	0,33	0,56	0,44	0,74	Verifica
sala	4,29	0,36	0,77	0,28	0,56	0,44	0,63	Verifica
suíte	4,50	0,36	0,90	0,33	0,56	0,44	0,74	Verifica
we suite	1,09	0,54	0,90	0,49	0,56	0,44	1,10	Não verifica
hall	8,52	0,54	0,84	0,45	0,56	0,44	1,02	Não verifica
lavandaria	1,98	0,36	0,86	0,31	0,56	0,44	0,71	Verifica

Tabela 5.9 - Verificação regulamentar dos envidraçados da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta

Como se pode verificar o vidro do Wc da suite e o vidro do Hall não verificam o requisito mínimo de qualidade térmica pela metodologia de cálculo da nova proposta legislativa, seria necessário mudar a solução de envidraçado a implementar neste dois compartimentos da fracção autónoma em estudo, a fim de verificar os requisitos mínimos. no entanto, neste estudo académico não foi feita tal alteração para ser possível comparar os valores obtidos pelas duas metodologias de cálculo.

5.3.8 Cálculos regulamentares

5.3.8.1 Cálculo dos valores de Nic e Ni

$$Nic = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p}$$

Cálculo do Q_{tr,i}

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}$$

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$$

$H_{ext} = \sum U_i \times A_i + \sum \Psi_i \times B_i$, na Tabela 5.10, abaixo apresentada encontra-se o resumo do cálculo deste parâmetro:

Tipo		Área	U	A*U
Envolvente exterior	Portas	2,94	3,50	10,29
	paredes	99,94	0,47	46,97
	pavimentos	25,64	0,40	10,26
	pilares	9,99	0,63	6,30
	coberturas	142,44	0,37	52,70
Tipo		B	Ψ	B*Ψ
Ponte térmica linear	Fachada com pavimento térreo	6,95	0,80	5,56
	Fachada com pavimentos locais não aquecidos	4,50	0,75	3,38
	Fachada com pavimentos locais não aquecidos	10,95	0,75	8,21
	Fachada com pavimento sobre o exterior	30,06	0,75	22,55
	Fachada com pavimento intermédio	20,29	0,50	10,15
	Fachada com varanda	6,94	0,55	3,82
	Fachada com cobertura em terraço	71,94	1,00	71,94
	Ligação entre duas paredes verticais	12,30	0,50	6,15
	Ligação fachada com caixilharia	30,05	0,25	7,51
$\Sigma(U_i \cdot A_i) + \Sigma(\Psi \cdot B)$				265,77
Envidraçados	Área	U _{env}	A*U	
sala cave	9,00	2,80	25,20	
sala cave	3,72	2,80	10,42	
sala	9,75	2,80	27,30	
sala	4,03	2,80	11,28	
sala	4,29	2,80	12,01	
escritório	1,98	1,90	3,76	
entrada	0,55	2,90	1,60	
cozinha	3,14	2,90	9,11	
suíte	4,50	2,80	12,60	
quarto 2	1,77	2,80	4,96	
wc suíte	1,09	1,90	2,06	
quarto 3	3,72	2,80	10,42	
quarto 4	1,52	2,80	4,27	
quarto 4	2,00	2,80	5,60	
wc	1,09	1,90	2,06	
hall	8,52	1,90	16,19	
lavandaria	1,98	2,80	5,54	
$\Sigma A \cdot U$				164,37

Tabela 5.10 - Resumo do cálculo do H_{ext}

$$H_{ext} = 265,77 + 164,37 = 430,14 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

H_{enu} e $H_{adj} = b_{tr} \times U \times A + \Sigma \Psi_i \times B_i$, na Tabela 5.11, abaixo apresentada encontra-se o resumo do cálculo deste parâmetro:

Tipo	Área	U	btr	A*U*btr
Porta em contacto com a lavandaria	1,60	2,70	0,50	2,16
Paredes em contacto com a lavandaria	10,80	0,72	0,50	3,89
Porta em contacto com a garagem	1,60	2,70	0,80	3,46
Paredes em contacto com a garagem	20,52	0,72	0,80	11,82
Pavimento em contacto com a lavandaria	8,10	0,71	0,50	2,88
Pavimento em contacto com a garagem	40,00	0,71	0,80	22,72
Paredes em contacto com F.A adjacente	65,22	0,72	0,60	28,18
$\Sigma A*U*btr$				75,09
Tipo	B	Ψ	$B*\Psi$	
Parede com pavimento térreo da garagem	9,45	0,80	7,56	
Ligação entre duas paredes	2,40	0,10	0,24	
Parede com cobertura da garagem	9,45	0,75	7,09	
$\Sigma\Psi*B$				15,13

Tabela 5.11 - Resumo do cálculo do Henu e Hadj

$$H_{enu} + H_{adj} = 90,42 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$H_{ecs} = \Sigma U_{bf} \times A + \Sigma Z \times P \times U_{bw}$, na Tabela 5.12, abaixo apresentada encontra-se o resumo do cálculo deste parâmetro:

Tipo	Área	U _{bf}	A*U _{bf}	
Pavimento em contacto com o solo	50,29	0,17	8,75	
Tipo	P	Z	U _{wi}	P*Z*U
Paredes enterradas	6,30	2,40	0,31	4,63
Hecc				13,38

Tabela 5.12 - Resumo do cálculo do Hecc

$$H_{tr,i} = 430,14 + 90,42 + 13,38 = 533,94 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times 1621,7 \times 533,94 = 20781,37 \text{ kWh}$$

Cálculo $Q_{ve,i}$

$$H_{ve,i} = 0,34 \times RPH, i \times A_p \times Pd$$

$$H_{ve,i} = 0,34 \times 0,4 \times 247,64 \times 2,55 = 85,88 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times 1621,7 \times 85,88 = 3342,58 \text{ kWh}$$

Cálculo Q_{gui}

$$Q_{gu,i} = Q_{g,i} \times \eta$$

$$Q_{g,i} = Q_{int} + Q_{sol,i}, \text{ onde:}$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times q_{int} \times M \times Ap = 0,72 \times 4 \times 6,758 \times 247,64 = 4819,83 \text{ kWh}$$

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times [\sum X \times A_{s,i}] \times M, \text{ e o cálculo do } A_{s,i} = A \times F_{s,i} \times F_g \times g_i \times F_{w,i}$$

Na Tabela 5.13 apresenta-se o cálculo do $A_{s,i}$, o respectivo produto pelo factor X e o somatório deste produto para cada um dos envidraçados existentes, é de salientar que na nova proposta legislativa os ganhos pelos envidraçados dos ENU são contabilizados, tal como aconteceu nas perdas pela envolvente exterior.

Tipo	Orientação	Área	Factor de Orientação (X)	Factor solar do vidro (gi)	Fs	Fg	Fwi	As,i*X
sala cave	SE	9,00	0,84	0,70	0,32	0,70	0,90	1,07
	SE	3,72	0,84	0,70	0,43	0,70	0,90	0,60
sala	SE	9,75	0,84	0,70	0,32	0,70	0,90	1,16
	SE	4,03	0,84	0,70	0,43	0,70	0,90	0,65
	SE	4,29	0,84	0,70	0,36	0,70	0,90	0,57
escritório	NW	1,98	0,33	0,49	0,82	0,70	0,90	0,16
entrada	NW	0,55	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,07
cozinha	NW	3,14	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,38
suite	SE	4,50	0,84	0,70	0,43	0,70	0,90	0,72
quarto 2	NE	1,77	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,21
wc suite	SE	1,09	0,84	0,49	0,45	0,70	0,90	0,12
quarto 3	NE	3,72	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,45
quarto 4	NE	1,52	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,18
	NW	2,00	0,33	0,70	0,82	0,70	0,90	0,24
wc	NW	1,09	0,33	0,49	0,82	0,70	0,90	0,09
hall	SW	8,52	0,84	0,49	0,40	0,70	0,90	0,88
lavandaria	SE	1,98	0,84	0,70	0,41	0,70	0,90	0,30
$\Sigma X*As,i$								7,85

Tabela 5.13 - Resumo do cálculo dos ganhos solares brutos pelos envidraçados na estação de aquecimento

Então:

$$Q_{sol,i} = 93 \times 7,85 \times 6,758 = 4933,68 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,i} = 4819,83 + 4933,68 = 9753,51 \text{ kWh}$$

Para o cálculo do η_i , é necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}} = \frac{9753,51}{20781,37 + 3342,58} = 0,40, \text{ como } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0$$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}, \text{ sendo que } a = 0,8 \times \frac{c_m}{H_{tr} + H_{ve}}$$

Uma vez que a fracção em estudo tem inércia Forte $c_m = 2,407 \times A_p = 596,07 \text{ m}^2$

assim:

$$a = 0,8 + \frac{596,07}{533,94+85,88} = 1,76 \Rightarrow \eta = \frac{1-0,4^{1,76}}{1-0,40^{1,76+1}} = 0,87$$

$$Q_{gu,i} = 9753,51 \times 0,87 = 8485,55 \text{ kWh}$$

$$Nic = \frac{(20781,37+3342,58-8485,55)}{247,64} = 63,15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Cálculo do Ni

$$Ni = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p}$$

O cálculo do $H_{tr,i_{ref}}$ tem como base valores de referência de:

- Coeficientes de transmissão térmica superficial de envolvente opacas;
- Coeficiente de transmissão térmica linear;
- Coeficiente de transmissão térmica superficial de envidraçados, tendo em conta que apenas 20% de A_p , da área de envidraçados é que é contabilizada como tal, a restante área é contabilizada como área de envolvente opaca

Tendo em consideração estes aspectos temos:

$$H_{tr,i_{ref}} = H_{ext,i_{ref}} + H_{enu,i_{ref}} + H_{adj,i_{ref}} + H_{ecs,i_{ref}}$$

