

IMPACTE DA NOVA REGULAMENTAÇÃO NA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

Susana Fernandes Ferreira

Mestrado em Engenharia Civil
Área de Especialização: Construção
Dissertação

ORIENTADORES: Professora Doutora Maria de Fátima Silva Marques Tavares
Farinha

Engenheiro Elson Silva Almeida

Abril de 2016

Dissertação submetida na Universidade do Algarve

DECLARAÇÃO

Tenho consciência que a cópia ou o plágio, além de poderem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, bem como reprovação ou a retirada do grau, constituem uma grave violação da ética académica.

Nesta base, declaro por minha honra que a presente dissertação é original, que a elaborei especialmente para este fim e que identifico devidamente todos os contributos de outros autores, bem como os contributos significativos de outras obras publicadas da minha autoria.

Faro, 28 de Abril de 2016

Susana Fernandes Ferreira

Aos meus pais Margarida e Manuel, ao meu irmão Miguel,
à minha avô Maria Rosa e ao meu tio avô António,

Seja paciente consigo mesmo. O autocrescimento é tenro; é solo sagrado. Não há maior investimento.

Stephen Covey

AGRADECIMENTOS

Com apreço, gostaria aqui de expressar os meus agradecimentos à Dra. Fátima Farinha e ao Eng.º Elson Almeida pela sua disponibilidade e orientação.

RESUMO

Em agosto de 2013, com a publicação do Decreto-Lei 118/2013, foi revogada a legislação relativa ao Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE – Decreto Lei 78/2006), o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE – Decreto Lei 79/2006) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico (RCCTE – Decreto Lei 80/2006 de 4 de abril).

No Decreto-Lei 118/2013 é definido o Sistema de Certificação Energética (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A nova regulamentação introduziu alterações ao nível da sua aplicabilidade, organização, sistematização e metodologia.

Esta dissertação tem como principal objetivo analisar as principais diferenças entre a regulamentação atual prevista para as frações habitacionais (REH) e a regulamentação anterior (RCCTE), de forma a avaliar qual o impacte das alterações na metodologia de cálculo e na classificação de desempenho energético.

A motivação para a realização deste trabalho deve-se ao facto de há vários anos na minha vida profissional proceder à realização de estudos de desempenho térmico de edifícios, emissão de certificados e pré-certificados.

Palavras-Chave: Sistema de Certificação Energética, Regulamento das Características de Comportamento Térmico, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, Classe de Desempenho Energético, Requisitos Energéticos, Parâmetros Térmicos.

ABSTRACT

In August 2013, with the publication of Decree-Law 118/2013, the National Energy Performance Certification System and Indoor Air Quality in Buildings (SCE – Decree-Law 78/2006); the Regulation of Temperature Control Systems in Buildings (RSECE – Decree-Law 79/2006) and the Regulation of Thermal Behaviour Characteristics in Buildings (RCCTE – Decree-Law 80/2006) were revised.

Decree-Law 118/2013 of 20th August, approved the System for Energy Certification of Buildings (SCE), which integrates the Regulation on the Energy Performance of Residential Buildings (REH) and the Regulation on the Energy Performance of Services Buildings (RECS).

The new regulations introduced changes in the applicability, organization, systematization and methodology.

This document aims to analyse the differences between the current regulations provided for houses (REH) and the previous regulations (RCCTE) in order to study what are the main changes in the calculation methodology and energy performance rating.

The motivation for this work is based on energy certificates to existing and new buildings that I have made in the last years of my professional life.

Keywords: System for Energy Certification of Buildings, Regulation of Thermal Behaviour Characteristics in Buildings, Regulation on the Energy Performance of Residential Buildings, Energy Performance Rating, Energy Requirements, Thermal Parameters.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVO	4
2. ANÁLISE DAS PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE O RCCTE E O REH	7
2.1. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	7
2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO	10
2.2.1. ZONAMENTO CLIMÁTICO E DADOS DE REFERÊNCIA NO RCCTE	10
2.2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO E PARÂMETROS CLIMÁTICOS NO REH	14
2.3. PARÂMETROS TÉRMICOS	17
2.3.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL	17
2.3.2. ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO	20
2.3.2.1. Perdas associadas aos elementos em contacto com o solo pelo RCCTE	20
2.3.2.2. Transmissão térmica de elementos em contacto com o solo pelo REH	21
2.3.3. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA LINEAR	24
2.3.3.1. Coeficientes de transmissão térmica definidos pelo RCCTE	24
2.3.3.2. Coeficientes de transmissão térmica definidos pelo REH	25
2.3.4. COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR	26

2.3.5.	FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS.....	27
2.3.5.1.	Metodologia de cálculo do fator de utilização de ganhos térmicos pelo RCCTE....	27
2.3.5.2.	Metodologia de cálculo do fator de utilização de ganhos térmicos pelo REH	28
2.3.6.	ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS	29
2.3.6.1.	Fator solar de vãos envidraçados na estação de aquecimento.....	29
2.3.6.2.	Fator solar de vãos envidraçados na estação de arrefecimento	32
2.3.6.3.	Fatores de sombreamento	33
2.3.6.4.	Fração envidraçada (F_g).....	35
2.3.6.5.	Fator de correção da seletividade angular (F_w)	36
2.3.7.	COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE PERDAS	37
2.3.7.1.	Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ).....	37
2.3.7.2.	Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr})	37
2.3.8.	TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR (R_{ph}).....	39
2.3.8.1.	Determinação da taxa de renovação do ar pelo RCCTE (R_{ph})	39
2.3.8.2.	Determinação da taxa de renovação do ar pelo REH (R_{ph}).....	40
2.4.	REQUISITOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE	47
2.4.1.	COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMOS - $U_{m\acute{a}x}$	47
2.4.2.	PONTES TÉRMICAS PLANAS.....	48
2.4.3.	VÃOS ENVIDRAÇADOS	49
2.5.	REQUISITOS DE VENTILAÇÃO	50
2.6.	REQUISITOS DOS SISTEMAS TÉCNICOS.....	50
2.7.	REQUISITOS DOS SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS	55
2.8.	REQUISITOS ENERGÉTICOS.....	57

2.9. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PELO RCCTE	58
2.9.1. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_i) ..	58
2.9.2. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_v)	59
2.9.3. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (N_a)	60
2.9.4. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_t)	61
2.10. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PELO REH	61
2.10.1. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_i)	61
2.10.2. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_v)	64
2.10.3. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_t)	65
2.11. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS PELO RCCTE	66
2.11.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO (N_{ic})	67
2.11.1.1. Perdas de calor por condução através da envolvente do edifício	67
2.11.1.2. Perdas de calor por renovação do ar	68
2.11.1.3. Ganhos úteis de calor	69
2.11.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO (N_{vc})	71
2.11.2.1. Fator de utilização	71
2.11.2.2. Perdas pela envolvente e renovação do ar	72
2.11.2.3. Ganhos totais brutos	73
2.11.4. NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{ic})	75
2.12. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS PELO REH	76
2.12.1. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_{ic})	77

2.12.1.1. Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	77
2.12.1.2. Perdas de calor por renovação do ar	79
2.12.1.3. Ganhos térmicos úteis	80
2.12.2. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_{vc}).....	82
2.12.2.1. Transferência de calor por transmissão.....	82
2.12.2.2. Perdas de calor por renovação do ar	84
2.12.2.3. Ganhos térmicos.....	85
2.12.3. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{tc}).....	87
2.12.3.1. Eficiência dos sistemas técnicos.....	88
2.12.3.2. Ventilação mecânica	89
2.12.3.3. Preparação de AQS	89
2.13. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA	90
2.14. FUTURO DA LEGISLAÇÃO	91
3. CASOS DE ESTUDO	93
3.1. CASO DE ESTUDO 1 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR	93
3.1.1. ÁREA ÚTIL E PÉ-DIREITO.....	96
3.1.2. ESPAÇOS NÃO ÚTEIS	96
3.1.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	97
3.1.3.1. Envolvente opaca	98
3.1.3.2. Envolvente não opaca	100
3.1.3.3. Medições de envolventes.....	101
3.1.4. REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE	105
3.1.5. SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)	106

3.1.6.	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	107
3.1.7.	COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH.....	108
3.1.7.1.	Dados climáticos.....	108
3.1.7.2.	Perdas associadas à envolvente opaca exterior	108
3.1.7.3.	Perdas associadas à envolvente em contacto com espaço não útil.....	110
3.1.7.4.	Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores.....	111
3.1.7.5.	Perdas associadas à ventilação.....	112
3.1.7.6.	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento	113
3.1.7.7.	Ganhos totais brutos na estação de arrefecimento	114
3.1.7.8.	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)	117
3.1.7.9.	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v).....	118
3.1.7.10.	Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a).....	118
3.1.7.11.	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_t)	120
3.1.8.	ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS	123
3.2.	CASO DE ESTUDO 2 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR SUJEITO A AMPLIAÇÃO	125
3.2.1.	ÁREA ÚTIL E PÉ-DIREITO.....	128
3.2.2.	ESPAÇOS NÃO ÚTEIS	129
3.2.3.	CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	129
3.2.3.1.	Constituição da envolvente opaca.....	129
3.2.3.2.	Constituição da envolvente não opaca	132
3.2.3.3.	Medições de envolventes.....	133

3.2.4.	REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE	136
3.2.5.	SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)	137
3.2.6.	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	138
3.2.7.	COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH.....	138
3.2.7.1.	Dados climáticos.....	138
3.2.7.2.	Perdas associadas à envolvente opaca exterior	139
3.2.7.3.	Perdas associadas à envolvente em contacto com edifício adjacente.....	140
3.2.7.4.	Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores.....	140
3.2.7.5.	Perdas associadas à ventilação.....	141
3.2.7.6.	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento	141
3.2.7.7.	Ganhos brutos totais na estação de arrefecimento	142
3.2.7.8.	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)	145
3.2.7.9.	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v).....	146
3.2.7.10.	Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a).....	146
3.2.7.11.	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i)	148
3.2.8.	ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS	151
3.3.	CASO DE ESTUDO 3 – EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR	152
3.3.1.	LEVANTAMENTO DIMENSIONAL	155
3.3.2.	ESPAÇOS NÃO ÚTEIS	155
3.3.3.	CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE	156
3.3.3.1.	Constituição da envolvente opaca	157

3.3.3.2.	Constituição da envolvente não opaca	160
3.3.3.3.	Medições de envolventes.....	160
3.3.4.	REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE	170
3.3.5.	SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)	171
3.3.6.	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	172
3.3.7.	COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH.....	172
3.3.7.1.	Dados climáticos.....	172
3.3.7.2.	Perdas associadas à envolvente opaca exterior	173
3.3.7.3.	Perdas associadas à envolvente em contacto com espaços não úteis.....	175
3.3.7.4.	Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores.....	177
3.3.7.5.	Perdas associadas à ventilação.....	177
3.3.7.6.	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento	178
3.3.7.7.	Ganhos totais brutos na estação de arrefecimento	180
3.3.7.8.	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)	183
3.3.7.9.	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v)	185
3.3.7.10.	Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a).....	186
3.3.7.11.	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_t)	187
3.3.8.	ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS	191
3.4.	ANÁLISE CRÍTICA	194
4.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	201
4.1.	CONCLUSÕES	201

4.2. DESENVOLVIMENTOS DE CASOS FUTUROS	203
BIBLIOGRAFIA	205
ANEXOS	i
ANEXO I – CASO DE ESTUDO 1 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR	ii
ANEXO I.1 – PLANTAS, ALÇADOS E CORTES DE ARQUITETURA	iii
ANEXO I.2 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE	iv
ANEXO I.3 – FOLHA DE CÁLCULO REH	v
ANEXO II – CASO DE ESTUDO 2 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR SUJEITO A AMPLIAÇÃO	vi
ANEXO II.1 – PLANTAS, ALÇADOS E CORTES DE ARQUITETURA	vii
ANEXO II.2 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE	viii
ANEXO II.3 – FOLHA DE CÁLCULO REH	ix
ANEXO III – CASO DE ESTUDO 3 – EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR	x
ANEXO III.1 – PLANTA E ALÇADO/CORTE DE ARQUITETURA	xi
ANEXO III.2 – FRAÇÃO A	xii
ANEXO III.2.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE	xiii
ANEXO III.2.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH	xiv
ANEXO III.3 – FRAÇÃO B	xv
ANEXO III.3.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE	xvi
ANEXO III.3.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH	xvii
ANEXO III.4 – FRAÇÃO C	xviii
ANEXO III.4.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE	xix
ANEXO III.4.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH	xx

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Síntese Legislação [13].....	9
Fig. 2.2 – Zonas climáticas em Portugal Continental definidas pelo RCCTE [3]	11
Fig. 2.3 – Distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência – RCCTE [9]	11
Fig. 2.4 – Zonamento climático de inverno (Portugal Continental) – Alterações em função da altitude dos locais (RCCTE) [9]	12
Fig. 2.5 – Zonamento climático de verão (Portugal Continental) – Alterações em função da altitude dos locais (RCCTE) [9]	12
Fig. 2.6 – Duração média da estação convencional de aquecimento (Região Autónoma dos Açores) – RCCTE [9]	13
Fig. 2.7 – Temperatura exterior de projeto de verão e amplitude térmica diária do mês mais quente (Região Autónoma dos Açores) – RCCTE [9]	13
Fig. 2.8 – Duração média da estação convencional de aquecimento (Região Autónoma da Madeira) – RCCTE [9]	14
Fig. 2.9 – Temperatura exterior de projeto de verão e amplitude térmica diária do mês mais quente (Região Autónoma da Madeira) – RCCTE [9]	14
Fig. 2.10 – Zonas Climáticas de Portugal Continental definidas no REH [10].....	15
Fig. 2.11 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno – REH [10]	15
Fig. 2.12 – Critérios para a determinação da zona climática de verão – REH [10].....	15
Fig. 2.13 – Extrato dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento - REH [10].....	16
Fig. 2.14 – Extrato dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento - REH [10]	17
Fig. 2.15 – Valores de resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{si} [11].....	18

Fig. 2.16 – Valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} [5].....	19
Fig. 2.17 – Pavimento em contacto com o terreno sem isolante térmico - RCCTE [9]	20
Fig. 2.18 – Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, sem isolante térmico - RCCTE [9]	20
Fig. 2.19 – Pavimento em contacto com o terreno com isolante térmico - RCCTE [9]	20
Fig. 2.20 – Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, com isolante térmico - RCCTE [12]	21
Fig. 2.21 – Parede em contacto com o terreno - RCCTE [9].....	21
Fig. 2.22 – Valores de ψ de paredes em contacto com o terreno - RCCTE [9]	21
Fig. 2.23 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico U_{bf} - REH [W/m ² .°C] [11]	22
Fig. 2.24 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal U_{bf} - REH [W/m ² .°C] [11]	23
Fig. 2.25 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical U_{bf} - REH [W/m ² .°C] [11].....	23
Fig. 2.26 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno U_{bw} - REH [W/m ² .°C] [11]	23
Fig. 2.27 – Pontes térmicas lineares - REH [9].....	24
Fig. 2.28 – Pontes térmicas lineares - REH [11]	25
Fig. 2.29 – Coeficiente de absorção da radiação solar, α [11].....	26
Fig. 2.30 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada [11]	26
Fig. 2.31 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior [11].....	27
Fig. 2.32 - Fator de utilização dos ganhos térmicos, η , em função do parâmetro γ e da classe de inércia térmica – RCCTE [9].....	28

Fig. 2.33 – Valores do fator solar dos vidros [11]	30
Fig. 2.34 – Valores dos fatores solares de vidros plásticos, g_{\perp} - RCCTE [9].....	31
Fig. 2.35 – Valores dos fatores solares das proteções solares dos vidros correntes, g_{Tvc} [11]	31
Fig. 2.36 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, F_{mv} [11]	33
Fig. 2.37 – Fator de orientação, X_j [11]	33
Fig. 2.38 – Ângulo de horizonte [11].....	34
Fig. 2.39 – Valores de fator de sombreamento do horizonte, F_h , na estação de aquecimento [11]	34
Fig. 2.40 – Valores de fatores de sombreamento de elementos horizontais, F_o , na estação de aquecimento [11]	34
Fig. 2.41 – Valores de fatores de sombreamento de elementos horizontais, F_o , na estação de arrefecimento [11].....	34
Fig. 2.42 – Valores de fatores de sombreamento de elementos verticais, F_t , na estação de aquecimento [11]	35
Fig. 2.43 – Valores de fatores de sombreamento de elementos verticais, F_t , na estação de arrefecimento [11].....	35
Fig. 2.44 – Fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia [11]	36
Fig. 2.45 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$ [11]	36
Fig. 2.46 – Valores do coeficiente de redução de perdas, τ [9]	37
Fig. 2.47 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr} [11]	38
Fig. 2.48 – Valores convencionais de R_{ph} (em h^{-1}) para edifícios de habitação - RCCTE [9] ..	39
Fig. 2.49 – Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou fração autónoma - RCCTE [9]	39
Fig. 2.50 – Valores do coeficiente de pressão, C_p [11]	42

Fig. 2.51 – Classe de proteção ao vento da fração [11].....	42
Fig. 2.52 – Indicação das dimensões relevantes para avaliar a proteção ao vento da fração [5]	43
Fig. 2.53 – Parâmetros para cálculo da velocidade média do vento [11].....	44
Fig. 2.54 – Constante C da curva característica de condutas de ventilação natural.....	46
Fig. 2.55 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos – $U_{máx}$ (W/(m ² .°C)) (RCCTE) [9].....	47
Fig. 2.56 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos – $U_{máx}$ (W/(m ² .°C)) (REH) [13].....	47
Fig. 2.57 – Zona de parede corrente e zona de ponte térmica plana (pilar).....	48
Fig. 2.58 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ [13].....	49
Fig. 2.59 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm] [13].....	51
Fig. 2.60 – Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [13].....	51
Fig. 2.61 – Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [13].....	52
Fig. 2.62 – Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica [13].....	53
Fig. 2.63 – Classificação de desempenho de unidades split, multisplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar [13].....	53
Fig. 2.64 – Classificação de desempenho de unidades split, multisplit e compactas, com permuta ar-água [13].....	53
Fig. 2.65 – Classificação de desempenho de unidades do tipo Rooftop [13].....	53
Fig. 2.66 – Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão [13].....	54
Fig. 2.67 – Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras [13].....	54
Fig. 2.68 – Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores [13].....	54
Fig. 2.69 – Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores, Q_{pr} , [kWh/24h] [13].	54
Fig. 2.70 – Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} [13].....	55

Fig. 2.71 – Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa [16].....	56
Fig. 2.72 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos pelo RCCTE [3]	57
Fig. 2.73 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos do REH para edifícios ou frações novas [18]	58
Fig. 2.74 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos do REH para edifícios existentes sujeitos a grande intervenção [16].....	58
Fig. 2.75 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} (W/(m ² .°C)) [13]	63
Fig. 2.76 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, ψ_{ref} (W/(m.°C)) [13].....	63
Fig. 2.77 – Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do N_t [16].....	66
Fig. 2.78 – Escala de classes energéticas segundo o RCCTE [19].....	91
Fig. 2.79 – Escala de classes energéticas segundo o REH [17]	91
Fig. 3.1 – Planta do rés-do-chão, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala).....	94
Fig. 3.2 – Planta do 1º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)	94
Fig. 3.3 – Planta da cobertura (sem escala)	95
Fig. 3.4 – Perdas da envolvente opaca exterior	109
Fig. 3.5 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior	109
Fig. 3.6 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU	110
Fig. 3.7 – Percentagem das perdas da envolvente opaca em contacto com ENU.....	111
Fig. 3.8 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores.....	111
Fig. 3.9 – Ganhos brutos na estação de aquecimento.....	113
Fig. 3.10 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE.....	114
Fig. 3.11 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH.....	114

Fig. 3.12 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento.....	115
Fig. 3.13 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i).....	117
Fig. 3.14 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v).....	118
Fig. 3.15 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a) – RCCTE.....	118
Fig. 3.16 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência para preparação de AQS - REH.....	119
Fig. 3.17 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações.....	119
Fig. 3.18 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE.....	120
Fig. 3.19 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH.....	120
Fig. 3.20 – Rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética.....	121
Fig. 3.21 – Classe energética.....	121
Fig. 3.22 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – RCCTE....	122
Fig. 3.23 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – REH.....	122
Fig. 3.24 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização.....	124
Fig. 3.25 – Planta do rés-do-chão, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala).....	125
Fig. 3.26 – Planta do 1º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala).....	126
Fig. 3.27 – Planta do 2º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala).....	126

Fig. 3.28 – Planta da cobertura, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala).....	127
Fig. 3.29 – Perdas da envolvente opaca exterior	139
Fig. 3.30 – Perdas da envolvente opaca em contacto com edifícios adjacentes.....	140
Fig. 3.31 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores.....	140
Fig. 3.32 – Ganhos brutos na estação de aquecimento.....	141
Fig. 3.33 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE.....	142
Fig. 3.34 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH.....	143
Fig. 3.35 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento.....	143
Fig. 3.36 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i).....	145
Fig. 3.37 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v)	146
Fig. 3.38 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a) – RCCTE	146
Fig. 3.39 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência para preparação de AQS - REH.....	147
Fig. 3.40 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações	147
Fig. 3.41 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE	148
Fig. 3.42 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH	148
Fig. 3.43 – Rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética	149
Fig. 3.44 – Classe energética.....	149
Fig. 3.45 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – RCCTE....	150
Fig. 3.46 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – REH.....	150

Fig. 3.47 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização	152
Fig. 3.48 – Planta de arquitetura do piso tipo e da fração em estudo, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)	154
Fig. 3.49 – Perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE	173
Fig. 3.50 – Perdas da envolvente opaca exterior pelo REH	173
Fig. 3.51 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE	174
Fig. 3.52 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo REH	174
Fig. 3.53 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU pelo RCCTE	175
Fig. 3.54 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU pelo REH	175
Fig. 3.55 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE	176
Fig. 3.56 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo REH	176
Fig. 3.57 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores	177
Fig. 3.58 – Ganhos brutos na estação de aquecimento pelo RCCTE	178
Fig. 3.59 – Ganhos brutos na estação de aquecimento pelo REH	179
Fig. 3.60 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE	180
Fig. 3.61 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH	181
Fig. 3.62 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento obtidas pelo RCCTE	182
Fig. 3.63 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento obtidas pelo REH	182
Fig. 3.64 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i) pelo RCCTE	184
Fig. 3.65 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i) pelo REH	184

Fig. 3.66 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v) pelo RCCTE.....	185
Fig. 3.67 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v) pelo REH	185
Fig. 3.68 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e valor máximo (N_a) - RCCTE	186
Fig. 3.69 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência - REH	186
Fig. 3.70 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações (frações A, B e C)	187
Fig. 3.71 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE	187
Fig. 3.72 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH	188
Fig. 3.73 – Percentagem do rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética	188
Fig. 3.74 – Classe energética.....	189
Fig. 3.75 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração A	189
Fig. 3.76 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração B	190
Fig. 3.77 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração C	190
Fig. 3.78 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração A.....	193
Fig. 3.79 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração B.....	193
Fig. 3.80 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração C.....	193
Fig. 3.81 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 1	196

Fig. 3.82 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 2	196
Fig. 3.83 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração A	198
Fig. 3.84 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração B	198
Fig. 3.85 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração C	198

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Coeficiente de transmissão térmica superficial de uma parede simples em contacto com espaço não útil	48
Quadro 2.2 – Necessidades nominais de referência de aquecimento [8]	59
Quadro 2.3 – Necessidades nominais de referência de arrefecimento - N_v [1]	60
Quadro 2.4 – Consumo anual de águas quentes sanitárias em edifícios residenciais [8]	61
Quadro 2.5 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através da envolvente exterior e interior – síntese das equações [3]	68
Quadro 2.6 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através da envolvente em contato com o solo e das pontes térmicas lineares – síntese das equações [3]	68
Quadro 2.7 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas de calor por renovação do ar, Q_v – síntese das equações [3]	69
Quadro 2.8 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos solares brutos, Q_s – síntese das equações [3]	70
Quadro 2.9 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos internos brutos, Q_i – síntese das equações [3]	70
Quadro 2.10 – Perdas associadas aos elementos da envolvente exterior [3]	72
Quadro 2.11 – Perdas por renovação do ar [3]	72
Quadro 2.12 – Ganhos internos [3]	73
Quadro 2.13 – Ganhos solares através dos vãos envidraçados [3]	73
Quadro 2.14 – Ganhos através da envolvente opaca [3]	74
Quadro 2.15 – Eficiência de conversão para os sistemas convencionais de produção de águas quentes – valores por defeito [3]	75

Quadro 2.16 – Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias – síntese das equações [3]	75
Quadro 2.17 – Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias – síntese das equações [3]	76
Quadro 2.18 – Eficiência nominal dos sistemas de aquecimento e arrefecimento [3]	76
Quadro 2.19 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior	78
Quadro 2.20 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com espaço não útil e em contato com edifícios adjacentes	78
Quadro 2.21 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com o solo	79
Quadro 2.22 – Ganhos térmicos internos	80
Quadro 2.23 – Ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados	81
Quadro 2.24 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior (H_{ext})	83
Quadro 2.25 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com espaço não útil (H_{enu})	83
Quadro 2.26 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com o solo (H_{ecs})	84
Quadro 2.27 – Ganhos térmicos internos	85
Quadro 2.28 – Ganhos solares brutos através da envolvente opaca e envidraçada	86
Quadro 3.1– Levantamento dimensional do caso de estudo 1	96
Quadro 3.2 – Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ)	96
Quadro 3.3 – Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr})	97
Quadro 3.4 – Parede em contacto com o solo	98
Quadro 3.5 – Pavimento em contacto com o solo	98
Quadro 3.6 – Parede exterior	98
Quadro 3.7 – Pilar ou viga	98

Quadro 3.8 – Caixa de estore	99
Quadro 3.9 – Porta exterior	99
Quadro 3.10 – Cobertura exterior (fluxo ascendente)	99
Quadro 3.11 – Parede em contacto com espaço não útil	99
Quadro 3.12 – Pilar ou viga em contacto com espaço não útil	100
Quadro 3.13 – Parede de compartimentação interior	100
Quadro 3.14 – Pavimento entre pisos	100
Quadro 3.15 – Soluções vãos envidraçados pelo RCCTE	101
Quadro 3.16 – Soluções vãos envidraçados pelo REH	101
Quadro 3.17 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação (m ²)	102
Quadro 3.18 – Ângulos de sombreamento da envolvente opaca vertical exterior por orientação (°)	102
Quadro 3.19 – Área e altura de parede em contacto com o solo	102
Quadro 3.20 – Área e profundidade de pavimento em contacto com o solo	102
Quadro 3.21 – Área de envolvente opaca horizontal em contacto com o exterior	103
Quadro 3.22 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com espaço não útil (m ²) ...	103
Quadro 3.23 – Área de parede de compartimentação	103
Quadro 3.24 – Área de pavimento entre pisos	103
Quadro 3.25 – Pontes térmicas lineares exteriores pelo RCCTE (m)	103
Quadro 3.26 – Pontes térmicas lineares exteriores pelo REH (m)	104
Quadro 3.27 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaço não útil pelo RCCTE (m)	104
Quadro 3.28 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis pelo REH (m)	104
Quadro 3.29 – Vãos envidraçados exteriores	105

Quadro 3.30 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE	105
Quadro 3.31 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH	106
Quadro 3.32 – Dados climáticos	108
Quadro 3.33 – Perdas associadas à ventilação	112
Quadro 3.34 – Ganhos úteis totais	113
Quadro 3.35 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE	116
Quadro 3.36 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH.....	116
Quadro 3.37 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização	123
Quadro 3.38 – Levantamento dimensional - RCCTE	128
Quadro 3.39 – Levantamento dimensional – REH.....	128
Quadro 3.40 – Pavimento térreo existente.....	129
Quadro 3.41 – Parede exterior existente.....	130
Quadro 3.42 – Parede exterior da zona ampliada	130
Quadro 3.43 – Pilar ou viga da zona ampliada.....	130
Quadro 3.44 – Porta exterior existente	130
Quadro 3.45 – Cobertura exterior plana (fluxo ascendente)	130
Quadro 3.46 – Cobertura exterior inclinada (fluxo ascendente)	131
Quadro 3.47 – Parede existente em contacto com edifício adjacente.....	131
Quadro 3.48 – Parede da zona ampliada em contacto com edifício adjacente	131
Quadro 3.49 – Pilar ou viga da zona ampliada em contacto com edifício adjacente	131
Quadro 3.50 – Parede de compartimentação interior.....	131
Quadro 3.51 – Pavimento entre pisos.....	132
Quadro 3.52 – Soluções vãos envidraçados adotadas pelo RCCTE	132

Quadro 3.53– Soluções vãos envidraçados adotadas pelo REH.....	132
Quadro 3.54 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação pelo RCCTE (m ²)	133
Quadro 3.55 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação pelo REH (m ²)	.133
Quadro 3.56 – Ângulos de sombreamento considerados no REH (°)	134
Quadro 3.57 – Área de pavimento em contacto com o solo pelo REH	134
Quadro 3.58 – Área de envolvente opaca horizontal em contacto com o exterior pelo REH e pelo RCCTE	134
Quadro 3.59 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com edifício adjacente considerada pelo RCCTE (m ²)	134
Quadro 3.60 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com edifício adjacente considerada pelo REH (m ²)	134
Quadro 3.61 – Área de paredes de compartimentação considerada pelo RCCTE	134
Quadro 3.62 – Área de paredes de compartimentação considerada pelo REH	134
Quadro 3.63 – Área de pavimentos entre pisos considerada pelo RCCTE e pelo REH	135
Quadro 3.64 – Pontes térmicas lineares exteriores determinadas no RCCTE (m)	135
Quadro 3.65 – Pontes térmicas lineares exteriores determinadas no REH (m)	135
Quadro 3.66 – Vãos envidraçados exteriores determinados pelo RCCTE	135
Quadro 3.67 – Vãos envidraçados exteriores determinados pelo REH	136
Quadro 3.68 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE	136
Quadro 3.69 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH	137
Quadro 3.70 – Dados climáticos	138
Quadro 3.71 – Perdas associadas à ventilação	141
Quadro 3.72 – Ganhos úteis totais	142
Quadro 3.73 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE	144