O valor de $H_{ext,i_{ref}}$ é sintetizado na Tabela 5.14:

Tipo		Área	Uref	A*Uref
Envolvente exterior	paredes e porta	102,88	0,40	41,15
	pavimentos	25,64	0,35	8,97
	pilares	15,43	0,40	6,17
	coberturas	142,44	0,35	49,85
Tipo		B	Ψref	B*Ψref
Ponte térmica linear	Fachada com pavimento térreo	6,95	0,50	3,48
	Fachada com pavimentos locais não aquecidos	4,50	0,50	2,25
	Fachada com pavimentos locais não aquecidos	10,95	0,50	5,48
	Fachada com pavimento sobre o exterior	30,06	0,50	15,03
	Fachada com pavimento intermédio	20,29	0,50	10,15
	Fachada com varanda	6,94	0,50	3,47
	Fachada com cobertura em terraço	71,94	0,50	35,97
	Ligação entre duas paredes verticais	12,30	0,40	4,92
	Ligação fachada com caixilharia	30,05	0,20	6,01
Σ(Ui*Ai)+Σ(Ψ*B)				192,90

Tabela 5.14 - Resumo do cálculo do Hext de referência

$$H_{ext,i_{ref}} = 192,90 + 0,2 \times 247,64 \times 2,6 + 13,11 \times 0,4 = 326,92 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

O valor de $H_{enu+adj,i_{ref}}$ é sintetizado na Tabela 5.15, abaixo apresentada:

Tipo	Área	Uref	btr	A*U*btr
Paredes em contacto com a lavandaria e porta	12,40	0,80	0,50	4,96
Paredes em contacto com a garagem e porta	22,12	0,40	0,80	7,08
Pavimento em contacto com a lavandaria	8,10	0,70	0,50	2,84
Pavimento em contacto com a garagem	40,00	0,35	0,80	11,20
Paredes em contacto com F.A adjacente	65,22	0,70	0,60	27,39
Σ A*U*btr				53,47
Tipo	B	Ψref	B*Ψref	
Ligação entre duas paredes	2,40	0,40	0,96	
Parede com pavimento térreo da garagem	9,45	0,50	4,73	
Parede com cobertura da garagem	9,45	0,50	4,73	
ΣΨ*B				10,41

Tabela 5.15 - Resumo do cálculo do Henu e Hadj de referência

$$H_{enu+adj,i_{ref}} = 53,47 + 10,41 = 63,88 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

O valor de $H_{ecs,i_{ref}}$ é sintetizado na Tabela 5.16:

Tipo	Área	Uref	A*Ubf	
Pavimento em contacto com o solo	50,29	0,50	25,15	
Tipo	P	Z	Uref	P*z*U
Paredes enterradas	6,30	2,40	0,50	7,56
Hecs				32,71

Tabela 5.16 - Resumo do cálculo do Hecs de referência

Então, $H_{tr,i_{ref}} = 326,92 + 63,88 + 32,71 = 423,51 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \Rightarrow Q_{tr,i_{ref}} = 16483,35 \text{ kWh}$

O valor de $Q_{ve,i_{ref}}$ é igual ao valor obtido para o cálculo do Nic, uma vez que utilizamos o valor mínimo de Rph que é igual ao valor de referência.

$$Q_{ve,i_{ref}} = 3342,58 \text{ kWh}$$

$$Q_{gu,i_{ref}} = \eta \times Q_{int,i}, \text{ como } \eta = 1 \Rightarrow Q_{gu,i_{ref}} = 4819,83 \text{ kWh}$$

$$Ni = \frac{16483,35 + 3342,58 - 4819,83}{247,64} = 60,60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

5.3.8.2 Cálculo dos valores de Nvc e Nv

$$Nvc = \frac{(1-\eta_v) \times Q_{g,v}}{A_p}$$

Para o cálculo do η_v é necessário conhecer os respectivos valores de $Q_{tr,v}$, $Q_{ve,v}$ e $Q_{g,v}$.

$$Q_{tr,v} = \frac{H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,exte}) \times L_v}{1000} = \frac{533,94 \times (25 - 19) \times 2928}{1000} = 9380,26 \text{ kWh}$$

Tal como acontece na estação de arrefecimento, também para este cálculo vai ser usado o valor de referência de Rph=0,6.

$$H_{ve,i} = 0,34 \times 0,6 \times 247,64 \times 2,55 = 128,82 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{ve,v} = \frac{H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,exte}) \times L_v}{1000} = \frac{128,82 \times (25 - 19) \times 2928}{1000} = 2263,11 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v}$$

$$Q_{int,v} = \frac{q_{int,v} \times A_p \times L_v}{1000} = \frac{4 \times 247,64 \times 2928}{1000} = 2900,36 \text{ kWh}$$

O valor do $Q_{sol,v} = \sum [I_{sol} \sum F_{s,v} \times A_{s,v}]$, onde:

$$A_{s,v_{envidraçados}} = A \times F_g \times g_v \times F_w \text{ e } A_{s,v_{envolvente opaca}} = A \times R_{se} \times U \times \alpha$$

O valor do $Q_{sol,v}$ está sintetizado na Tabela 5.17:

Envidraçado								
Tipo	Orientação	Área	Isol	Factor solar do vidro (gv)	Fs,v	Fg	Fwi	$\Sigma_{isol} * \Sigma F_{s,v} * A_{s,v}$
sala1	SE	9,00	416,00	0,47	0,59	0,70	0,85	617,74
	SE	3,72	416,00	0,47	0,90	0,70	0,85	389,49
sala2	SE	9,75	416,00	0,47	0,49	0,70	0,85	555,79
	SE	4,03	416,00	0,47	0,90	0,70	0,85	421,94
	SE	4,29	416,00	0,47	0,90	0,70	0,85	449,17
escritório	NW	1,98	286,00	0,51	0,69	0,70	0,85	118,57
entrada	NW	0,55	286,00	0,57	0,73	0,70	0,85	38,94
cozinha	NW	3,14	286,00	0,57	0,90	0,70	0,85	274,11
suite	SE	4,50	416,00	0,47	0,90	0,70	0,85	471,15
quarto 2	NE	1,77	287,00	0,57	0,90	0,70	0,85	155,06
WC/suite	SE	1,09	416,00	0,52	0,70	0,70	0,85	97,76
quarto 3	NE	3,72	287,00	0,57	0,90	0,70	0,85	325,88
quarto 4	NE	1,52	287,00	0,57	0,90	0,70	0,85	133,51
	NW	2,00	286,00	0,57	0,90	0,70	0,85	174,59
wc	NW	1,09	286,00	0,51	0,69	0,70	0,85	64,97
hall	SW	8,52	414,00	0,52	0,81	0,70	0,85	881,26
lavandaria	SE	1,98	416,00	0,47	0,90	0,70	0,85	207,31
Envolveite opaca								
Tipo	Orientação	Área	Isol	U da envolveite	Fs,v	α	R se	$\Sigma_{isol} * \Sigma F_{s,v} * A_{s,v}$
Parede exterior	SE	17,30	416,00	0,47	1,00	0,40	0,04	54,12
Parede exterior	SW	12,30	414,00	0,47	1,00	0,40	0,04	38,29
Parede exterior	NW	22,67	286,00	0,47	1,00	0,40	0,04	48,76
Parede exterior	NE	58,99	287,00	0,47	1,00	0,40	0,04	127,31
Cobertura	Horizontal	142,44	703,00	0,35	1,00	0,40	0,04	560,76
Qsol,v								6206,48

Tabela 5.17 - Resumo do cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados e envolveite opaca na estação de arrefecimento

$$Q_{g,v} = 2900,36 + 6206,48 = 9106,84 \text{ kWh}$$

Para o cálculo do η_v , é necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}} = \frac{9106,84}{9875,15 + 2263,11} = 0,75, \text{ como } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0$$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}, \text{ sendo que } a = 0,8 \times \frac{c_m}{H_{tr} + H_{ve}}$$

Uma vez que a fracção em estudo tem inércia Forte $c_m = 2,407 \times A_p = 596,07 \text{ m}^2$

assim:

$$a = 0,8 + \frac{596,07}{533,94 + 128,82} = 1,70 \Rightarrow \eta = \frac{1 - 0,75^{1,70}}{1 - 0,75^{1,70+1}} = 0,72$$

$$Nvc = \frac{(1-0,72) \times 9106,84}{247,64} = 10,30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Cálculo do Nv

Tal como acontece na estação de aquecimento, também na estação de arrefecimento os parâmetros necessários para o cálculo do Nv, são de referência.

$$Nv = \frac{(1 - \eta_{vref}) \times Q_{g,vref}}{A_p}$$

$$\eta_{vref} = 0,22 \times \ln[3,614 \times (\theta_{ref,v} - \theta_{ext,v})] = 0,22 \ln(3,614 \times (25 - 19)) = 0,68$$

$$Q_{g,vref}/A_p = \left[q_{int} \times \frac{Lv}{1000} + g_{vref} \times (A_w/A_p)_{ref} \times I_{solref} \right]$$

com:

$$q_{int} = 4 \text{ W/m}^2$$

$$g_{vref} = 0,4$$

$$(A_w/A_p)_{ref} = 0,2$$

$$I_{solref} = 393$$

$$Q_{g,vref}/A_p = 43,15 \text{ kWh/m}^2$$

$$Nv = 0,68 \times 43,15 = 13,81 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$Nvc = 10,30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \leq Nv = 13,81 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \Rightarrow \text{não verifica}$$