Quadro 3.74 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH.....	144
Quadro 3.75 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização	151
Quadro 3.76 – Levantamento dimensional caso de estudo 3	155
Quadro 3.77 – Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ).....	155
Quadro 3.78 – Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr}).....	156
Quadro 3.79 – Parede exterior	157
Quadro 3.80 – Pilares ou vigas	157
Quadro 3.81 – Caixa de estore	158
Quadro 3.82– Pavimento exterior (fluxo descendente)	158
Quadro 3.83 – Cobertura exterior plana (fluxo ascendente)	158
Quadro 3.84 – Parede em contacto com espaços não úteis.....	158
Quadro 3.85 – Pilar ou viga em contacto com espaço não útil.....	159
Quadro 3.86 – Pavimento em contacto com espaço não útil (fluxo descendente).....	159
Quadro 3.87 – Porta em contacto com espaço não útil	159
Quadro 3.88 – Parede de compartimentação interior.....	159
Quadro 3.89 – Parede entre frações	159
Quadro 3.90 – Pavimento entre frações.....	160
Quadro 3.91 – Soluções vãos envidraçados pelo RCCTE	160
Quadro 3.92 – Soluções vãos envidraçados pelo REH	160
Quadro 3.93 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação (frações A, B e C) (m ²)	161
Quadro 3.94 – Ângulos de sombreamento considerados no REH (frações A, B, C) (°).....	161
Quadro 3.95 – Área de pavimento exterior da fração A.....	161

Quadro 3.96 – Área de cobertura exterior da fração C	162
Quadro 3.97 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ superior a 0,7 da fração A, B e C (m ²).....	162
Quadro 3.98 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} superior a 0,7 da fração A, B e C (m ²)	162
Quadro 3.99 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração A e B (m ²)	162
Quadro 3.100 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração C (m ²)	162
Quadro 3.101 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração A e B (m ²)	163
Quadro 3.102 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração C (m ²)	163
Quadro 3.103 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com τ igual ou superior a 0,7 da fração A.....	163
Quadro 3.104 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com b_{tr} igual ou superior a 0,7 da fração A.....	163
Quadro 3.105 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração A	163
Quadro 3.106 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração A	163
Quadro 3.107 – Área de parede de compartimentação (fração A, B e C)	164
Quadro 3.108 – Área de parede entre frações (fração A, B e C)	164
Quadro 3.109 – Área de pavimento entre frações (fração A e C)	164
Quadro 3.110 – Área de pavimento entre frações (fração B)	164
Quadro 3.111 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração A - RCCTE	164
Quadro 3.112 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração B - RCCTE	165

Quadro 3.113 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração C - RCCTE.....	165
Quadro 3.114 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração A - REH	166
Quadro 3.115 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração B - REH	166
Quadro 3.116 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração C - REH	166
Quadro 3.117 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração A - RCCTE	167
Quadro 3.118– Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração B - RCCTE	167
Quadro 3.119 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração C - RCCTE	168
Quadro 3.120 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração A - REH	168
Quadro 3.121 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração B - REH	169
Quadro 3.122 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração C - REH	169
Quadro 3.123 – Vãos envidraçados exteriores (fração A, B e C).....	170
Quadro 3.124 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE.....	170
Quadro 3.125 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH	171
Quadro 3.126 – Dados climáticos.....	172
Quadro 3.127 – Perdas associadas à ventilação da fração A	177
Quadro 3.128 – Perdas associadas à ventilação da fração B	178
Quadro 3.129 – Perdas associadas à ventilação da fração C	178
Quadro 3.130 – Ganhos úteis totais da fração A	179
Quadro 3.131 – Ganhos úteis totais da fração B	179
Quadro 3.132 – Ganhos úteis totais da fração C	179

Quadro 3.133 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE	183
Quadro 3.134 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH.....	183
Quadro 3.135 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração A.....	191
Quadro 3.136 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração B.....	192
Quadro 3.137 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração C.....	192
Quadro 3.138 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 1.....	195
Quadro 3.139 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 2.....	196
Quadro 3.140 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração A.....	197
Quadro 3.141 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração B.....	197
Quadro 3.142 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração C	197

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Em Portugal, a legislação na área da térmica de edifícios surgiu pela primeira vez em 1990, pelo Decreto-Lei 40/90 de 6 de fevereiro, sob a designação Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), e entrou em vigor em janeiro de 1991 [1].

Este regulamento representou o primeiro passo para a introdução de exigências térmicas e energéticas ao nível do projeto, de forma a obter maior conforto térmico nos edifícios com uma redução das necessidades energéticas [2]. Para o efeito procedia-se à verificação de dois parâmetros, os limites das necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e de arrefecimento, e ainda à verificação dos requisitos mínimos da envolvente no sentido de minimizar os efeitos patológicos nos elementos construtivos resultantes das condensações superficiais [3], bem como o sobreaquecimento no verão.

Relativamente a outros países europeus este regulamento trouxe algumas inovações nos aspetos ligados ao conforto no verão, tendo sido o primeiro regulamento europeu a impor requisitos mínimos dos vãos envidraçados no verão [3].

Este regulamento procurou ser um regulamento consensual e de fácil implementação e, cuja obrigatoriedade para licenciamento induzisse um interesse crescente na adoção de estratégias solares passivas e de conservação de energia. Hoje pode dizer-se que esse objetivo foi conseguido, assim como a utilização generalizada de isolamento térmico e de vidros duplos nos edifícios contribuindo para a melhoria da envolvente dos edifícios e para a sua qualidade térmica no geral [1].

Com o aumento do grau de exigência de conforto pela população e com a crescente preocupação ambiental, voltou a existir pressão política para uma intervenção que reduzisse ainda mais os consumos de energia [1].

Na Europa os edifícios são responsáveis pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através da implementação de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de C_{O_2} – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [4].

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros adotaram um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. Foi neste contexto que surgiu a Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios [4].

Em Portugal, em 4 de abril de 2006, foram publicados os Decretos-lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006 respetivamente o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar

Interior nos Edifícios (SCE), o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) e o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), de forma a dar resposta às exigências da Diretiva Europeia 2002/91/CE.

Neste contexto, o nosso país promoveu com forte dinamismo, a eficiência energética dos edifícios e por essa via, adquiriu uma experiência relevante, que se traduziu não só na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria [5].

A implementação do Sistema de Certificação Energética veio permitir aos utentes obter informação sobre os consumos de energia potenciais, no caso dos novos edifícios ou no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes 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 aspetos importantes para a caracterização do edifício [6].

Nos edifícios existentes, a certificação energética destinou-se também a proporcionar informação sobre as medidas de melhoria de desempenho, com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas e, simultaneamente, melhorar a eficiência energética do edifício [6].

À semelhança da versão anterior do regulamento, esta versão considerou em separado as estações de aquecimento e de arrefecimento, existindo também requisitos mínimos da envolvente em função de cada zona climática. Porém, as metodologias adotadas para o cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento foram atualizadas. Foram introduzidos novos parâmetros, como o fator de forma do edifício e a permeabilidade ao ar das caixilharias e, quantificou de uma forma mais detalhada o efeito das pontes térmicas lineares e planas, para uma melhor avaliação da qualidade térmica do edifício [7].

Tornou ainda obrigatório, para todos os novos edifícios, o recurso a sistemas de coletores solares térmicos para aquecimento de água sanitária desde que os edifícios tivessem uma exposição solar adequada - coberturas orientadas numa gama de azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste e que não fossem sombreadas no período de maior insolação. Previu ainda, em alternativa aos painéis para aquecer a água nos edifícios, o recurso a outras formas renováveis de energia com capacidade de captação equivalente numa base anual, que pudessem ser utilizadas para outros fins que não o do aquecimento de água se tal fosse mais eficiente ou conveniente [5]. Contabilizou, ainda, a energia despendida para produção de águas quentes sanitárias, bem como a energia primária tendo em conta o tipo de sistema de aquecimento e de arrefecimento bem como as fontes de energia primária utilizadas, conduzindo a diferentes requisitos em função da eficiência dos equipamentos [7].

Para além destas condições, o regulamento contabilizou, através de uma soma ponderada, as necessidades, em termos de energia primária e em função do tipo de energia final utilizadas (N_{ic}). Este valor, definido como Necessidades Globais de Energia Primária (N_{ic}), devia ser inferior a um valor máximo (N_i) definido também no regulamento [3].

Ao nível da certificação energética de edifícios existentes a metodologia de cálculo adotada foi a mesma, mas com a possibilidade de introdução das simplificações previstas na Nota Técnica NT-SCE-01.

Esta regulamentação determinou uma construção mais sustentada de edifícios novos ou edifícios sujeitos a grandes intervenções, de forma a que estes edifícios correspondessem às necessidades de conforto atuais sem desperdícios desnecessários de energia final.

Contudo ao longo da sua aplicação prática notaram-se algumas falhas e omissões que levaram a questionar a sua aplicabilidade, entre as quais:

- os sistemas de aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias tinham um impacto elevado na classificação energética, levando a que uma simples alteração para equipamentos mais eficientes ou até equipamentos um pouco menos eficientes mas alimentados a gás em detrimento da eletricidade, conduzisse a uma melhor classe energética;
- o aumento da espessura do isolamento térmico das envolventes ou uma melhoria das características dos vãos envidraçados, não tinha um impacto significativo na classe energética;
- o rigor exigido na determinação das perdas por ponte térmica linear, que eram apresentadas para as mais diversas situações (pavimento em contacto com o terreno, paredes em contacto com o terreno, ligação da fachada com pavimentos térreos, ligação da fachada com pavimentos intermédios, ligação da fachada com a cobertura, ligação da fachada com a varanda, ligação entre duas paredes verticais, ligação com caixa de estore), cujo detalhe não era proporcional ao impacto que tem para efeitos de cálculo;
- os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear definidos pelo regulamento para os pavimentos em contacto com o solo que conduziam a perdas lineares muito elevadas que em muitas das moradias térreas era o fator que conduzia ao não cumprimento da regulamentação e que não traduzia o comportamento real;
- o rigor exigido na determinação dos ângulos de sombreamento dos vãos envidraçados também não era proporcional à influência que este dado apresentava no cálculo térmico;
- a pormenorização na escolha de proteções solares interiores e exteriores imposta, quando algumas delas era, passíveis de alteração pós ocupação do edifício.

Com a publicação em maio de 2010 da Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi reformulado o regime estabelecido pela Diretiva 2002/91/CE. Esta última diretiva vem clarificar alguns dos princípios do texto inicial e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020 [5].

A transposição para o direito nacional da Diretiva 2010/31/UE, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e

respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma. Neste contexto em agosto de 2013 surgiu o Decreto-Lei 118/2013, que assegura não só a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico [5].

O Decreto Lei 118/2013 corresponde a uma atualização da legislação nacional que envolveu alterações a vários níveis, com destaque para as modificações estruturais e de sistematização, pela junção, num só diploma de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos, procedendo-se, assim, a uma reorganização significativa que visa promover a harmonização concetual e terminológica e a facilidade de interpretação. A separação clara do âmbito de aplicação do REH, que incide exclusivamente nos edifícios de habitação, e do RECS que passaram a incidir nos edifícios de comércio e serviços, facilitando o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconheceu as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético.

A definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios passou a fazer-se de acordo com as seguintes premissas:

- comportamento térmico e eficiência dos sistemas técnicos para edifícios ou frações de habitação;
- comportamento térmico, eficiência, instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos para edifícios ou frações de comércio e serviços.

Para cada um destes pilares foram ainda definidos princípios gerais concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes.

1.2. OBJETIVO

A criação e operacionalização do SCE, conduziu a um destaque crescente dos temas relacionados com a eficiência energética e utilização de energia renovável nos edifícios. A classe energética passou a ter visibilidade e aos poucos começou a ter importância na caracterização de uma fração.

Com a entrada em vigor da nova legislação é importante perceber se houve uma correção das falhas e erros encontrados na legislação anterior, se esta traduz uma evolução da experiência obtida durante a aplicação da legislação anterior, quais são as inovações que introduz e quais as suas implicações tanto ao nível de metodologia como de classe energética.

O objetivo principal desta dissertação consiste em analisar as implicações da nova regulamentação no SCE e as suas principais mais-valias, numa comparação com a legislação anterior, abrangendo desde a organização, sistematização, metodologia, aplicabilidade e o seu impacte.

Para este efeito são apresentados quatro casos de estudo onde se efetuam comparações dos cálculos feitos pela metodologia mais recente (REH) com a metodologia anterior a esta (RCCTE, 2006).

O objeto de estudo centra-se em frações habitacionais, dado que a nova regulamentação estipula uma metodologia de cálculo completamente distinta para as frações de pequenos serviços. As frações escolhidas correspondem a:

- uma moradia unifamiliar de dois pisos que vai ser construída;
- uma moradia unifamiliar de três pisos que vai sofrer uma grande intervenção;
- uma moradia unifamiliar com um piso térreo a construir;
- três frações de um edifício multifamiliar, a primeira no 1º andar sobre comércio, a segunda entre pisos com frações acima e abaixo iguais, e a terceira no último piso.

Na escolha dos casos de estudo pretendeu-se abranger diferentes condições de envolvimento, para que a análise comparativa seja mais fundamentada e se consiga identificar com maior clareza os impactes da nova legislação.

2. ANÁLISE DAS PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE O RCCTE E O REH

2.1. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

Tal como já foi mencionado anteriormente, houve uma alteração estrutural da legislação. Em 2006 a legislação foi estruturada em três diplomas:

- O Decreto-Lei 78/2006 de 4 de Abril de 2006 (SCE) conjuntamente com as Portarias 461/2007 de 5 de junho, 835/2007 de 7 de agosto e com o Despacho 10250/2008 de 8 de abril definiram a implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público [6];
- O Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril de 2006 (RSECE) veio substituir o Decreto-Lei 118/98, de 7 de maio, que por sua vez, veio substituir o Decreto-Lei 156/92, de 29 de julho, que não chegou a ser aplicado e que visava regulamentar a instalação de sistemas de climatização em edifícios; o RSECE veio introduzir algumas medidas de racionalização, fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar num edifício para, sobretudo, evitar o seu sobredimensionamento, conforme a prática do mercado mostrava ser comum, contribuindo assim para a sua eficiência energética, evitando investimentos desnecessários [8];
- O Decreto-Lei 80/2006 de 4 de abril de 2006 (RCCTE) aplica-se a cada uma das frações autónomas de todos os novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, independentemente de serem ou não, nos termos de legislação específica, sujeitos a licenciamento ou autorização no território nacional, com exceção das situações previstas no n.º 9 do artigo 2º do texto regulamentar, de modo a que, sem dispêndio excessivo de energia, fossem satisfeitas as exigências relativas ao conforto térmico, à qualidade do ar no interior dos edifícios e às necessidades de águas quentes sanitárias [7].