5.3.8.3 Cálculo do Qa

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000}, \text{ em que:}$$

$$M_{AQS} = 40l \times n \times f_{eh}$$

o valor de f_{eh} diz respeito a classificação dos chuveiros, mas como no caso em estudo não especifica classes de chuveiros, utiliza-se $f_{eh} = 1$, sendo assim:

$$M_{AQS} = 40l \times 5 \times 1 = 200l$$

$$Q_a = \frac{200 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 2971,61 \text{ kWh}$$

5.3.8.4 Cálculo e verificação do Ntc

$$Ntc = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times Nic}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times \delta \times Nvc}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Qa / Ap}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{Ap} \times F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{Ap} \times F_{pu,p}$$

Os valores de $f_{i,k}$, $f_{v,k}$ e $f_{a,k}$ são apenas necessários se existirem mais do que um equipamento para arrefecimento, aquecimento e preparação de AQS. Na realidade trata-se da percentagem de cada uma das necessidades de energia que será assegurada por cada equipamento, no caso de apenas existir 1 tipo de sistema para cada função, o que acontece na fracção autónoma em estudo, os valores são iguais a 1.

$$Ntc = \frac{63,15}{0,89} \times 1 + \frac{10,30}{3,3} \times 2,5 + \frac{2971,61/247,64}{0,89} \times 1 - \frac{2188}{247,64} \times 1 = 83,41 \text{ kWh}_{ep}/m^2 \cdot \text{ano}$$

$$Nt = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times Ni}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times Nv}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Qa / Ap}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j}$$

$$Nt = \frac{60,60}{1} \times 2,5 + \frac{13,81}{3} \times 2,5 + \frac{2971,61/247,64}{1} \times 2,5 = 192,17 \text{ kWh}_{ep}/m^2 \cdot \text{ano}$$

$$R = \frac{Ntc}{Nt} = \frac{83,41}{192,17} = 0,43 \Rightarrow \text{Classe A}$$

5.3.8.5 Verificação regulamentar

Neste ponto faz-se um resumo dos cálculos acima efectuados, certificando as verificações regulamentares. Relembra-se que na nova proposta não existe um máximo regulamentar para o cálculo das necessidades nominais para a preparação de AQS, sendo assim na Tabela 5.18 é apresentado o resumo das verificações regulamentares:

Valores de cálculo	Valores máximos	Observações
$N_{ic} = 63,15 \text{ kWh}/m^2 \cdot \text{ano}$	$N_i = 60,60 \text{ kWh}/m^2 \cdot \text{ano}$	Não verifica
$N_{vc} = 10,30 \text{ kWh}/m^2 \cdot \text{ano}$	$N_v = 13,81 \text{ kWh}/m^2 \cdot \text{ano}$	Verifica
$Qa = 2971,61 \text{ kWh}$	-	-
$N_{tc} = 83,41 \text{ kWh}_{ep}/m^2 \cdot \text{ano}$	$N_t = 192,17 \text{ kWh}_{ep}/m^2 \cdot \text{ano}$	Verifica

Tabela 5.18 - Verificações regulamentares da fracção autónoma em estudo segundo a nova proposta

5.3.9 Análise comparativa dos resultados obtidos através RCCTE e a nova proposta legislativa (REH)

Neste ponto iremos começar por fazer uma análise comparativa em cada uma das estações existentes, para ver as diferenças ao nível dos valores de cálculo e regulamentares dos dois documentos. Depois é feita uma análise comparativa a nível geral.

Na Tabela 5.19 faz-se a comparação aos valores na estação de aquecimento:

Tipo	RCCTE	REH
Perdas pela envolvente exterior e em contacto com o solo	413,77 W/°C	443,52 W/°C
Perdas pela envolvente interior e para edifício adjacente	62,63 W/°C	90,22 W/°C
Perdas por renovação de ar	193,23 W/°C	85,88 W/°C
Ganhos brutos	9172,70 kWh	9753,51 kWh
η_i	0,99	0,87
Ganhos úteis	9096,34 kWh	8485,55 kWh
N_{ic}	67,75 kWh/m ² .ano	63,15 kWh/m ² .ano
N_i	78,32 kWh/m ² .ano	60,60 kWh/m ² .ano

Tabela 5.19 - Resumo comparativo dos valores utilizados para o cálculo regulamentar

Após a análise deste quadro é de salientar os seguintes aspectos:

- As perdas pela envolvente exterior não apresentam um acréscimo de cerca de 10% relativamente ao obtido através do RCCTE, isto deve-se ao facto dos valores dos coeficientes de transmissão térmica lineares serem mais exigentes, fazendo com que as perdas por pontes térmicas planas sejam superiores;
- As perdas pela envolvente interior são cerca de 30% superiores aos obtidos pela metodologia de cálculo do RCCTE porque os factores de redução de temperatura segundo o REH são bastante mais exigentes, sendo assim o valor obtido para as perdas por esta envolvente é bastante mais elevado;
- As perdas por renovação de ar são substancialmente inferiores, no REH, mas tal resulta de ter sido utilizado o valor de $R_{ph}=0,4 \text{ h}^{-1}$, valor de referência, em virtude da folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC ainda não estar devidamente validada;
- Os ganhos brutos são mais elevados na nova proposta, mas como o factor de utilização, η , desce de 0,99 para 0,87, o valor dos ganhos úteis é inferior no REH;
- Os valores de N_{ic} que resultam das duas metodologias são semelhantes;
- Os valores máximos permitidos por lei são substancialmente mais baixos no REH, levando mesmo a que esta fracção autónoma não esteja regulamentada nesta estação.

De seguida apresenta-se na Tabela 5.20 a comparação dos valores na estação de arrefecimento:

Tipo	RCCTE	REH
Perdas pela envolvente exterior e por renovação de ar	8400 kWh	11643,37 kWh
Ganhos solares pelos envidraçados e envolvente opaca	6589,96 kWh	6206,48 kWh
Ganhos totais brutos	9490,32 kWh	9106,84 kWh
η_v	0,76	0,72
N_{vc}	9,37 kWh/m ² .ano	10,30 kWh/m ² .ano
N_v	16 kWh/m ² .ano	13,81 kWh/m ² .ano

Tabela 5.20 - Resumo comparativo dos valores utilizados para o cálculo regulamentar

Na estação de arrefecimento será importante dar principal atenção aos seguintes aspectos:

- O somatório das perdas pela envolvente exterior e por renovação de ar assumem um valor muito superior na nova proposta, atendendo ao facto de serem contabilizadas as perdas por transmissão através dos elementos em contacto com o solo, para ENU e para o edifício adjacente;
- Os ganhos solares são da mesma ordem de grandeza e obviamente o valor dos ganhos internos são iguais nas duas metodologias;
- O factor de utilização dos ganhos é bastante semelhante (0,76-0,72);
- O valor de N_{vc} é ligeiramente superior no REH, devido ao facto do factor de utilização ser ligeiramente mais baixo;
- O valor máximo permitido é inferior no REH.

Na Tabela 5.21 é apresentado um quadro síntese do estudo energético da fracção autónoma sendo depois feita a respectiva análise ao quadro apresentado:

Estação de aquecimento			
Regulamentação	Valores de cálculo (N_{ic})	Valores máximos regulamentares (N_i)	Observações
RCCTE	67,75 kWh/m ² .ano	78,32 kWh/m ² .ano	✓ Verifica
REH	63,15 kWh/m ² .ano	60,60 kWh/m ² .ano	☒ Não verifica
Estação de arrefecimento			
Regulamentação	Valores de cálculo (N_{vc})	Valores máximos regulamentares (N_v)	Observações
RCCTE	9,37 kWh/m ² .ano	16 kWh/m ² .ano	✓ Verifica
REH	10,30 kWh/m ² .ano	13,81 kWh/m ² .ano	✓ Verifica
Energia necessária para a preparação de AQS			
Regulamentação	Valores de cálculo (N_{ac})	Valores máximos regulamentares (N_a)	Observações
RCCTE	13,3 kWh/m ² .ano	29,1 kWh/m ² .ano	✓ Verifica
REH	13,5 kWh/m ² .ano	-	-
Energia primária			
Regulamentação	Valores de cálculo (N_{tc})	Valores máximos regulamentares (N_t)	Observações
RCCTE	1,91 kWh _{ep} /m ² .ano	4,88 kWh _{ep} /m ² .ano	✓ Verifica
REH	83,41 kWh _{ep} /m ² .ano	192,17 kWh _{ep} /m ² .ano	✓ Verifica
Classe energética			
RCCTE	Classe A		
REH	Classe A		

Tabela 5.21 - Resumo comparativo das metodologias de cálculo

É de salientar que o N_{ac} na nova proposta não é assim designado, é contabilizado como Q_a .

Na estação de aquecimento a fracção em estudo não está regulamentada de acordo com a nova proposta legislativa. Significa assim, que brevemente as soluções construtivas deverão ser melhoradas para que os edifícios de habitação apresentem um valor para a necessidade energética inferior ao máximo regulamentado. Este facto já seria de prever atendendo à redução significativa

dos valores dos U de referência apontados na nova proposta. Espera-se que a curto prazo a implementação deste novo regulamento irá ter uma clara repercussão na melhoria e reforço do isolamento térmico ao nível das paredes, pavimentos e coberturas.

Na estação de arrefecimento e nas necessidades de energia para a preparação de AQS os valores são muito semelhantes, sendo apenas de frisar que não são estipulados valores máximos para a preparação de AQS na nova proposta legislativa.

Para comparar os valores de necessidades de energia primária é necessário ter em atenção que as unidades são diferentes. No RCCTE é utilizado o kgep (quilograma equivalente de petróleo) e no REH é utilizado o kgep (quilograma equivalente de energia primária).

A classe energética obtida através das metodologias de cálculo dos dois documentos é a mesma.

6 Capítulo VII - Considerações finais

A elaboração deste trabalho ao longo do ano lectivo 2012/2013 permitiu o contacto com a nova proposta legislativa que se espera que entre em vigor a 1 de Dezembro deste ano.