A certificação energética de edifícios existentes ficou ao abrigo do Decreto-Lei 80/2006 (RCCTE) com a possibilidade de introdução das simplificações previstas na Nota Técnica NT-SCE-01.

Para além destes documentos a Agência para Energia (ADENE) elaborou um conjunto de Perguntas e Respostas, que vieram esclarecer sobre a forma como a legislação deveria ser aplicada na prática.

Em 2013 o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto veio unir num só Decreto-Lei o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Complementam a aplicação do Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto os seguintes diplomas:

- Portaria 349-A/2013 de 29 de Novembro – determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e, finalmente, estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ);
- Portaria 349-B/2013 de 2 de Dezembro – define a metodologia de determinação da classe energética para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção;
- Portaria 349-C/2013 de 2 de Dezembro - estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização. Regulamenta as atividades dos técnicos do SCE;
- Portaria 349-D/2013 de 2 de Dezembro – estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes;
- Portaria 353-A/2013 de 4 de Dezembro – determinar os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação
- Despacho 15793-C/2013 de 3 de Dezembro – define os modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do SCE a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes;
- Despacho 15793-D/2013 de 3 de Dezembro – estabelece fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária;
- Despacho 15793-E/2013 de 3 de Dezembro – estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes;
- Despacho 15793-F/2013 de 3 de Dezembro – procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados;

- Despacho 15793-G/2013 de 3 de Dezembro – procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia;
- Despacho 15793-H/2013 de 3 de Dezembro – estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema;
- Despacho 15793-I/2013 de 3 de Dezembro – estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente (N_{ic} e N_{vc}), as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{ic});
- Despacho 15793-J/2013 de 3 de Dezembro – procede à publicação das regras de determinação da classe energética;
- Despacho 15793-K/2013 de 3 de Dezembro – explica a forma de determinação de parâmetros térmicos;
- Despacho 15793-L/2013 de 3 de Dezembro – define a metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética;
- Lei 58/2013 de 20 de Agosto - aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas.

A figura 2.1 apresenta a organização de todos os documentos acima mencionados de acordo com a sua aplicação.

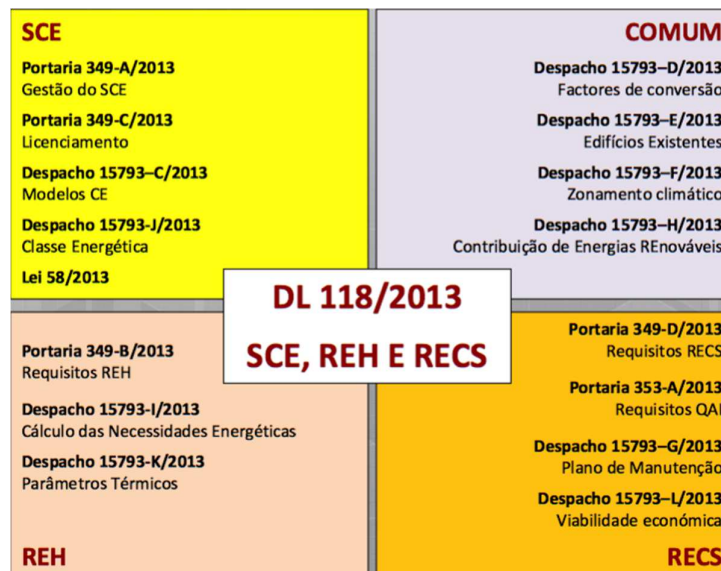


Fig. 2.1 – Síntese Legislação [13]

Tal como é referido no preâmbulo do Decreto-Lei 118/2013 as principais preocupações da legislação são:

- a definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios de habitação passou a basear-se no comportamento térmico e na eficiência dos sistemas, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes;
- a definição de um mapa evolutivo de requisitos com um horizonte temporal no limite até 2020 permitiu criar condições de previsibilidade, ao mesmo tempo que se apontou no sentido de renovação do parque imobiliário por via da promoção de edifícios cada vez mais eficientes;
- a atualização dos requisitos de qualidade térmica e a introdução de requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios. Ficaram igualmente definidos padrões mínimos de eficiência energética dos sistemas de climatização, dos sistemas de preparação de água quente sanitária e dos sistemas de aproveitamento de energias renováveis e de gestão de energia;
- a promoção da utilização de fontes de energia renovável, com clarificação e reforço dos métodos para quantificação do respetivo contributo, e com natural destaque para o aproveitamento do recurso solar, abundantemente disponível no nosso país;
- no que respeita à política de qualidade do ar interior, deu-se uma maior relevância à manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo; neste âmbito, salienta-se que passa a privilegiar-se a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos.

Neste contexto, surgiu o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, o qual passará a constituir o padrão para a nova construção a partir de 2020, ou de 2018, no caso de edifícios novos de entidades públicas, bem como uma referência para as grandes intervenções no edificado existente. Este padrão pretende conjugar a redução de consumo do edifício, na maior extensão possível e suportada numa lógica de custo-benefício, das necessidades energéticas do edifício, com o abastecimento energético através do recurso a energia de origem renovável.

2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO

O zonamento climático é feito para aplicação dos requisitos de qualidade térmica da envolvente e determinação dos parâmetros climáticos.

2.2.1. ZONAMENTO CLIMÁTICO E DADOS DE REFERÊNCIA NO RCCTE

O país foi dividido em três zonas climáticas de inverno (I_1 , I_2 , I_3) e três zonas climáticas de verão (V_1 , V_2 , V_3), de acordo com as figuras seguintes:

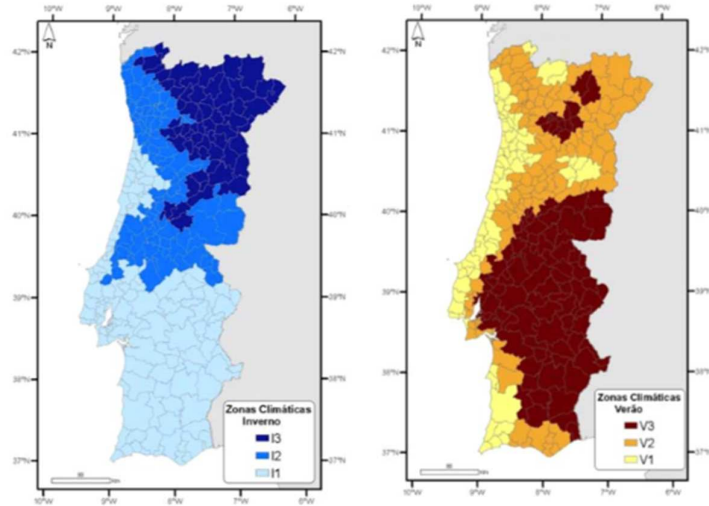


Fig. 2.2 – Zonas climáticas em Portugal Continental definidas pelo RCCTE [3]

As zonas de verão estavam divididas em região Norte e Sul. A região Sul abrangia toda a área a Sul do rio Tejo e ainda os seguintes concelhos dos distritos de Lisboa e Santarém: Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém [9].

Na figura 2.3 apresenta-se um extrato do Quadro III.1 do RCCTE com os dados climáticos de referência para cada concelho, com as zonas climáticas de inverno e verão, o número de graus-dias (GD) na base de 20°C, a duração da estação de aquecimento, a temperatura externa de projeto e amplitude térmica.

Concelho	Zona climática de Inverno	Número de graus-dias (GD) (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)
Abrantes	I ₂	1 630	6	V ₃	36	17
Águeda	I ₁	1 490	6,7	V ₁	31	12
Aguiar da Beira	I ₃	2 430	7,3	V ₂	32	13
Alandroal	I ₁	1 320	6	V ₃	36	17
Albergaria-a-Velha	I ₁	1 470	6,3	V ₁	30	11
Albufeira	I ₁	1 130	5,3	V ₂	33	14
Alcácer do Sal	I ₁	1 240	5,3	V ₃	35	16
Alcanena	I ₂	1 680	6	V ₂	33	14
Alcobaça	I ₂	1 640	6,3	V ₁	29	10
Alcochete	I ₁	1 150	5,3	V ₃	34	13
Alcoutim	I ₁	1 270	5	V ₃	34	14
Alenquer	I ₁	1 410	5,7	V ₂	33	12
Alfandega da Fé	I ₃	2 340	7,7	V ₂	33	15
Alijó	I ₃	2 500	7	V ₃	34	16
Aljezur	I ₁	1 120	5,3	V ₁	30	10
Aljustrel	I ₁	1 260	5,7	V ₃	35	17
Almada	I ₁	1 160	5,3	V ₁	31	10
Almeida	I ₃	2 540	7,7	V ₂	33	16
Almeirim	I ₁	1 340	5,7	V ₃	35	15
Almodôvar	I ₁	1 390	5,7	V ₃	35	16
Alpiarça	I ₁	1 360	5,7	V ₃	35	15

Fig. 2.3 – Distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência – RCCTE [9]

Nas figuras 2.4 e 2.5 apresentam-se os quadros onde constam as alterações, em função da altitude dos locais (z), que se introduzia relativamente ao zonamento e aos dados climáticos de referência apresentados no Quadro III.1 do RCCTE.

Zona climática de Inverno do concelho (segundo o quadro m.1)	Altitude (z), do local (m)					
	z > 400 e z ≤ 600		z > 600 e z ≤ 1 000		z > 1 000	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)
I ₁	I ₂	z + 1 500 — 6,7	I ₃	z + 1 700 — 7,3	I ₃	z + 1 900 — 8
I ₂	I ₂	Quadro III.1 —	I ₃	z + 1 700 — 7,3	I ₃	z + 1 900 — 8
I ₃	I ₃	Quadro III.1	I ₃	Quadro III.1	I ₃	z + 1 900 — 8

Fig. 2.4 – Zonamento climático de inverno (Portugal Continental) – Alterações em função da altitude dos locais (RCCTE) [9]

Zona climática de Verão do concelho	Altitude (z) do local (m)							
	z > 600 e z ≤ 800		z > 800 e z ≤ 1 000		z > 1 000 e z ≤ 1 200		z > 1 200	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)
V ₁	V ₁	Quadro III.1	V ₁	30	V ₁	29	V ₁	27
V ₂	V ₂	Quadro III.1	V ₁	31	V ₁	29	V ₁	27
V ₃	V ₂	33	V ₁	31	V ₁	29	V ₁	27

Fig. 2.5 – Zonamento climático de verão (Portugal Continental) – Alterações em função da altitude dos locais (RCCTE) [9]

Nos concelhos de Pombal, Leiria e Alcobaça, os locais situados numa faixa litoral com 10 km de largura eram incluídos na zona climática de inverno I1 com os seguintes dados climáticos de referência:

- Número de graus-dias (base 20°C): 1500 °C.dias;
- Duração da estação de aquecimento: seis meses.

Nos concelhos de Pombal e Santiago do Cacém, os locais situados numa faixa litoral com 15 km de largura eram incluídos na zona climática de verão V1 e adotam-se os seguintes dados climáticos de referência:

- Temperatura exterior de projeto de verão: 31°C;
- Amplitude térmica média do mês mais quente: 10°C.

No concelho de Alcácer do Sal, os locais situados numa faixa litoral com 10 km de largura eram incluídos na zona climática de verão V2 e adotam-se os seguintes dados climáticos de referência:

- Temperatura exterior de projeto de verão: 33°C;
- Amplitude térmica média do mês mais quente: 13°C.

Na Região Autónoma dos Açores a definição da zona climática de inverno era feita em função da sua altitude sendo:

- I₁ – locais situados até 600 m de altitude;
- I₂ – locais situados entre 600 m de altitude e 1000 m de altitude;
- I₃ – locais situados acima de 1000 m de altitude.

Para cada local, o número médio de graus-dias de aquecimento (na base de 20°C) da estação convencional de aquecimento era calculado, em função da respetiva altitude, pela seguinte expressão [9]:

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

A duração média da estação convencional de aquecimento, em função da altitude, era dada no quadro da seguinte figura:

Altitude (z) (m)	Duração média (meses)
$z \leq 100$	4
$100 < z \leq 500$	$3 + 0,01 z$
$z > 500$	8

Fig. 2.6 – Duração média da estação convencional de aquecimento (Região Autónoma dos Açores) – RCCTE [9]

A zona climática de verão para esta região era a zona V₁. Para cada local, a temperatura exterior de projeto de verão e a amplitude térmica diária do mês mais quente, em função da respetiva altitude, eram dadas no quadro da seguinte figura:

Altitude (z) (m)	Temperatura exterior de projecto de Verão (°C)	Amplitude térmica do mês mais quente (°C)
$z \leq 600$	25	6
$z > 600$	24	9

Fig. 2.7 – Temperatura exterior de projeto de verão e amplitude térmica diária do mês mais quente (Região Autónoma dos Açores) – RCCTE [9]

Na Região Autónoma da Madeira, à semelhança da Região Autónoma dos Açores, as zonas climáticas de inverno eram distinguidas em função da sua altitude:

- I₁ – locais situados até 800m de altitude;
- I₂ – locais situados entre 800 m de altitude e 1100 m de altitude;
- I₃ – locais situados acima de 1100 m de altitude.