Embora já tenha sido publicado o REH, Decreto Lei nº. 118/2013, de 20 de Agosto, as portarias técnicas e os restantes despachos ainda não são conhecidos, por isso para a realização deste estudo, recorreu-se aos conhecimentos transmitidos pela orientadora sobre a nova proposta fornecida em versão provisória pela ADENE aos peritos qualificados.

O conhecimento detalhado desta nova metodologia permitiu estabelecer uma comparação minuciosa, analisando todos os pontos necessários aos cálculos exigidos.

Com a aplicação ao caso em estudo, ficou evidente as principais dificuldade e diferenças que resultam destas duas metodologias e prevê-se que a curto prazo as soluções construtivas venham a apresentar um nível de isolamento térmico superior que será ainda agravado em 2016 e 2021.

Talvez desta forma possa existir uma real melhoria na construção de edifícios de habitação em Portugal, pois esta metodologia obriga a um número maior de cálculos. Ao nível da ventilação o cálculo é também mais complexo.

Apesar disto, na nova legislação continua a não haver uma exigência elevada ao nível do cálculo das necessidades de energia primária, visto que, no caso em estudo a fracção autónoma não está regulamentada na estação de aquecimento e continua a ter uma classificação energética classe A, assim sendo o principal factor que influencia este cálculo continua a ser a eficiência dos sistemas implementados na habitação.

Bibliografia

Bibliografia consultada

Garrido, J., (2008). *Sistemas Energéticos para o Sector Edifícios em Portugal: Sustentabilidade e Potencial de Inovação*

Gonçalves, H., Cabrito, P., (2004). *Edifício Solar XXI - Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal*. INETI.

Gonçalves, H., Graça, J., (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE / IP-3E. ISBN: 972-8268-34-3

Goulart, S., Lamberts, R. *Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações*. Grupo de Análise Térmica de Ambientes, Universidade Federal de Santa Catarina.

Martins, G., Alves, R., (2006). *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE – Portugal)*

Ricardo, M., Antunes, S., Ferreira, (2010). *Desempenho Térmico de Edifício Residencial Unifamiliar Segundo a Metodologia de Cálculo Presente no RCCTE, a influência das condições climáticas no estudo térmico de edifícios*.

Hélder, S., Almeida, (2010). *Análise Do Conforto Térmico De Edifícios Utilizando As Abordagens Analítica e Adaptativa*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade técnica de Lisboa

Rodrigo, M., de Freitas, L., (2010). *Optimização do Desempenho Energético de um Edifício Residencial em Portugal*. Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina

Referências bibliográfica

ADENE (2011). *Perguntas & Respostas sobre o RCCTE*. Versão de Trabalho 2.0.

Camelo, S., Santos, C., Ramalho, A., Horta, C., Gonçalves, H., Maldonado, E., (2006). *Manual de Apoio à Aplicação do RCCTE*. INETI.

Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril. *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*.

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios* (RSECE).

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril. *Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios* (RCCTE)

Decreto - Lei nº118/20013 - *Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços*

DGGE, (2010). *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico*. DGGE / INE. ISSN: 2182-0189.

Directiva Comunitária 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 - *Desempenho Energético dos Edifícios*.

Directiva Comunitária 2010/31/UE de 19 de Maio de 2010 - *Desempenho Energético dos Edifícios (Reformulação)*.

LNEC, Coeficiente de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, versão actualizada 2006, Edifícios - ITE 50

ADENE (2013). Revisão da Regulamentação Térmica, ponto de situação do processo de revisão regulamentar dos diplomas SCE, RCCTE e RSECE .

ADENE (2013). Documento disponibilizado aos Peritos Qualificados sobre a Legislação.

ISO7730:2005- Ambientes térmicos moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para o conforto

ISO 7726:1998 – Ambientes térmicos – Instrumentos e métodos para medição dos parâmetros físicos

ISO 8996:2004 – Ergonomia – Determinação da taxa de calor metabólico

ISO 10551:1995 – Ergonomias de ambientes térmicos – Verificação da influência do ambiente térmico usando escalas subjectivas de julgamento

ISO 9920:2007 – Ergonomia de ambientes térmicos – Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de uma indumentária

ANSI/ASHRAE 55:2004 – Ambientes térmicos – Condições para ocupação humana

EN 1521:2007 – Parâmetros ambientais interiores para projecto e avaliação do desempenho energético de edifícios abordando a qualidade do ar, ambiente térmico iluminação e acústica

Sites consultados

ADENE – Agência para a Energia, <http://www.adene.pt/ADENE.Portal>

Casa Certificada, <http://www.casacertificada.pt/>

Direcção Geral de Geologia e Energia, <http://www.dgge.pt/>

Eco EDP, <http://www.eco.edp.pt/>

EDP - Energias de Portugal, <http://www.edp.pt>

Portal da Eficiência Energética, <http://www.eficiencia-energetica.com>

Programa para a eficiência energética em edifícios, <http://www.p3e-portugal.com/>

ANEXOS

ANEXO I - Peças desenhadas do projecto de arquitectura

ANEXO II - Ângulos de obstrução

ANEXO III - Folhas de cálculo do RCCTE

ANEXO IV - Listagem "SolTerm 5.0"

ANEXO I - Peças desenhadas do projecto de arquitectura

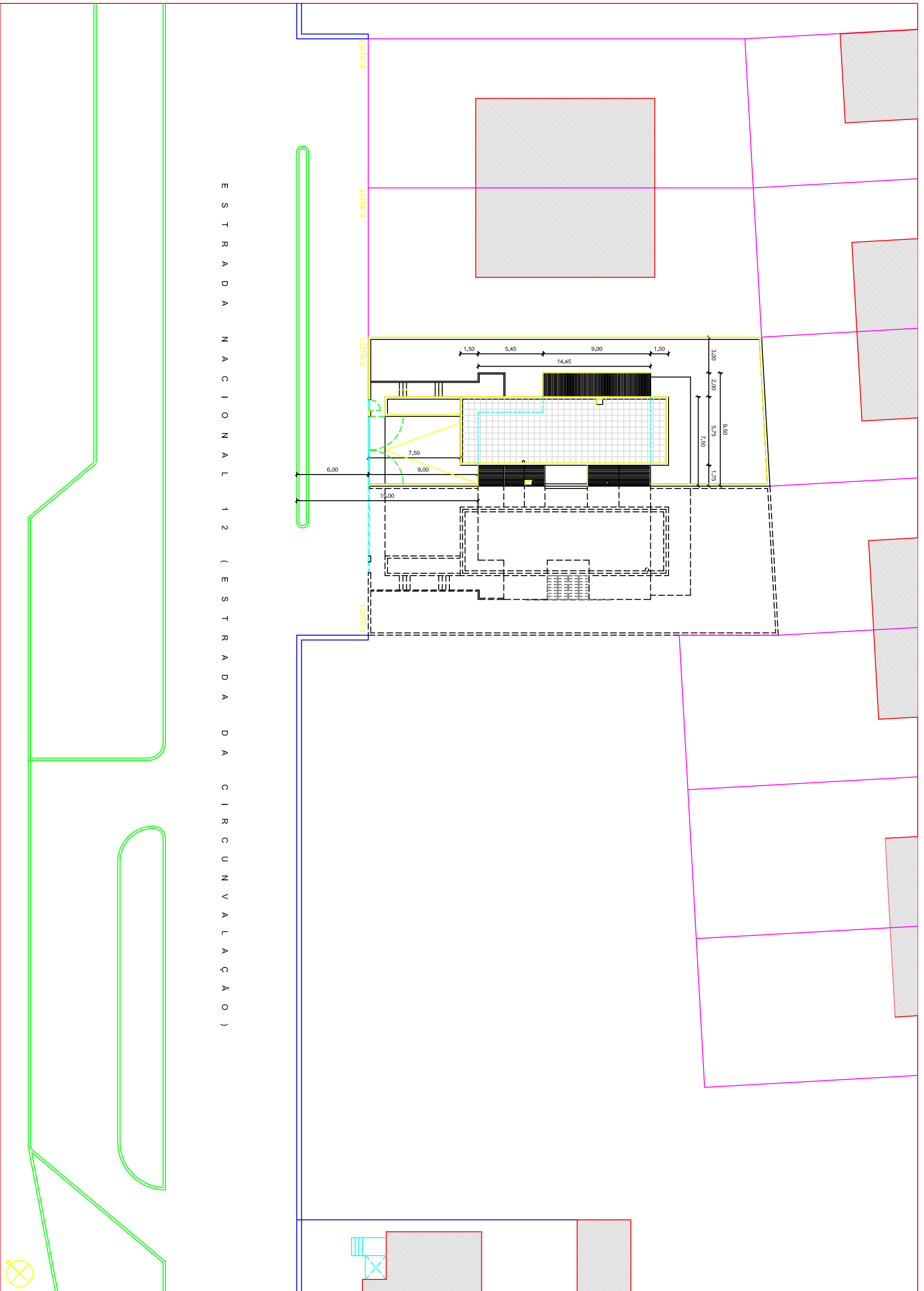
PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

PLANTAS DE ARQUITECTURA

CORTES

ALÇADOS PRINCIPAIS

REVESTIMENTOS EXTERIORES



ESTRADA NACIONAL 12 (ESTRADA DA CIRCUNVALAÇÃO)

Moradia Unifamiliar - Estrada Interior da Circunvalação

J. Pedro Soares Torres & Pedro Negrão

ARQUITECTOS

Proj. 2022
Verificou: 2023
Arquit. 2023

PROJECTO DE LICENCIAMENTO

IMPLANTAÇÃO

Colaboração

Projecção

Desenho

Verificou

Arquit. 2023

OSERVAÇÕES:

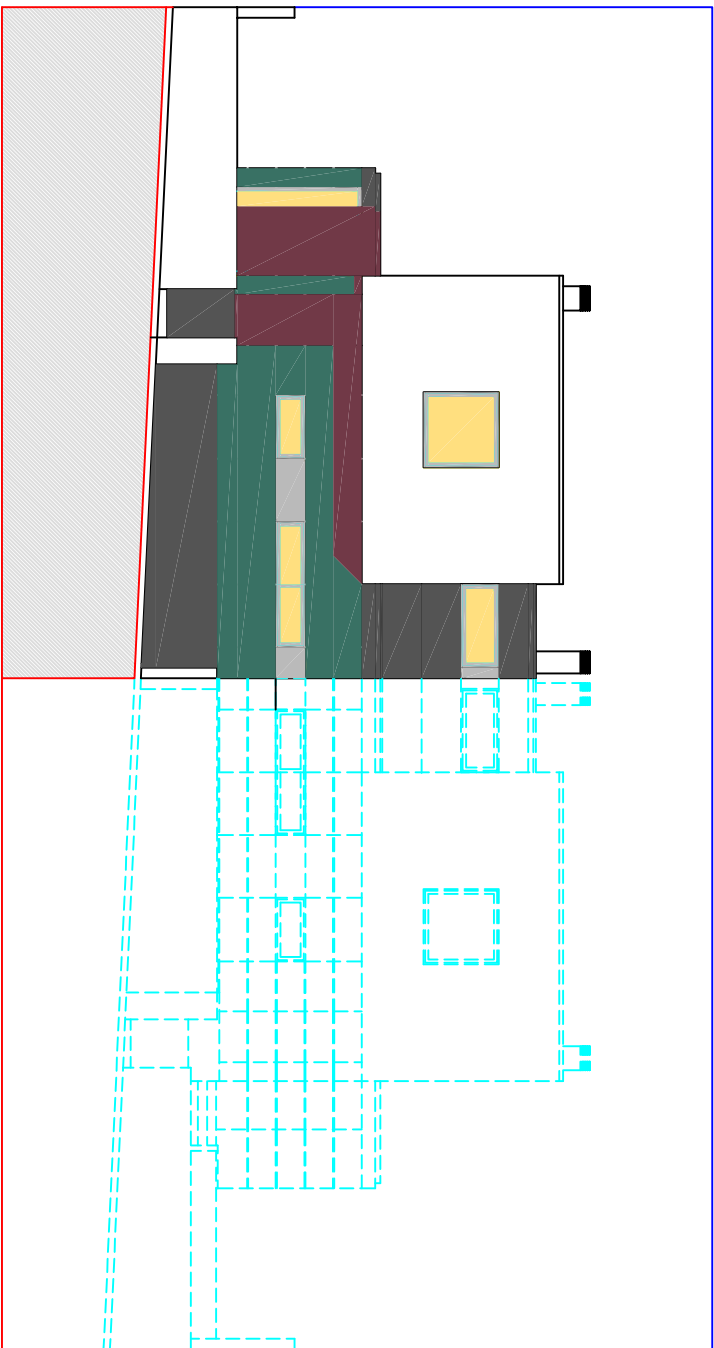
LC 01

realizado 0

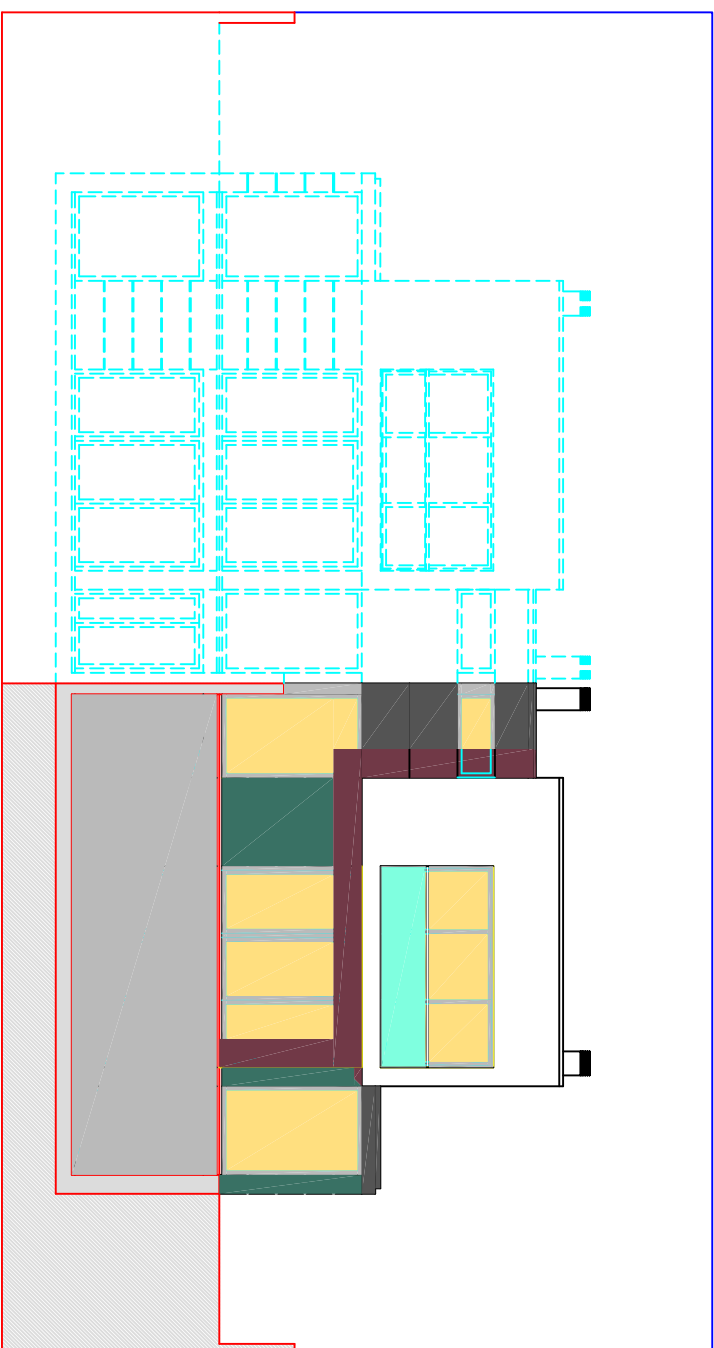
Fevereiro 2022

ESCALA

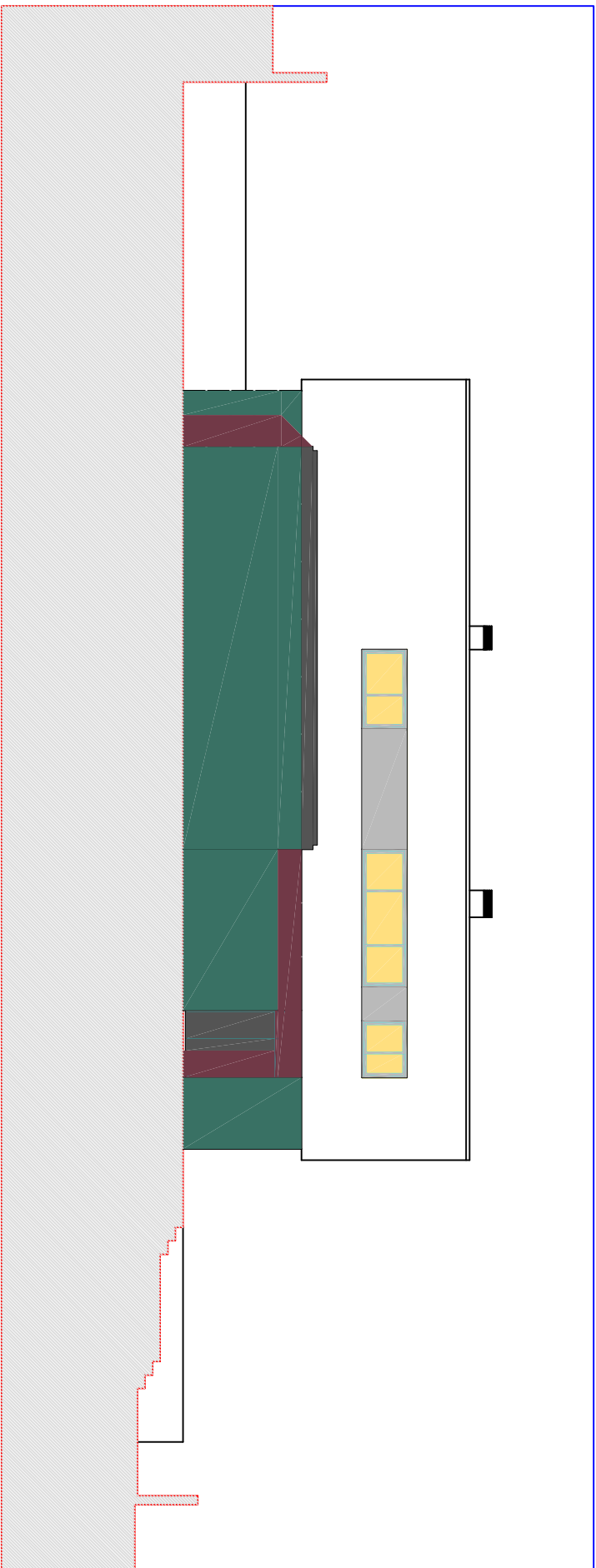
1:200



ALÇADO NORTE



ALÇADO SUL



ALÇADO NASCENTE

Morada Unifamiliar - Estrada da Circunvalação

PROJETO DE LICENCIAMENTO

ALÇADOS

ARQUITECTOS

J. Pedro Beltes Torres & Pedro Negrão

Colaborador

Projectou

Desenhou

Verificou

Aprovou

LC 03

Revisto 0

Fevereiro 2002

ESCALA

1:100

Observações:



Moradia Unifamiliar - Estrada da Circunvalação

J. Pedro Beltes Torres & Pedro Negro

PROJECTO DE LICENCIAMENTO

ALÇADO PRINCIPAL

ARQUITECTOS

Colaborador

Projectou

Desenhou

Verificou

Aprovou

OBSERVAÇÕES:

LC 05

revisão 0

Fevereiro 2002

ESCALA

1:50

ANEXO II - Ângulos de obstrução

Ângulos de obstrução

- Ângulos de obstrução

Arrecadação (orientação SE)

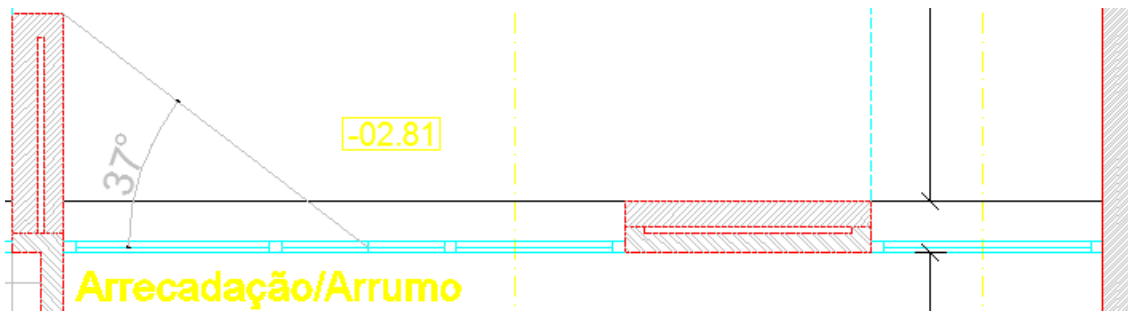


Figura 1 - Ângulo de obstrução de pala vertical

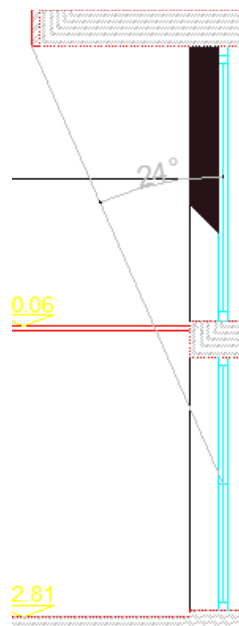


Figura 2 - Ângulo de obstrução de pala horizontal

Sala (orientação SE)

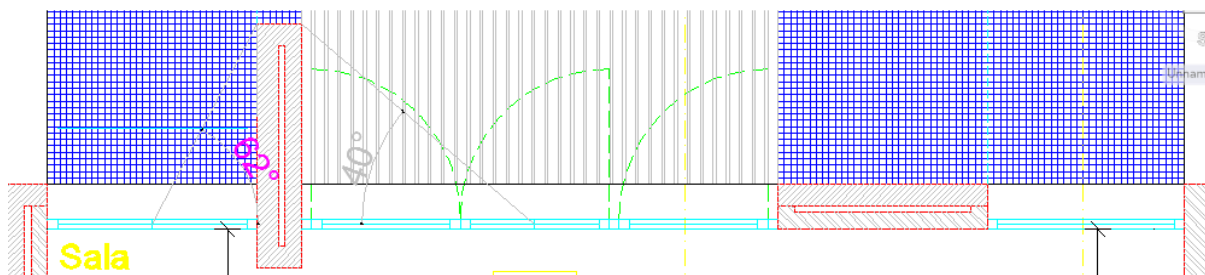


Figura 3 - Ângulo de obstrução de palas verticais

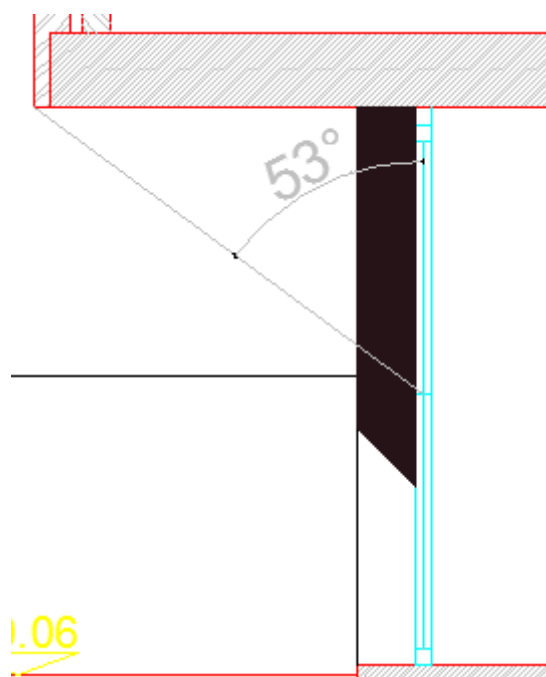


Figura 4 - Ângulo de obstrução de pala horizontal

Escritório (orientação NW)

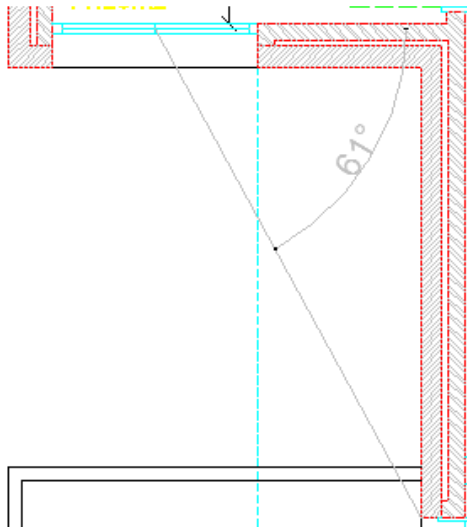


Figura 5 - Ângulo de obstrução de pala vertical

Entrada (orientação NW)

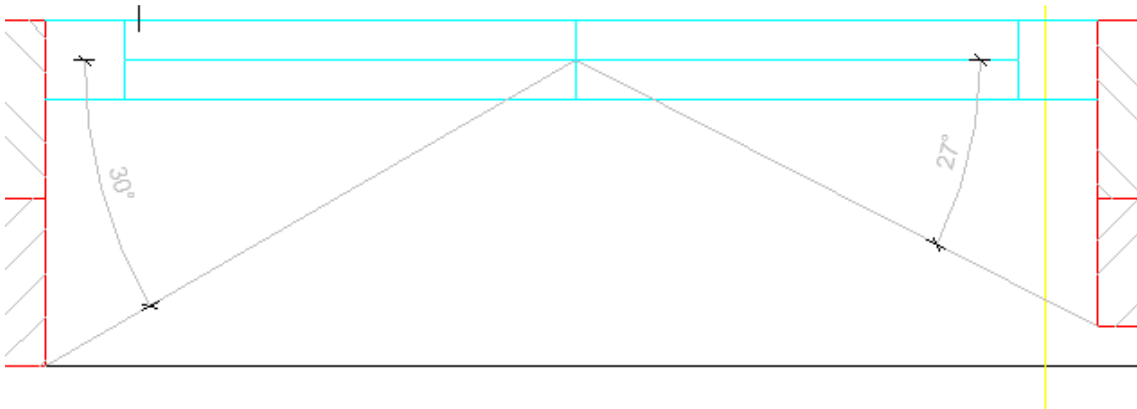


Figura 6 - Ângulo de obstrução de palas verticais

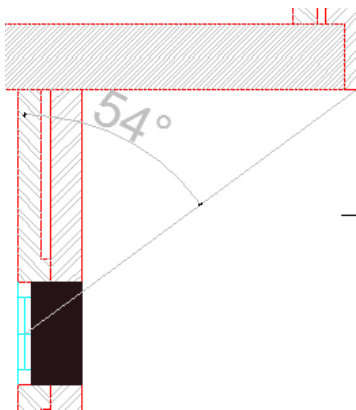


Figura 7 - Ângulo de obstrução de pala horizontal

Cozinha (orientação NW)

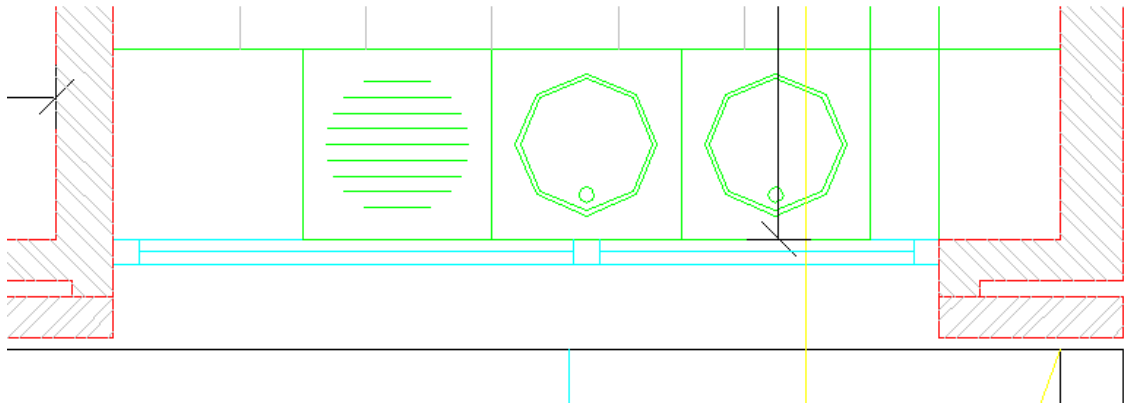


Figura 8 - Sem ângulo de obstrução

Suite (orientação SE)