Para cada local, o número de graus-dias de aquecimento da estação convencional de aquecimento era calculado, em função da respetiva altitude (z), pelas seguintes expressões:

$$z < 400 \text{ m} \quad GD_{20} = 2.4 * z + 50 \quad (2)$$

$$z \geq 400 \text{ m} \quad GD_{20} = 1.6 * z + 380 \quad (3)$$

A duração média da estação convencional de aquecimento, em função da altitude, era dada por:

Altitude (z) (m)	Duração média (meses)
$z \leq 100$	0,3
$100 < z \leq 700$	$8-7,7 (700-z)/600$
$z > 700$	8

Fig. 2.8 – Duração média da estação convencional de aquecimento (Região Autónoma da Madeira) – RCCTE [9]

A zona climática de verão desta região é V1, e para cada local a temperatura exterior de projeto de verão e a amplitude térmica era dada por:

Altitude (z) (m)	Temperatura exterior de projecto de Verão (°C)	Amplitude térmica do mês mais quente (°C)
$z \leq 400$	26	6
$z > 400$	24	9

Fig. 2.9 – Temperatura exterior de projeto de verão e amplitude térmica diária do mês mais quente (Região Autónoma da Madeira) – RCCTE [9]

2.2.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO E PARÂMETROS CLIMÁTICOS NO REH

A base estatística utilizada foi também a Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III. O país está dividido em 3 zonas climáticas de inverno (I₁, I₂, I₃) e três zonas climáticas de verão (V₁, V₂, V₃) à semelhança do RCCTE, conforme a figura 2.10 [14]:

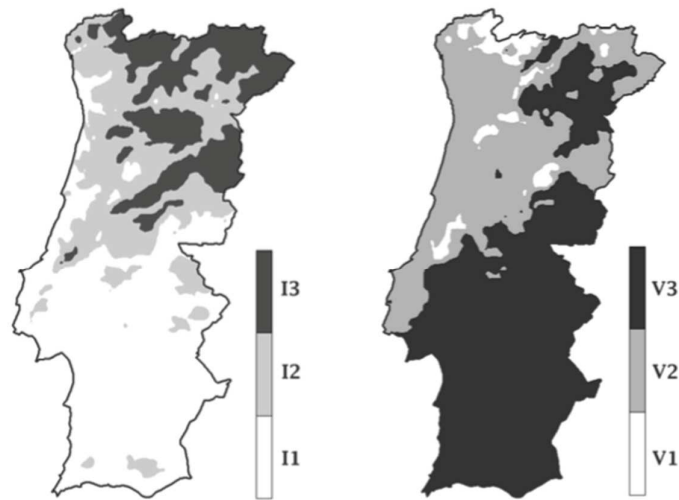


Fig. 2.10 – Zonas Climáticas de Portugal Continental definidas no REH [10]

No entanto os critérios para definição da zona climática de Inverno são definidas a partir do número de graus-dias (GD) na base de 18°C, de acordo com a figura 2.11 [10]:

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

Fig. 2.11 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno – REH [10]

Na figura 2.12 apresentam-se as zonas climáticas de verão definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$).

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Fig. 2.12 – Critérios para a determinação da zona climática de verão – REH [10]

Os valores dos parâmetros climáticos (X) associados a um determinado local, são obtidos a partir dos valores de referência X_{REF} para cada NUTS III e ajustados com base na altitude do local (z).

As correções de altitude são lineares, com declive a , proporcionais à diferença entre a altitude do local e a altitude de referência z_{REF} para a NUTS III, segundo a seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad (4)$$

Os parâmetros climáticos pertinentes para a estação de aquecimento (inverno) são:

- GD - número de graus-dias, na base de 18°C, corresponde à estação convencional de aquecimento;
- M - duração da estação de aquecimento;
- $\theta_{ext,i}$ - temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento;
- G_{sul} - energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (kWh/m².mês).

A figura 2.13 ilustra os valores de referência e declives para ajustes em altitude de algumas regiões (NUTS III) para a estação de aquecimento [10]:

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sul} kWh/m ² por mês
	REF m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	REF °C	a °C/km	
Oeste	99	5,6	0	1165	2200	10,3	-8	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1330	1300	9,5	-4	145
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1135	2700	10,2	-7	145
Grande Lisboa	109	5,3	3	1071	1700	10,8	-4	150
Península de Setúbal	47	4,7	0	1045	1500	10,7	-4	145
Alto Alentejo	246	5,3	2	1221	1200	9,6	-3	145
Alentejo Central	221	5,3	2	1150	1100	10,0	-4	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1089	1100	10,8	-2	150
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1068	1000	10,7	-2	155
Algarve	145	4,8	0	987	1800	11,3	-6	155
R.A. Açores	10	2,9	1	604	1500	14,4	-7	110
R.A. Madeira	380	3,2	1	618	1500	14,8	-7	105

Fig. 2.13 – Extrato dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento - REH [10]

Os parâmetros climáticos para a estação de arrefecimento (verão) são os seguintes [10]:

- L_v – duração da estação = 4 meses = 2928 horas;
- $\theta_{ext,v}$ – temperatura exterior média (°C);
- I_{sol} – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais (kWh/m²).

Os valores de referência e declives para ajustes em altitude de algumas regiões (NUTS III) para a estação de arrefecimento são apresentados na figura 2.14 [10]:

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		I_{sol} kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
		REF °C	a °C/km	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
				N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Fig. 2.14 – Extrato dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento - REH [10]

Verificou-se que se mantêm três zonas climáticas de inverno e de verão ($I_1, I_2, I_3, V_1, V_2, V_3$), contudo os critérios e parâmetros climáticos foram bastante alterados.

De salientar que a determinação da zona climática deixou de ser por concelho, passou a ser dependente da altitude de cada local e a base dos seus parâmetros de referência passou a ser por região (NUTS).

Verificou-se ainda que a zona climática de verão já não se encontra subdividida em Norte e Sul não existindo também qualquer correção á distância à costa.

2.3. PARÂMETROS TÉRMICOS

2.3.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL

O coeficiente de transmissão térmica superficial é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa, e é calculado pela expressão geral [3]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \quad (5)$$

em que:

- R_j – resistência térmica da camada j [$m^2 \cdot ^\circ C/W$];
- R_{si}, R_{se} – resistências térmicas superficiais interior e exterior, respetivamente, [$m^2 \cdot ^\circ C/W$].

O cálculo da resistência térmica em camadas homogéneas é feito em função da espessura da camada e da condutibilidade do material. Para elementos não homogéneos, designadamente, alvenarias e lajes aligeiradas os valores constam das publicações do

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) sobre coeficientes de transmissão térmica de elementos das envolventes dos edifícios – ITE50.

As resistências térmicas superficiais constam da tabela da figura seguinte, e dependem da posição do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor [11].

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica [m ² .°C/W]	
		Exterior R_{se}	Interior R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

Fig. 2.15 – Valores de resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{si} [11]

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica 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 superfície e outra ao interior do espaço não útil [15]. No RCCTE constava a referência específica às superfícies em contacto com os locais não aquecidos, mas que eram precisamente iguais aos apresentados como R_{si} .

No RCCTE um espaço de ar que tivesse apenas aberturas para o ambiente exterior podia também ser considerado não ventilado desde que [9]:

- não existisse uma camada de isolamento térmico entre ele e o exterior;
- desde que as aberturas existentes não permitissem a circulação de ar no interior do espaço de ar;
- desde que o quociente entre a área total de orifícios de ventilação (s), em milímetros quadrados, e o comprimento da parede (L), em metros, fosse igual ou inferior a 500 mm²/m, no caso de paredes;
- se a relação entre a área total de orifícios de ventilação (s), em milímetros quadrados, e a área do elemento em estudo (A), em metros quadrados, fosse igual ou inferior a 500 mm²/m², no caso de elementos horizontais (coberturas ou pavimentos) ou inclinados.

Considerava-se um espaço de ar fracamente ventilado desde que [9]:

- a relação s/L fosse superior a 500 mm²/m e igual ou inferior a 1500 mm²/m, no caso de paredes;
- a relação s/A fosse superior a 500 mm²/m² e igual ou inferior a 1500 mm²/m², no caso de elementos horizontais ou inclinados.

Considerava-se um espaço de ar fortemente ventilado desde que [9]:

- a relação s/L fosse superior a 1500 mm²/m, no caso de paredes;

- a relação s/A fosse superior a $1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$, no caso de elementos horizontais ou inclinados.

As resistências de espaços de ar fracamente ventilados e fortemente ventilados já não constam da atual legislação, contudo constam nas publicações do LNEC sobre coeficientes de transmissão térmica de elementos das envolventes dos edifícios.

O REH introduziu que espaços de ar com espessuras superiores a 300 mm não deve ser considerada uma resistência térmica única, sendo que o balanço de perdas e ganhos térmicos deverá ser feito de acordo com a norma EN ISO 13789, pelo que deverá ser considerado um espaço não útil, isto é, se um teto falso compreender um espaço de ar com espessura superior a 300 mm, este espaço deve ser considerado um espaço não útil.

Nos casos de espaços de ar fortemente ventilados não se consideram as resistências térmicas das camadas que se localizam entre o espaço de ar e o ambiente exterior, sendo que a resistência superficial exterior (R_{se}) toma o valor correspondente da resistência térmica superficial interior (R_{si})

Na figura 2.16 apresentam-se os valores das resistências térmicas dos espaços de ar. A azul estão assinaladas as diferenças do REH face ao RCCTE.

Direção e sentido do fluxo de calor	Espessura (mm)	R_{ar} [$\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$]
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	

Fig. 2.16 – Valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} [5]

2.3.2. ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

2.3.2.1. Perdas associadas aos elementos em contacto com o solo pelo RCCTE

As perdas associadas às paredes e pavimentos em contacto com o solo no RCCTE eram contabilizadas pelo perímetro de contacto e pelo coeficiente de transmissão térmica linear (ψ).

O coeficiente de transmissão térmica linear (ψ) era determinado em função da diferença de nível (Z) entre a face superior do pavimento e a cota do terreno exterior [9]. O valor de z era negativo sempre que a cota do pavimento fosse inferior à cota do terreno exterior e positivo no caso contrário.

Estas perdas não eram contabilizadas no caso de paredes interiores que separavam dois espaços não úteis ou um espaço útil e um espaço não útil (local não aquecido), desde que o coeficiente de redução de perdas (τ) fosse inferior a 0,7 [9].

Nas figuras 2.17 a 2.22 apresenta-se a metodologia preconizada pelo RCCTE.

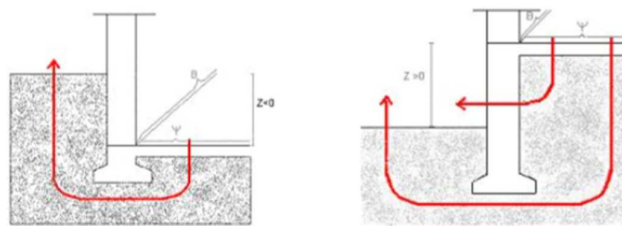


Fig. 2.17 – Pavimento em contacto com o terreno sem isolante térmico - RCCTE [9]

Z (m)	ψ (W/m.°C)
Menor que - 6	0
De - 6 a - 1,25	0,50
De - 1,20 a 0	1,50
De 0,05 a 1,50	2,50

Fig. 2.18 – Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, sem isolante térmico - RCCTE [9]

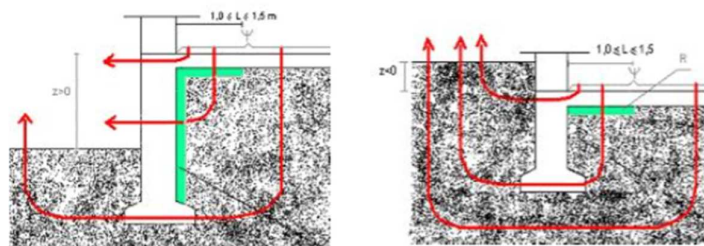


Fig. 2.19 – Pavimento em contacto com o terreno com isolante térmico - RCCTE [9]

Z (m)	Ψ (W/m.°C)	
	Resistência térmica do isolante térmico – R (m ² .°C/W)	
	R < 0,5	R ≥ 0,5
-1,20 a 0,00	1,40	1,20
0,05 a 1,50	2,00	1,80

Fig. 2.20 – Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, com isolante térmico - RCCTE [12]

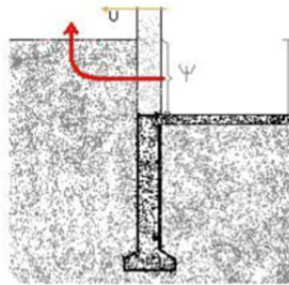


Fig. 2.21 – Parede em contacto com o terreno - RCCTE [9]

Z (m)	Ψ (W/m.°C)					
	Coeficiente de transmissão térmica da parede U (W/m ² .°C)					
	De 0,40 a 0,64	De 0,64 a 0,99	De 1 a 1,19	De 1,20 a 1,49	De 1,50 a 1,79	De 1,80 a 2
Menor que -6	1,55	1,90	2,25	2,45	2,65	2,75
De -6 a -3,05	1,35	1,65	1,90	2,05	2,25	2,50
De -3 a -1,05	0,80	1,10	1,30	1,45	1,65	1,75
De -1 a 0	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80

Fig. 2.22 – Valores de ψ de paredes em contacto com o terreno - RCCTE [9]

2.3.2.2. Transmissão térmica de elementos em contacto com o solo pelo REH

O valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno U_{br} , (W/(m².°C)), determina-se com base nas tabelas das figuras 2.28, 2.29 e 2.30, em função dos seguintes elementos [11]:

- dimensão característica do pavimento B' ;
- resistência térmica de todas as camadas do pavimento R_f , com exclusão de resistências térmicas superficiais;
- largura ou profundidade do isolamento D , respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical.

A dimensão característica do pavimento (B') calcula-se com base na seguinte expressão [11]:

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (6)$$

em que:

- A_p - Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²];
- P - Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de 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 de resistências térmicas superficiais, [(m²·°C)/W];
- D - Largura ou profundidade do isolamento, respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical [m].


B'	$z \leq 0,5 \text{ m}$				$0,5 \text{ m} < z \leq 1,0 \text{ m}$				$1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$			
	$R_f \text{ [(m}^2\text{·°C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2\text{·°C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2\text{·°C)/W]}$			
	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'	$2,0 \text{ m} < z \leq 3,0 \text{ m}$				$z > 3 \text{ m}$							
	$R_f \text{ [(m}^2\text{·°C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2\text{·°C)/W]}$							
	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 $0,5 \text{ m}^2\text{·°C/W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,15 \times U_{(R_f=0,5)} \text{ [(W/(m}^2\text{·°C))}]$.

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

Fig. 2.23 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico U_{br} - REH [W/m²·°C] [11]

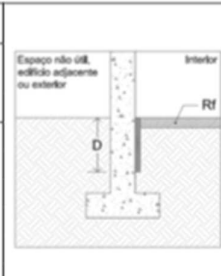
B'	D = 0,5 m					D = 1,0 m					D = 1,5 m				
	R_f [(m ² .°C)/W]					R_f [(m ² .°C)/W]					R_f [(m ² .°C)/W]				
	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3	0	0,5	1	2	≥3
3	0,86	0,60	0,46	0,29	0,21	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,75	0,55	0,42	0,28	0,20
4	0,74	0,54	0,42	0,29	0,21	0,69	0,52	0,41	0,28	0,21	0,66	0,50	0,40	0,28	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.

Fig. 2.24 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal U_{bf} - REH [W/m².°C] [11]

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.

Fig. 2.25 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical U_{bf} - REH [W/m².°C] [11]

O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo U_{bw} , determina-se conforme a figura 2.26, 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 [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




Fig. 2.26 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno U_{bw} - REH [W/m².°C] [11]

Na determinação das perdas dos pavimentos e paredes em contacto com o solo as metodologias adotadas por cada uma das legislações são completamente distintas. O RCCTE previa que as perdas ocorriam pelo perímetro do pavimento ou parede em contacto com o terreno enquanto o REH prevê que as perdas se fazem pela área do pavimento ou parede em contacto com o terreno. O RCCTE não previa perdas em pavimentos enterrados a profundidades superiores a 1.20 m, enquanto a regulamentação atual prevê perdas para qualquer profundidade.

2.3.3. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA LINEAR

2.3.3.1. Coeficientes de transmissão térmica definidos pelo RCCTE

Para a definição dos valores dos coeficientes de transmissão térmica (ψ) o RCCTE adotava as seguintes configurações tipo:

- ligação da fachada com pavimentos térreos;
- ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores;
- ligação da fachada com pavimentos intermédios;
- ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço;
- ligação da fachada com varanda;
- ligação entre duas paredes verticais;
- ligação da fachada com caixa de estore;
- ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril.

Na figura 2.27 apresentam-se alguns dos valores de ψ para duas situações mais correntes caracterizados pelo RCCTE.

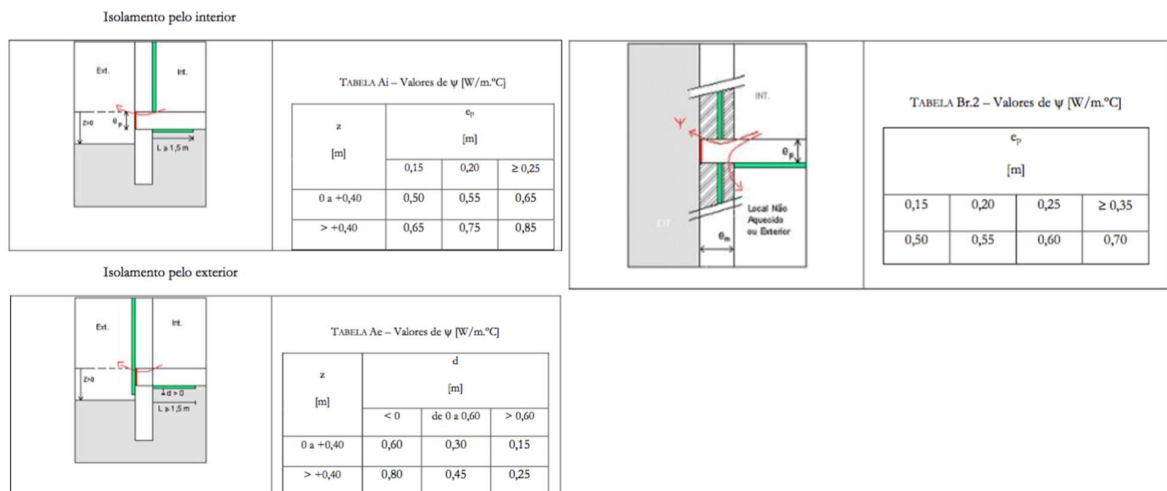


Fig. 2.27 – Pontes térmicas lineares - REH [9]

Nas pontes térmicas lineares não contempladas no RCCTE utilizava-se o valor convencional de 0,5 W/m.°C.

No RCCTE não eram contabilizadas as pontes térmicas lineares em [11]:

- paredes de compartimentação que intersejam paredes, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis;
- paredes interiores separando um espaço interior útil de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{tr} \leq 0,7$.

2.3.3.2. Coeficientes de transmissão térmica definidos pelo REH

No REH os valores de coeficientes de transmissão térmica linear podem ser determinados por uma das seguintes formas [11]:

- de acordo com as normas europeias em vigor, nomeadamente a Norma EN ISO 10211;
- com recurso a catálogos de pontes térmicas para várias geometrias e soluções construtivas típicas, desde que o cálculo tenha sido efetuado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 14683 com recurso à metodologia definida na EN ISO 10211;
- com recurso aos valores indicados na tabela da figura 2.28.

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

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

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

Fig. 2.28 – Pontes térmicas lineares - REH [11]

À semelhança do RCCTE, no REH não se contabilizam pontes térmicas lineares em [11]:

- paredes de compartimentação que intersejam paredes, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis;
- paredes interiores separando um espaço interior útil de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{tr} \leq 0,7$.

No RCCTE a metodologia preconizava figuras para variadas pontes térmicas lineares e as perdas que não correspondiam ao figurado seriam enquadradas como outras pontes térmicas lineares.

O REH não apresenta figuras tipo para o enquadramento das pontes térmicas lineares nem a opção de outras pontes térmicas lineares, mas apresenta uma tabela com valores propostos para as variadas pontes térmicas lineares e ainda permite o recurso às Normas Europeias assim como catálogos que se baseiam nessas.

2.3.4. COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR

O valor do coeficiente de absorção da radiação solar da superfície exterior de um elemento opaco, α , necessário ao cálculo de ganhos solares na estação de arrefecimento em paredes e coberturas deve ser determinado com base na tabela da figura seguinte em função da cor do revestimento da superfície exterior do elemento [11]. Esta tabela é transversal ao RCCTE e ao REH.

Cor	α
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul claro)	0,5
Escura (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

Fig. 2.29 – Coeficiente de absorção da radiação solar, α [11]

No REH é ainda considerado que no caso de sistemas ventilados em paredes e para além do coeficiente de absorção, deve ser tido em conta o fator que exprime o efeito da emissividade das faces interiores do revestimento e do grau de ventilação da caixa-de-ar, com base na tabela seguinte [11]:

Elemento	Fator
Face interior do revestimento exterior de baixa emissividade e /ou caixa-de-ar fortemente ventilada	0,10
Outros casos	0,25

Fig. 2.30 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada [11]

E ainda, no caso de coberturas em desvão e para além do coeficiente de absorção indicado na figura 2.29, deve ser tido em conta o fator que exprime o efeito da emissividade da face interior desta e do grau de ventilação do desvão, com base na tabela da figura seguinte [11]:

Desvão	Emissividade	Fator
Fortemente ventilado	Normal	0,8
	Baixa	0,7
Fracamente ventilado	Normal	1,0
	Baixa	0,9
Não ventilado	Normal	1
	Baixa	

Fig. 2.31 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior [11]

O grau de ventilação e a emissividade do desvão são definidos de acordo com as seguintes premissas [11]:

- Espaços de ar fortemente ventilados, as situações onde o quociente entre a área total de orifícios de ventilação, em milímetros quadrados, e a área de parede ou cobertura, em metros, seja superior a 1500 mm²/m²;
- Espaços de ar fracamente ventilados, as situações onde o quociente entre a área total de orifícios de ventilação, em milímetros quadrados, e a área de parede ou cobertura, em metros, seja superior a 500 mm²/m² e igual ou inferior a 1500 mm²/m²;
- Baixa emissividade qualquer superfície com uma emissividade igual ou inferior a 0,2.

A este nível o REH mantém os mesmos parâmetros que o RCCTE, contudo nos casos de fachadas e coberturas ventiladas o RCCTE não contabilizava quaisquer ganhos solares, deste modo o REH veio contabilizar a transmissão destes ganhos solares por emissividade em função do grau de ventilação da caixa-de-ar.

2.3.5. FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

2.3.5.1. Metodologia de cálculo do fator de utilização de ganhos térmicos pelo RCCTE

O fator de utilização de ganhos térmicos (η) era calculado em função da inércia térmica do edifício e da relação (γ) entre os ganhos totais brutos (internos e solares) e as perdas térmicas totais do edifício, conforme apresentado nas equações e figura seguintes [9]:

$$\begin{cases} \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}, se \ \gamma \neq 1 \\ \eta = \frac{a}{a + 1}, se \ \gamma = 1 \end{cases} \quad (7)$$

em que:

$$\gamma = Q_g / (Q_t + Q_v) \quad (8)$$

- Q_t – perdas de calor pela envolvente, (kWh);
- Q_v – perdas de calor por renovação de ar, (kWh);
- Q_g – ganhos térmicos brutos, (kWh);
- a – parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica.

com:

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

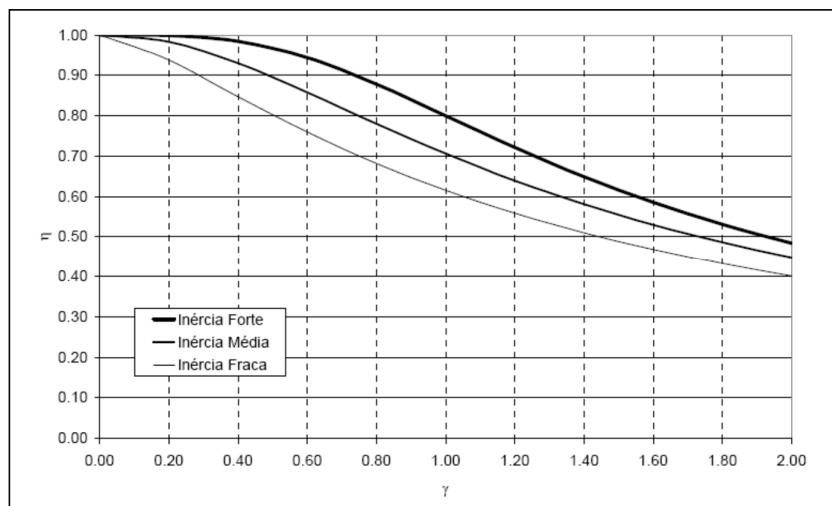


Fig. 2.32 - Fator de utilização dos ganhos térmicos, η , em função do parâmetro γ e da classe de inércia térmica – RCCTE [9]

Os valores de γ elevados, que conduziam a valores de η inferiores a 0,8 indicavam sérios riscos de sobreaquecimento [1].

2.3.5.2. Metodologia de cálculo do fator de utilização de ganhos térmicos pelo REH

Tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento, os respetivos fatores de utilização dos ganhos térmicos (η_i) e (η_v) calculam-se de acordo com as seguintes equações [11]:

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

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (9)$$

- se $\gamma = 1$

$$\eta = \frac{a}{a+1} \quad (10)$$

- se $\gamma < 0$

$$\eta = \frac{1}{\gamma} \quad (11)$$

em que:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve}) \quad (12)$$

- Q_{tr} – transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo, (kWh);
- Q_{ve} – transferência de calor por ventilação na estação em estudo, (kWh);
- Q_g – ganhos térmicos brutos na estação em estudo, (kWh);
- a – parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica.

O parâmetro a é igual a um dos seguintes valores [11]:

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

A metodologia adotada pelo REH é idêntica à adotada pelo RCCTE, com a diferença que a nova regulamentação colmata os casos em que γ é inferior a 0, o que não estava previsto pelo RCCTE.

2.3.6. ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

2.3.6.1. Fator solar de vãos envidraçados na estação de aquecimento

O fator solar de um vão envidraçado (g_{\perp}) é o valor que representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado em relação à radiação solar incidente na direção normal ao vão envidraçado [9].

Na estação de aquecimento, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, os dispositivos de proteção solar móveis devem estar totalmente abertos e nessas circunstâncias é considerado apenas o valor do fator solar do envidraçado [9]. No caso de existirem proteções solares permanentes, isto é, que não sejam móveis e não permitam a sua abertura, estas devem ser considerados no fator solar dos vãos envidraçados onde se encontram, dado que causam uma proteção solar permanente.

Consideram-se vidros correntes o vidro simples incolor de 6 mm ou o vidro duplo incolor com um pano de 4 a 8 mm e outro pano de 5 mm.

As informações acima são válidas para as regulamentações em estudo. No entanto o RCCTE para efeitos de cálculo do fator solar da estação de aquecimento em edifícios habitacionais estipulava que devia ser considerada a existência, pelo menos, de cortinas interiores muito transparentes de cor clara ($g_{\perp} = 0,70$ para vidro simples incolor corrente e $g_{\perp} = 0,63$ para vidro duplo incolor corrente) [9].

Nas figuras seguintes são apresentadas as tabelas com os fatores solares dos envidraçados típicos sem dispositivos de proteção solar.

Composição do vidro		$g_{\perp,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)

Composição do vidro		$g_{\perp,vi}$
Vidro Duplo (ext + int)	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm	0,78
	Incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm	0,75
	Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8 mm	0,60
	Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,55
	Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8 mm	0,50
	Colorido na massa 8mm Incolor 4 a 8 mm	0,45
	Refletante Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,52
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,40
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,35
	Tijolo de Vidro	0,57
	Fosco	(1)

(1) Nas situações de vidro fosco, podem ser utilizados valores de fator solar correspondes às soluções de vidro incolor de igual composição.

Fig. 2.33 – Valores do fator solar dos vidros [11]

Assinaladas a azul estão as diferenças que se verificaram entre regulamentos.

O fator solar do vão envidraçado colorido na massa com 8 mm de espessura apresenta um fator solar atual de 0,50 enquanto no RCCTE o fator solar para o mesmo vidro era de 0,55.

No RCCTE não era feita referência aos vidros foscos, no entanto nas Perguntas e Respostas da ADENE eram dadas indicações para este tipo de vidro [12].

O RCCTE dispunha ainda de uma tabela de vãos envidraçados plásticos, de acordo com a figura que se apresenta de seguida:

Tipo	Factor solar
Policarbonato simples:	
Incolor cristalino (transparente):	
De 4 mm a 6 mm	0,85
De 8 mm a 10 mm	0,80
12 mm	0,78
Incolor translúcido:	
De 4 mm a 6 mm	0,50
Policarbonato alveolar incolor:	
Um alvéolo:	
De 6 mm a 8 mm	0,86
De 10 mm a 16 mm	0,84
Dois alvéolos:	
De 6 mm a 16 mm	0,82
Acrílico incolor cristalino (transparente):	
De 4 mm a 6 mm	0,85
De 8 mm a 10 mm	0,80
12 mm	0,78

Fig. 2.34 – Valores dos fatores solares de vidros plásticos, g_L - RCCTE [9]

Na figura seguinte encontram-se os valores do fator de solar considerando a existência de diversas proteções solares em vidros correntes:

Tipo de Proteção		g_{TVC}					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Fig. 2.35 – Valores dos fatores solares das proteções solares dos vidros correntes, g_{TVC} [11]

Estes valores são transversais ao RCCTE e REH.

O fator solar global de um vão envidraçado com as proteções solares totalmente ativadas, calculam-se através das seguintes equações [11]:

- para vidros simples

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (13)$$

- para vidros duplos

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (14)$$

em que:

- g_{Tvc} – fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente ou móvel totalmente ativado para uma incidência solar normal à superfície do vidro;
- $g_{\perp,vi}$ – fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro.

2.3.6.2. Fator solar de vãos envidraçados na estação de arrefecimento

No RCCTE o fator solar do envidraçado de verão era determinado com dispositivos de sombreamento móveis a 70%, ou seja, o fator solar do vão envidraçado considerava-se igual à soma de 30% do fator solar do vidro mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção móvel ativada (g_{\perp}) [9].

No REH este parâmetro é analisado de forma diferente, é considerado que os dispositivos de proteção solar móveis encontram-se ativos uma fração de tempo, que depende do octante no qual o vão está orientado, de acordo com a seguinte equação [11]:

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) * g_{Tp} \quad (15)$$

em que:

- F_{mv} – fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados;
- g_T – fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;
- g_{Tp} – fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes.