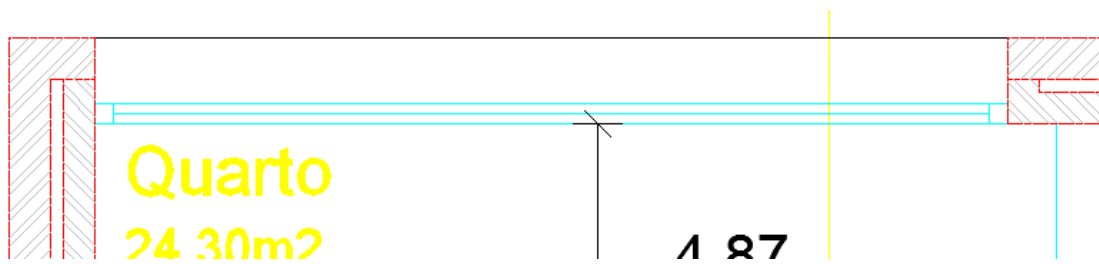


Figura 9 - Sem ângulo de obstrução

Quarto 2 (orientação NE)

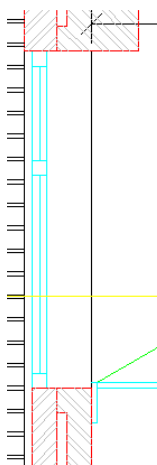


Figura 10 - Sem ângulo de obstrução

WC Suite (orientação SE)

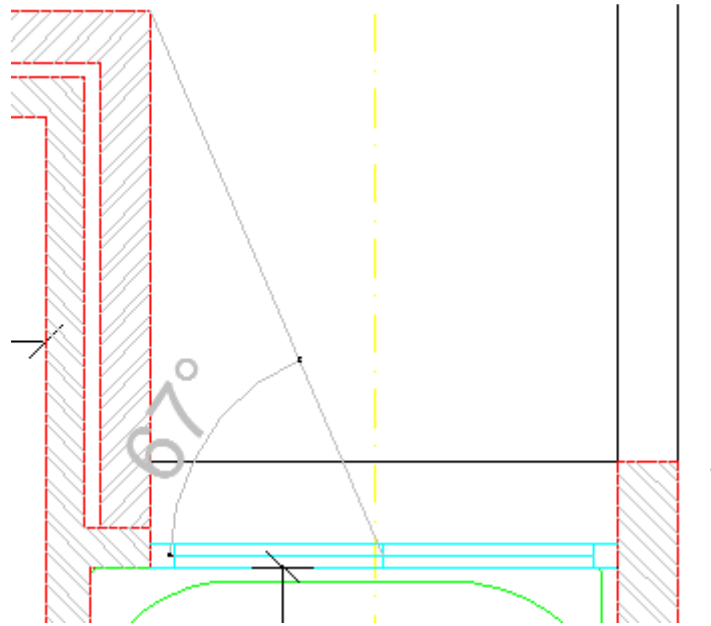


Figura 11 - Ângulo de obstrução de pala vertical

Quarto 3 (orientação NE)

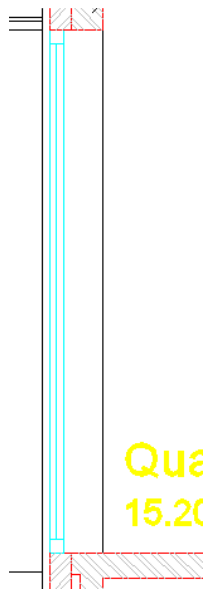


Figura 12 - Sem ângulo de obstrução

Quarto 4 (orientações NE e NW)

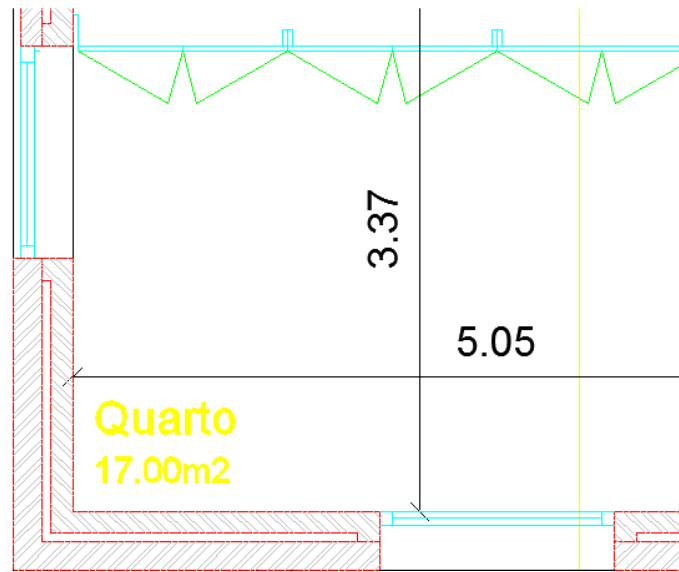


Figura 13 - Sem ângulo de obstrução

WC (orientação NW)

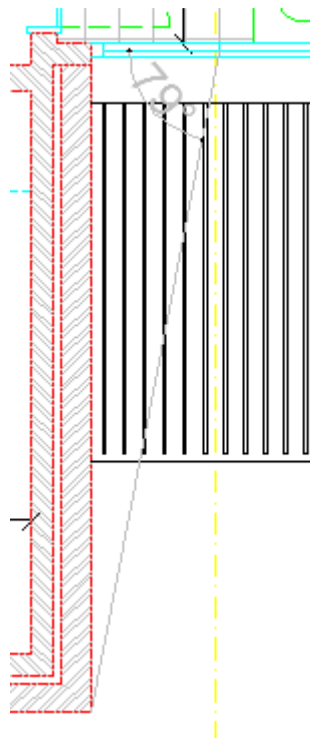


Figura 14 - Ângulo de obstrução de palas verticais

Hall (orientação SW)

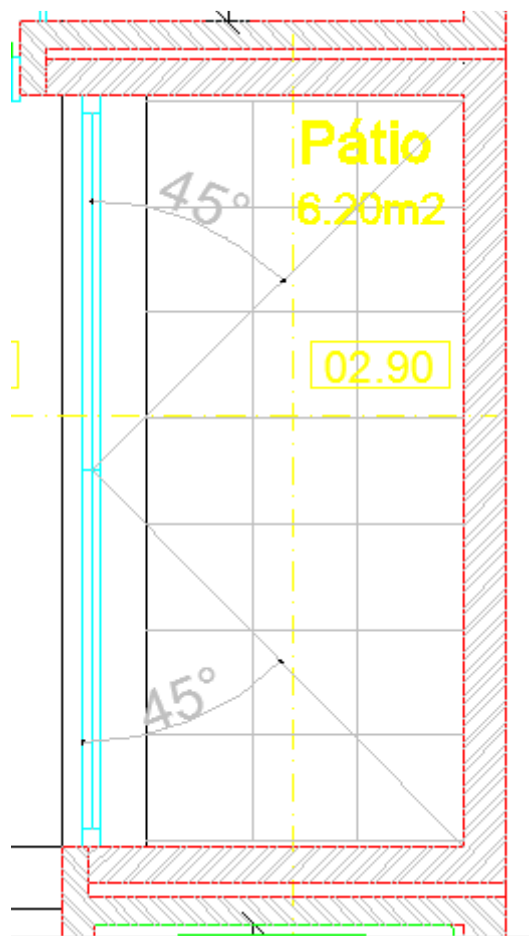


Figura 15 - Ângulo de obstrução de palas verticais

ANEXO III - Folhas de cálculo do RCCTE

FCIV.1A PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE EXTERIOR

FCIV.1B PERDAS ASSOCIADAS À ENVOLVENTE INTERIOR

FCIV.1C PERDAS ASSOCIADAS AOS VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

FCIV.1D PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR

FCIV.1E GANHOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (INVERNO)

FCIV.1F VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES DE AQUECIMENTO (N_i)

FCIV.2 CÁLCULO DO INDICADOR N_{ic}

FCV.1A PERDAS

FCV.1C GANHOS SOLARES PELA ENVOLVENTE OPACA

FCV.1D GANHOS SOLARES PELOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

FCV.1E GANHOS INTERNOS

FCV.1F GANHOS TOTAIS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (VERÃO)

FCV.1G VALOR DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO (N_{vc})

FCVI NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA

FCVII NECESSIDADES GLOBAIS ANUAIS NOMINAIS ESPECÍFICAS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Legenda:



Célula com introdução ou cálculo automático de valores



Célula de introdução de dados



Célula de introdução de dados



Célula de introdução de dados (obtidos a partir de tabelas ou quadros do RCCTE, aplicando as devidas correções)



Assinala o índice energético que não cumpre o RCCTE

Introdução de dados

Concelho:	Porto
Altitude:	77 m
	21,0

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	2	1610	6,7	1	N

Região Sul – toda a área a Sul do rio Tejo e os seguintes concelhos dos distritos de Lisboa e Santarém: Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém

Pontes Térmicas lineares	Comp.	Ψ	$\Psi.B$
Ligações entre:	(m)	(W/m°C)	(W/°C)
<i>Fachada com os Pavimentos térreos</i>	6,95	0,60	4,17
<i>Fachada com os Pavimentos térreos</i>			
<i>Fachada com Pavimentos sobre locais não aqu. ou exteriores</i>	15,45	0,55	8,50
<i>Fachada com Pavimentos sobre locais não aqu. ou exteriores</i>	30,06	0,70	21,04
<i>Fachada com Pavimentos intermédios</i>			
<i>Fachada com Pavimentos intermédios</i>	20,29	0,30	6,09
<i>Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço</i>	25,54	0,70	17,88
<i>Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço</i>	46,40	0,70	32,48
<i>Fachada com Varanda</i>	3,44	0,45	1,55
<i>Fachada com Varanda</i>	3,50	0,45	1,58
<i>Duas Paredes verticais</i>	12,30	0,20	2,46
<i>Duas Paredes verticais</i>			
<i>Fachada com Caixa de estore</i>			
<i>Fachada com Caixa de estore</i>			
<i>Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril</i>			
<i>Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril</i>			
<i>Outras</i>	30,05	0,20	6,01
<i>Outras</i>			
		TOTAL	101,75