A fração de tempo (F_{mv}) em que os dispositivos móveis se encontram ativados encontra-se disposto na seguinte figura [11]:

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

Fig. 2.36 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, F_{mv} [11]

2.3.6.3. Fatores de sombreamento

Os fatores de correção de sombreamento são causados por obstáculos exteriores ao edifício (outros edifícios, orografia, vegetação), ou criados por elementos do edifício (corpos do mesmo edifício, palas, varandas e elementos de enquadramento do vão externos à caixilharia) [11].

O valor do fator de obstrução calcula-se de acordo com a seguinte equação:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (16)$$

em que:

- F_h – fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;
- F_o – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
- F_f – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, ou outros corpos ou partes de um edifício.

Em nenhum caso o produto deve verificar a seguinte condição:

$$X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f < 0,27 \quad (17)$$

Em que X_j corresponde ao fator de orientação para as diferentes orientações, de acordo com a tabela da figura seguinte:

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

Fig. 2.37 – Fator de orientação, X_j [11]

É ainda considerado que no caso de não existirem palas que o produto entre F_o e F_f toma o valor de 0,90 e basicamente pretende representar o sombreamento do contorno do vão [11].

Nas figuras seguintes são apresentados esquemas e tabelas para cada tipo de sombreamento, que são transversais aos dois regulamentos:

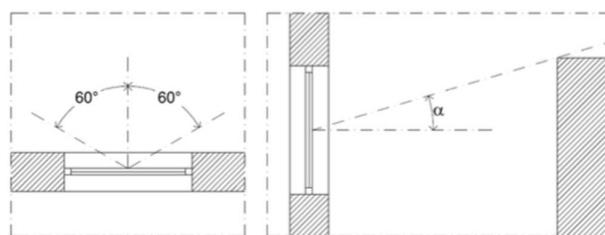


Fig. 2.38 – Ângulo de horizonte [11]

Ângulo do horizonte	Portugal Continental e RAA Latitude de 39°						RAM Latitude de 33°					
	H	N	NE/ NW	E/W	SE/ SW	S	H	N	NE/ NW	E/W	SE/ SW	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10°	0,99	1	0,96	0,94	0,96	0,97	1	1	0,96	0,96	0,97	0,98
20°	0,95	1	0,96	0,84	0,88	0,90	0,96	1	0,91	0,87	0,90	0,93
30°	0,82	1	0,85	0,71	0,68	0,67	0,88	1	0,85	0,75	0,77	0,80
40°	0,67	1	0,81	0,61	0,52	0,50	0,71	1	0,81	0,64	0,59	0,58
45°	0,62	1	0,80	0,58	0,48	0,45	0,64	1	0,80	0,60	0,53	0,51

 Fig. 2.39 – Valores de fator de sombreamento do horizonte, F_h , na estação de aquecimento [11]

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°	1	0,94	0,84	0,76	0,73	1	0,92	0,82	0,68	0,45
45°	1	0,90	0,74	0,63	0,59	1	0,88	0,72	0,60	0,56
60°	1	0,85	0,64	0,49	0,44	1	0,83	0,62	0,48	0,43

 Fig. 2.40 – Valores de fatores de sombreamento de elementos horizontais, F_o , na estação de aquecimento [11]

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

 Fig. 2.41 – Valores de fatores de sombreamento de elementos horizontais, F_o , na estação de arrefecimento [11]

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	1	0,97	0,93	0,91	0,87	0,89
	45°	1	1	1	0,95	0,88	0,86	0,8	0,84
	60°	1	1	1	0,91	0,83	0,79	0,72	0,8
Pala à direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,89	0,87	0,91	0,93	0,97	1	1
	45°	1	0,84	0,8	0,86	0,88	0,95	1	1
	60°	1	0,8	0,72	0,79	0,83	0,91	1	1

Fig. 2.42 – Valores de fatores de sombreamento de elementos verticais, F_v , na estação de aquecimento [11]

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

Fig. 2.43 – Valores de fatores de sombreamento de elementos verticais, F_v , na estação de arrefecimento [11]

No caso de existirem palas verticais à esquerda e à direita do vão, será o produto dos fatores relativos aos ângulos provocados por cada uma das palas.

A diferença entre os regulamentos a este nível é apenas nos critérios de medição dos ângulos de sombreamento, em que pelo RCCTE se faziam à face da parede exterior se a distância entre o envidraçado e a face exterior não fosse superior a 0,15 m, caso contrário era feita relativamente ao envidraçado. No REH esta medição é feita relativamente à face do vidro.

2.3.6.4. Fração envidraçada (F_g)

A fração envidraçada (F_g) traduz a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, sendo dada pela relação área envidraçada e área total do vão envidraçado [1].

Na tabela seguinte são apresentados os valores típicos da fração envidraçada de diferentes tipos de caixilharia adotados por ambas as legislações:

Caixilharia	F_g	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Alumínio ou aço	0,70	0,60
Madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	-

Fig. 2.44 – Fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia [11]

Também para este fator não se verificam diferenças entre as regulamentações.

2.3.6.5. Fator de correção da seletividade angular (F_w)

O fator de correção da seletividade angular dos envidraçados (F_w) traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar direta.

Para efeitos de cálculo da estação de aquecimento o fator toma o valor de 0,90.

Na estação de arrefecimento os fatores de seletividade angular são contabilizados de acordo com a tabela seguinte:

Orientação do vão	$F_{w,v}$				
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

Fig. 2.45 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$ [11]

Para os vãos horizontais este fator toma o valor de 0,90. A este nível também não se verificam diferenças entre as regulamentações em causa.

De uma forma geral as alterações ao nível dos vãos envidraçados verificam-se na determinação dos fatores solares na estação de aquecimento e arrefecimento. Atualmente no inverno o fator solar é determinado em função do vidro e proteções permanentes enquanto no RCCTE se previa a existência de uma cortina muito transparente. No verão o fator solar é determinado em função do vidro, proteções móveis, permanentes e da fração de tempo em que as proteções móveis se encontram ativas por orientação, no RCCTE não existia este conceito, pelo que se considerava que a proteção móvel estava ativa a 70%.

Nos ângulos de sombreamento verifica-se uma diferença no critério de medição dos ângulos, passando a ser à face do vão envidraçado em vez de ser à face da parede.

2.3.7. COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE PERDAS

2.3.7.1. Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ)

O cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como era o caso dos elementos da envolvente interior, eram afetados pelo coeficiente de redução de perdas, τ , que traduzia a redução da transmissão de calor.

A determinação deste valor era feita de acordo com a tabela seguinte:

Tipo de espaço não útil	A_i/A_u (1)		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maior que 10
1 — Circulação comum:			
1.1 — Sem abertura directa para o exterior	0,6	0,3	0
1.2 — Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total < 0,05 m ³ /m ³	0,8	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total ≥ 0,05 m ³ /m ³	0,9	0,7	0,3
2 — Espaços comerciais	0,8	0,6	0,2
3 — Edifícios adjacentes	0,6	0,6	0,6
4 — Armazéns	0,95	0,7	0,3
5 — Garagens:			
5.1 — Privada	0,8	0,5	0,3
5.2 — Colectiva	0,9	0,7	0,4
5.3 — Pública	0,95	0,8	0,5
6 — Varandas, marquises e similares (2)	0,8	0,6	0,2
7 — Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) (3):			
7.1 — Desvão não ventilado	0,8	0,6	0,4
7.2 — Desvão fracamente ventilado	0,9	0,7	0,5
7.3 — Desvão fortemente ventilado		1	

(1) A_i — área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.
 A_u — área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.
 (2) Corresponde aos espaços do tipo varandas e marquises fechadas, ou equivalentes, em que a envolvente de separação com os espaços aquecidos deve satisfazer, obrigatoriamente, os requisitos mínimos de coeficiente de transmissão térmica (U) definidos no anexo IX.
 (3) Os valores de τ indicados neste ponto aplicam-se aos desvãos não habitados (não úteis) de coberturas inclinadas, acessíveis ou não. No caso dos desvãos acessíveis, estes podem não ter qualquer uso ou ser utilizados, nomeadamente, como zona de arrecadações ou espaços técnicos. A caracterização da ventilação baseia-se nas definições que constam do anexo II.

Fig. 2.46 – Valores do coeficiente de redução de perdas, τ [9]

em que:

- A_i — área do elemento que separa o espaço útil do espaço não útil;
- A_u — área do elemento que separa o espaço não útil do exterior.

2.3.7.2. Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr})

No REH este parâmetro passa a ser designado de b_{tr} , e determina-se de acordo com a tabela seguinte:

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 < V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} > 200m^3$	
	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

Nota: Para espaços fortemente ventilados b_{tr} , deverá tomar o valor de 1,0.

Fig. 2.47 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr} [11]

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.

Em edifícios construídos em zonas graníticas, deverá proceder-se à construção de um desvão sanitário fortemente ventilado, ou outra solução, como medida preventiva de redução dos níveis de concentração de radão. Inserem-se na categoria de zonas graníticas, designadamente e com particular destaque, os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco [11].

Para os elementos de construção que separam o espaço com condições de referência de um espaço fechado de um edifício adjacente, deve ser utilizado um valor do coeficiente de redução de perdas $b_{tr} = 0,6$, tal como estipulado pelo RCCTE.

Neste parâmetro verifica-se uma clara diferença de metodologia entre regulamentações, dado que no REH deixou de se fazer o enquadramento do espaço não útil por categorias (circulação comum, arrumos, entre outros) passando a analisar-se o volume e a ventilação do mesmo.

Atualmente a metodologia não prevê coeficientes de redução de perdas inferiores a 0,3, o que acontecia no RCCTE para circulações comuns sem abertura direta para o exterior, ou com abertura permanente para o exterior com área de aberturas permanentes/volume total inferior ou igual a $0,05 m^2/m^3$, bem como em espaços comerciais, ou varandas, marquises e similares cujos valores de A_i/A_u eram superior a 10.

Esta alteração veio trazer uma maior proximidade destes valores à realidade, dado que muitas vezes, em edifícios multifamiliares, nos patamares de acesso às frações em que estes não apresentavam qualquer contacto com o exterior o coeficiente de redução de perdas era 0, o que traduzia que entre a habitação e o patamar não existiam perdas, mas na realidade estes patamares devem ser ventilados e estão a uma temperatura diferente das frações e existem efetivamente perdas.

2.3.8. TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR (R_{ph})

2.3.8.1. Determinação da taxa de renovação do ar pelo RCCTE (R_{ph})

Considerava-se que a fração era dotada de ventilação natural sempre que os edifícios se encontravam em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1, que tinha que ser objeto de demonstração clara e inequívoca pelo responsável pela aplicação do RCCTE, o valor de R_{ph} a adotar era de $0,6 \text{ h}^{-1}$. Nomeadamente, as fachadas dos edifícios deviam dispor de dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis que garantissem os caudais nominais especificados nos compartimentos servidos para uma gama de pressões de 10 Pa a 200 Pa e as portas exteriores ou para espaços não úteis tinham que ter vedação por borracha ou equivalente em todo o seu perímetro. Nestes edifícios não podiam existir quaisquer meios mecânicos de insuflação ou de extração de ar, nomeadamente extração mecânica nas instalações sanitárias e exaustores nas cozinhas.

No entanto, estava previsto no RCCTE que a ventilação seria natural ainda que existisse exaustor na cozinha, pois apenas funcionava durante curtos períodos.

Nesse caso, e nos restantes casos em que os edifícios ou frações eram ventilados naturalmente, o valor de R_{ph} era determinado de acordo com as tabelas das duas figuras seguintes [9]:

Classe de exposição	Dispositivos de admissão na fachada	Permeabilidade ao ar das caixilharias (de acordo com a norma EN 12207)								Edifícios conformes com a NP 1037-1
		Sem classificação		Classe 1		Classe 2		Classe 3		
		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		
		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	
1	Sim	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	0,75	0,65	0,60
	Não	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
2	Sim	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	
	Não	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
3	Sim	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	
	Não	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	
4	Sim	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	
	Não	1,15	1,05	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	

Notas

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

Fig. 2.48 – Valores convencionais de R_{ph} (em h^{-1}) para edifícios de habitação - RCCTE [9]

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	i	II	III
Menor que 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
De 10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
De 18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
Superior a 28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

Notas

- Região A — todo o território nacional, excepto os locais pertencentes à região B.
- Região B — Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e ou de altitude superior a 600 m.
- 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).

Fig. 2.49 – Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou fração autónoma - RCCTE [9]

2.3.8.2. Determinação da taxa de renovação do ar pelo REH (R_{ph})

Segundo o REH, Despacho 15793-K, Sempre que o edifício esteja em conformidade com as disposições da 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 projeto de ventilação requerido por essa norma.

Nos casos em que o edifício não esteja de acordo com a norma NP1037-1, a taxa de renovação horária nominal, R_{ph} , para efeitos do balanço térmico e para a verificação do requisito da taxa mínima de renovação do ar 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, dos sistemas mecânicos ou híbridos, do efeito de impulsão térmica, também denominado de efeito de chaminé e do efeito da ação do vento;
- de acordo com outros dados como alternativa ao previsto no ponto anterior, desde que tecnicamente adequados e justificados num projeto de ventilação.

Na estação de arrefecimento e exclusivamente para efeitos de cálculo, não deverá ser utilizado um valor de $R_{ph,v}$ inferior a $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Na aplicação do previsto na norma EN 15242 podem ser consideradas as simplificações e adaptações descritas nas secções seguintes, bem como podem ser utilizadas ferramentas de cálculo adequadas para resolver a equação de conservação de massa e determinar a pressão interior e os respetivos caudais de ventilação, através da equação 18.

$$\sum_i q_{janelas}(\Delta p_i) + \sum_i q_{caixas \text{ de estore}}(\Delta p_i) + \sum_i q_{grelhas}(\Delta p_i) + \sum_i q_{condutas}(\Delta p_i) + \sum_i V_{fi} = 0 \quad (18)$$

em que:

- $\sum_i q_{janelas}$ – corresponde à soma dos caudais de ar escoados através das frinchas das janelas para a diferença de pressão Δp_i existente na envolvente;
- $\sum_i q_{caixas \text{ de estore}}$ - corresponde à soma dos caudais de ar escoados através das frinchas das caixas de estore para diferenças de pressões Δp_i existente na janela;
- $\sum_i q_{grelhas}$ - corresponde à soma dos caudais de ar escoados através das grelhas de ventilação e para a diferença de pressões Δp_i existente na janela;
- $\sum_i q_{condutas}$ - corresponde à soma dos caudais de ar escoados através das condutas de ventilação e para a diferença de pressões Δp_i existente na conduta;
- $\sum_i V_{fi}$ - corresponde à soma dos caudais de ar escoados através dos ventiladores.

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

Para a determinação da taxa de renovação do ar o LEC criou uma ferramenta de cálculo tipo folha de cálculo.