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	254,93
-------	--------

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)		<input type="text" value="247,64"/>	(m ²)
		x	
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,55"/>	(m)
		=	
Volume interior	(V)	<input type="text" value="631,48"/>	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica		<input type="text" value="Natural"/>	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="Classe 3"/>	Taxa de Renovação nominal:
Caixas de estore	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	RPH= <input type="text" value="0,90"/>
		<input type="text" value="Não"/>	Área dos vãos com caixa de estore (m2) <input type="text"/>
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>	
Disp. de admissão de ar na Fachada?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Aberturas auto-reguladas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de Envidraçados > 15% Ap ?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	se Sim agrava 0,1
			Ver Quadro IV.1
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	Se Sim reduz 0,05 desde que Não cumpra NP1037-1

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	Vins - (m ³ /h)	<input type="text"/>	
Caudal extraído	Vev - (m ³ /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0"/>
Diferença entre Vins e Vev	(m ³ /h)	<input type="text" value="0"/>	V / (volume int) = <input type="text" value="0,00"/> (RPH)
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="1"/>	
Infiltrações	(Vx)	<input type="text" value="0,30"/>	
Recuperador de Calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM: <input type="text" value="η ="/> se NÃO: <input type="text" value="η = 0"/>
Taxa de Renovação real	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	(Vf / V + Vx)
Taxa de Renovação para efeito de cálculo	(sem mínimo)	<input type="text" value="0,00"/>	(Vf / V + Vx) (1 - η)
Consumo de electricidade para os ventiladores		<input type="text" value="0,00"/>	(Ev=Pv.24.0,03 M (kWh))

Volume		<input type="text" value="631,48"/>	
		x	
Taxa de Renovação nominal		<input type="text" value="0,90"/>	
		x	
		<input type="text" value="0,34"/>	
		=	
TOTAL		<input type="text" value="193,23"/>	(WPC)

Ganhos Internos:

	Tipo de Edifício		
Ganhos internos médios (<i>Quadro IV.3</i>)	Residencial	4	(W/m ²)
		x	
Duração da Estação de Aquecimento		6,7	(meses)
		x	
Área Útil de pavimento		247,64	(m ²)
		x	
		0,72	
		=	
Ganhos Internos Brutos		4778,46	(kWh/ano)

Ganhos Totais Úteis:

$\gamma =$	$\frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	$\frac{9172,70}{25873,97}$
Inércia do edifício:	Forte	$\gamma = 0,355$
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)		0,992
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		9172,70
		=
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)		9096,34

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA

<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	<i>m²</i>
Paredes Exteriores	112,87
Coberturas Exteriores	142,44
Pavimentos Exteriores	25,64
Envidraçados Exteriores	60,66
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	57,63
Coberturas Interiores	0,00
Pavimentos Interiores	24,86
Envidraçados Interiores	0,00
<i>Área Total:</i>	424,11
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	631,48
	=
FF	0,67
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1610
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/m ² .ano)	78,32

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	254,93
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	62,63
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	158,83
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	193,23
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	669,62
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1610
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	25 873,97
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	0,00
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	9 096,34
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	16777,62
	/
Área Útil de pavimento (m²)	247,64
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	67,75
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	78,32

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	63,56	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	10,26	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	52,28	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	158,83	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	193,23	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	478,15	(W/°C)

Zona climática

V	1	N
---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento <i>(Quadro III.9)</i>		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	(°C)
		x	
<i>Perdas específicas totais</i>	(Q1a)	478,15	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	8400,11	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

	SE	SW	NW	NE	Horiz.	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	17,30	12,30	22,67	58,99	142,44								
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,35								
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0	0	0	0,4	0,4	0	0,4	0,4
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
α U.A	3,25	2,31	4,26	11,09	24,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	x	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)	430	430	300	300	730	0	0	0	0	0	0	0	0
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	55,93	39,77	51,15	133,09	727,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)													
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)													
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0	0	0										
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
α U.A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	x	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)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1007,81

(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	SE	SE	SE	SE	SE	NW	NW	NW	SE	NE	SE	NE	NE	NW	NW
Tipo de Vidro	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo
Área, A (m ²)	9	3,72	9,75	4,03	4,29	1,98	0,6	3,1	4,5	1,8	1,1	3,7	1,524	2	1,085
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,54	0,5	0,5	0,49	0,49	0,54	0,49	0,49	0,49	0,54
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,646	0,9	0,5035	0,9	0,9	0,9	0,86	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,69
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae	1,70	0,98	1,43	1,06	1,13	0,57	0,14	0,84	1,18	0,46	0,31	0,98	0,40	0,52	0,24
	x	x	x	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)	430	430	430	430	430	300	300	300	430	300	430	300	300	300	300
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	728,88	419,73	615,44	454,70	484,04	171,77	42,22	252,22	507,73	139,33	134,91	292,83	119,97	157,44	72,16

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro	Duplo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	8,52	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,54														
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,84														
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	x	x	x	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)	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	988,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TOTAL

5582,15
(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, Fs, é obtido pelo produto F0.Ff dos Quadros V.1 e V.2 [Fh=1]

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)	4
	x
Área útil de pavimento (m^2)	247,64
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	2900,36 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	5582,15	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	1007,81	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	2900,36	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		9490,32	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	/	9490,32	(kWh)	
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	/	8400,11	(kWh)	
	=	1,13		
Y				
Inércia do edifício		Forte		
<hr style="border: 1px solid black;"/>				
		1		
	-	0,76		
Factor de utilização dos ganhos solares, η	=	0,24		
	x	9490,32	(kWh)	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	=	2320,47	(kWh/ano)	
Necessidades brutas de arrefecimento	+	0,00	($E_v = P_v * 24 * 122 / 1000$ (kWh))	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	=	2320,47	(kWh/ano)	
TOTAL				
	/	247,64		
Área útil de pavimento (m^2)	=	9,37	(kWh/ m^2 .ano)	
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	\leq	16	(kWh/ m^2 .ano)	
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v				

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

	40		
	x		(litros)
nº de ocupantes (Quadro VI.1)	6,25		
	=		
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	250		(litros)
	x		
	4187		
	x		
Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, ΔT	45		(°C)
	x		
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365		
	/		
	3600000		
	=		
Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a	4775,80		
	/		
Eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS, η_a	0,87		
	=		
	5489,42		(kWh/ano)
	-		
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, E_{solar}	2188,00		
	-		
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, E_{ren}	0		
	=		
	3301,42		
	/		
Área útil de pavimento, A_p	247,64		(m ²)
	=		
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	13,33		(kWh/m ² .ano)
	≤		
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	29,85		(kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	[
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	67,75	(kWh/m ² .ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento ambiente, E solar	0	
	/	
Área útil de pavimento, Ap	247,64	
)	
]	
	/	
Eficiência de conversão do sistema de aquecimento, η_i	0,87	
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	9,37	(kWh/m ² .ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de arrefecimento, η_v	3	
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,29	(kgep/kWh)
	+	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	13,33	(kWh/m ² .ano)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	1,91	(kgep/m ² .ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	4,88	(kgep/m ² .ano)
sabendo que:		
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Necessidades nominais de aquec. máximas - } \mathbf{Ni} \text{ (kWh/m}^2\text{.ano)} \\ \text{Necessidades nominais de arref. máximas - } \mathbf{Nv} \text{ (kWh/m}^2\text{.ano)} \\ \text{Limite máximo das necessides para preparação da AQS, } \mathbf{Na} \text{ (kWh/m}^2\text{.ano)} \end{array} \right.$		78,3
		16,0
		29,8

ANEXO IV - Listagem do SolTerm

SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado

Painel

Modelo de colector: Solarinox

Tipo: Plano

(6 módulos) 5.88 m²

Rendimento óptico: 71.40%

Coefficiente de perdas térmicas a1: 5.600 W/m²/K

Coefficiente de perdas térmicas a2: 0.018 W/m²/K²

Modificador de ângulo a 50°: 1.00

Caudal no grupo painel/permutador: 65.3 l/m² por hora (=0.11 l/s)

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%
(factor de penalização: 93%)

Depósito

Modelo: tese_moradia 5ocup.

Volume: 1000 l

Área externa: 7.47 m²

Material: PVC

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 7.50 W/°C

Cargas térmicas

Consumo de água nova, sem recuperação de calor.

Temperatura nominal: 45°C

Temperatura mínima aceite: °C

(Existem válvulas misturadoras.)

Perfis de consumo de segunda a sexta (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
08	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11												
12												
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15												
16												
17												
18	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24												

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

Perfis de consumo ao fim-de-semana (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
08	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
11												
12												
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15												
16												
17												
18	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
24												

diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Porto

Latitude 41.2°N (nominal)

Longitude 8.6°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 36°

Azimute do painel: 0°

Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	82	.	139	242	103
Fevereiro	69	101	.	159	217	58
Março	105	129	.	187	234	47
Abril	144	156	.	208	221	13
Mai	173	168	.	201	220	18
Junho	185	173	.	198	203	5
Julho	205	196	.	202	203	1
Agosto	183	190	.	203	203	1
Setembro	129	153	.	192	201	9
Outubro	95	131	.	199	218	19
Novembro	60	97	.	155	226	71
Dezembro	49	84	.	145	242	97
Anual	1449	1659	.	2188	2630	442

Fracção solar: 83.2%

Produtividade: 372 kWh/[m² colector]