Para efeitos de cálculo considera-se que o edifício tem uma fachada exposta ao vento quando, para dada orientação, a área dessa fachada representa mais de 70% da área total da fachada da fração e quando existem aberturas de ventilação apenas nessa fachada. Considera-se ainda que os elementos permeáveis da envolvente e as aberturas para ventilação se situam a barlavento, repartidos igualmente por dois níveis diferentes, nomeadamente, 0,25 e 0,75 do pé-direito.

Nos edifícios com duas ou mais fachadas expostas ao exterior considera-se que os elementos permeáveis da envolvente e as aberturas para ventilação se encontram repartidos de igual forma em duas fachadas opostas (uma assumida a sotavento e a outra a barlavento) e a dois níveis diferentes (a 0,25 e 0,75 do pé direito), sendo que para efeitos de proteção do edifício ao vento se assume sempre a condição de melhor exposição ao vento.

Para verificação do valor mínimo de taxa de renovação do ar, não se devem considerar no cálculo da taxa de renovação as infiltrações de ar associadas às caixas de estore e às janelas de classe inferior ou igual a 2.

Efeito da Impulsão Térmica

A diferença de pressão exercida na envolvente (ΔP), associada à impulsão térmica (efeito de chaminé) calcula-se pela seguinte expressão:

$$\Delta P = -\rho \cdot g \cdot H \cdot \left(1 - \frac{273,15 + \theta_{ext,i}}{273,15 + \theta_{ref,i}} \right) \quad [\text{Pa}] \quad (19)$$

em que:

- ρ - massa volúmica de ar exterior que toma o valor 1,22 [kg/m³] a 283,15 K;
- g – aceleração da gravidade, que toma o valor de 9,8 [m/s²];
- H – diferenças 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 18°C.

Efeito da Ação do Vento

O efeito da ação do vento (P_w) na envolvente da fração é traduzido pela expressão de cálculo da pressão exterior numa fachada ou cobertura:

$$P_w = C_{pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \quad [\text{Pa}] \quad (20)$$

em que:

- C_{pi} – coeficiente de pressão aplicável à fachada ou cobertura i ;
- massa volúmica de ar exterior que toma o valor 1,22 [kg/m³] a 283,15 K;
- u – velocidade média do vento no local [m/s].

O coeficiente de pressão, C_p , é determinado em função da altura da fração e do efeito de proteção provocado pelas construções vizinhas, referenciadas ao eixo da fachada da fração em estudo e conforme a tabela da figura seguinte:

Zona da fachada	Proteção 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

Fig. 2.50 – Valores do coeficiente de pressão, C_p [11]

em que:

- H_{FA} – altura da fração em estudo, correspondente à maior distância vertical entre o teto da fração e o nível do terreno [m].

A classe de proteção do edifício é determinada com base na distância aos obstáculos vizinhos e de acordo com a tabela da figura seguinte, sempre que se verifique, pelo menos, uma das seguintes condições:

- caso a fração se encontre na zona inferior do edifício e se verifique que $H_{obs} \geq 0,5 \cdot \min\{H_{edif}; 15\}$; (21)
- caso a fração se encontre na zona média do edifício e se verifique que $H_{obs} \geq 15 + 0,5 \cdot \min\{H_{edif} - 15, 35\}$; (22)

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

Fig. 2.51 – Classe de proteção ao vento da fração [11]

em que:

- H_{edif} – altura do edifício em estudo, correspondente à maior distância vertical entre o ponto do teto da fração mais elevada do edifício (nível da cobertura) e o nível do terreno [m];
- H_{obs} – altura do obstáculo/edifício situado em frente à fachada correspondente à maior distância entre o ponto mais alto da fachada (nível da cobertura) do obstáculo e o nível do terreno do edifício em estudo [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].

Nos casos em que existam vários obstáculos às fachadas, que se traduzam em diversos valores de D_{obs} , deverá ser considerado aquele obstáculo que se traduza na maior distância.

Nos casos em que não se verifiquem nenhuma das condições referidas acima, bem como na ausência de obstáculos ou informação relativa a algumas das distâncias, a classe de proteção deve ser considerada como desprotegido.

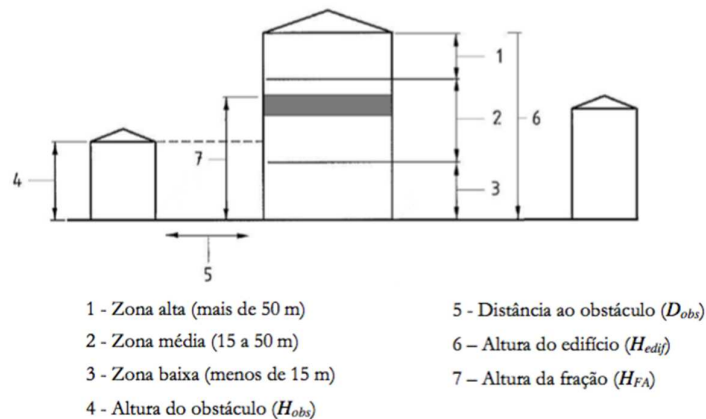


Fig. 2.52 – Indicação das dimensões relevantes para avaliar a proteção ao vento da fração [5]

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 seguintes expressões:

- Na região A

$$u = 11,5 (H_{edif}/z_u)^\alpha \text{ [m/s];} \quad (23)$$

- Na região B

$$u = 12,6 (H_{edif}/z_u)^\alpha \text{ [m/s];} \quad (24)$$

Para efeito do disposto anteriormente, definem-se duas regiões em Portugal da seguinte forma:

- Região A - todo o território Nacional, exceto os locais pertencentes a B;
- Região B – Região Autónoma dos Açores, Região Autónoma da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600 m.

Os parâmetros α e z_u determinam-se de acordo com a tabela da figura seguinte, em função da rugosidade do terreno onde se encontra o edifício, conforme as seguintes definições:

- 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, mediante a inexistência de obstáculos que atenuem o vento.

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

Fig. 2.53 – Parâmetros para cálculo da velocidade média do vento [11]

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 seguinte expressão:

$$q_v = n_{50} \cdot A_p \cdot P_d \cdot \left(\frac{\Delta P}{50}\right)^{0,67} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (25)$$

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) que podem ser caracterizadas de acordo com os princípios referidos seguidamente.

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.

Na ausência de classes determinadas de acordo com os princípios mencionados no número anterior, considera-se a caixilharia sem classe de permeabilidade ao ar.

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

$$q_v = W \cdot (\Delta P/100)^{0,67} \cdot A_{v\text{vãos}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (26)$$

em que:

- W – coeficiente com valor 100, 50, 27, 9 ou 3 para janelas e portas sem classificação, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4, respetivamente;
- $A_{v\text{vãos}}$ – área total dos vãos [m^2].

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

- 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;
- 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);

- 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 seguinte expressão:

$$q_v = 1. (\Delta P/100)^{0,67} \cdot 0,7 \cdot A_{v\tilde{a}os} [m^3/h]; \quad (27)$$

- nos casos não previstos nos pontos 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 seguinte expressão:

$$q_v = 10. (\Delta P/100)^{0,67} \cdot 0,7 \cdot A_{v\tilde{a}os} [m^3/h]; \quad (28)$$

Aberturas de admissão de ar na envolvente exterior

Os tipos de aberturas de admissão de ar na envolvente, são classificados como de 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 seguinte expressão:

$$q_v = 0,281 \cdot \Delta P^{0,5} \cdot A \quad [m^3/h] \quad (29)$$

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

No caso particular de instalações sanitárias sem condutas de evacuação e com janelas exteriores, o efeito da abertura destas janelas na ventilação será estimado com base na aplicação da expressão anterior para uma abertura fixa com área livre até 250 cm² por janela.

No caso de aberturas autorreguláveis pela ação do vento, reportando-se a dispositivos em que a regulação do caudal se inicia a uma diferença de pressão definida pela expressão $\Delta P = x$ Pa, que tipicamente toma os valores de 2, 10 ou 20 Pa, e cujo caudal nominal será M (m³/h), a relação entre o caudal e a diferença de pressão na envolvente será calculada através das seguintes expressões:

- Se $\Delta P \leq x$,

$$q_v = M \cdot (\Delta P/x)^{0,5} \quad [m^3/h]; \quad (30)$$

- Se $\Delta P > x$,

$$q_v = M \cdot 1 + 0,5 \cdot \left(\frac{\Delta P - x}{100 - x} \right) \quad [m^3/h]. \quad (31)$$

A área livre geométrica das aberturas e as curvas pressão/caudal das grelhas autorreguláveis, devem ser obtidas de acordo com o previsto na norma NP EN 13141-1.

Condutas de admissão e de evacuação natural do ar

No cálculo da taxa de renovação horária R_{ph} deve ser considerado o impacto das condutas de admissão ou de exaustão de ar, denominadas chaminés, considerando-se, para efeitos do cálculo do escoamento natural do ar através dessas condutas, as perdas de carga na chaminé e o efeito da localização da sua saída na cobertura, relacionadas pela seguinte expressão:

$$q_v = C \cdot \Delta P^{0,5} \quad [m^3/h]. \quad (32)$$

A constante C determina-se com base em ensaios e cálculos das perdas de carga existentes nas condutas, podendo para efeito de determinação de R_{ph} , ser adotadas as expressões constantes da tabela da figura seguinte, em função do diâmetro das condutas e das obstruções nas aberturas mediante a relação entre a área livre da secção de abertura e área da secção da conduta:

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

Fig. 2.54 – Constante C da curva característica de condutas de ventilação natural

Em que D é o diâmetro da conduta, em milímetros, e L é a altura da conduta, em m, sendo que para condutas de forma retangular o diâmetro equivalente pode ser obtido pela expressão seguinte:

$$D_{eq} = 1,3 \cdot \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \quad [m] \quad (33)$$

sendo as dimensões a e b os lados da conduta de secção retangular (m)..

Condutas de admissão e de evacuação mecânica do ar

Nas frações dotadas de sistemas mecânicos ou híbridos que assegurem a insuflação ou extração de um caudal de ar contínuo, para efeitos de avaliação do desempenho considera-se que se encontra assegurado esse valor do caudal de ar, não sendo necessário definir as respetivas condutas.

Nos sistemas de caudal de ar variável, para efeitos de cálculo é considerado o caudal de ar médio diário.

No RCCTE a determinação das perdas por renovação eram determinadas de uma forma muito mais simplificada que atualmente, passando-se de um processo muito expedito a um processo bastante complexo que necessita de uma folha de cálculo.

2.4. REQUISITOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Os edifícios em função da localização (zona climática) requerem diferentes níveis mínimos de qualidade térmica da envolvente, de forma a evitar condensações interiores em condições normais de funcionamento do edifício e sobreaquecimentos [9].

2.4.1. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMOS - $U_{m\acute{a}x}$

Ao nível dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos ($U_{m\acute{a}x}$) verifica-se uma alteração no valor dos elementos verticais (paredes) do elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas superior a 0,7, como se pode verificar nas figuras seguintes:

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

Fig. 2.55 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos – $U_{m\acute{a}x}$ (W/(m².°C)) (RCCTE) [9]

$U_{m\acute{a}x}$ [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

Fig. 2.56 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos – $U_{m\acute{a}x}$ (W/(m².°C)) (REH) [13]

Nas paredes exteriores e que contactam com espaços não úteis com coeficientes de perdas superiores a 0,7 o valor foi reduzido de 1,80 W/(m².°C) para 1,75 W/(m².°C), de modo a que nas zonas climáticas I1, não sejam paredes simples compostas por um tijolo de 11 cm e rebocadas em ambas as faces, dado que têm um coeficiente de transmissão térmica de 1,78 W/(m².°C), como se pode verificar no seguinte quadro:

Quadro 2.1 – Coeficiente de transmissão térmica superficial de uma parede simples em contacto com espaço não útil

CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,02	0,02	38,00	38,00	
pano de tijolo furado 11 cm		1400	0,11	0,27	154,00	154,00	
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,02	0,02	38,00	38,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,15	0,56	230,00	230	1,78

A diminuição do valor do coeficiente de transmissão térmica máximo para 1.75 W/(m².°C) vai repercutir-se num grau de exigência superior ao nível dos requisitos destas paredes.

2.4.2. PONTES TÉRMICAS PLANAS

Tanto no RCCTE como no REH verificou-se que todas as zonas de qualquer elemento opaco que constituem zona de ponte térmica plana (PTP), nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore devem ter um valor de coeficiente de transmissão térmica (U_{PTP}), calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, não superior ao dobro do dos elementos homólogos adjacentes (verticais ou horizontais) em zona corrente, U_{cor} , de forma a respeitar sempre os valores máximos indicados na figura 2.56, mediante cumprimento cumulativo das seguintes exigências [13]:

$$U_{PTP} \leq 2 \times U_{cor} \quad (34)$$

$$U_{PTP} \leq U_{m\acute{a}x} \quad (35)$$

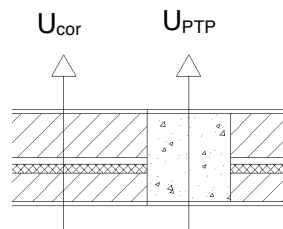


Fig. 2.57 – Zona de parede corrente e zona de ponte térmica plana (pilar)

Ao longo do período de aplicação do RCCTE verificou-se que para conseguir cumprir estas condições não poderíamos ter um coeficiente de transmissão térmica da zona corrente muito

baixo, dado que depois se verificava uma grande dificuldade no cumprimento das premissas acima nas zonas de ponte térmica plana. O REH permite que estas verificações possam ser dispensadas nas situações em o U_{PTP} seja menor ou igual a 0,9 (W/m².°C).

Em grandes remodelações as envolventes que não são intervencionadas não estão sujeitas aos requisitos da qualidade térmica da envolvente acima descritos.

2.4.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Nenhum vão envidraçado da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que serve, desde que não orientado no quadrante Norte (entre Noroeste e Nordeste) pode apresentar um fator solar correspondente ao vão envidraçado com os respetivos dispositivos de proteção 100% ativos que exceda os valores da seguinte tabela:

$g_{Tmáx}$	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Classe de Inércia			
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Fig. 2.58 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ [13]

Para além disto no REH, ainda é necessário obedecer às seguintes condições [13]:

- Se $A_{env} \leq 15\% A_{pav}$ então

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_{Tmáx} \quad (36)$$

- Se $A_{env} > 15\% A_{pav}$ então

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_{Tmáx} \times \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}} \quad (37)$$

em que:

- g_T – fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;
- F_o – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
- F_f – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais ou corpos ou partes do edifício;
- $g_{Tmáx}$ – fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido na tabela da figura 2.58;
- A_{env} – soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento (m²);

- A_{pav} – área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s) (m^2).

Nas grandes intervenções, ao nível do REH, em que se mantenham vãos envidraçados existentes que não sejam substituídos ou intervencionados de alguma forma, estes não estão sujeitos ao cumprimento das premissas acima.

A grande diferença está na inclusão dos fatores de sombreamento por palas verticais e horizontais na verificação do fator solar máximo. Este procedimento torna-se útil nas frações cuja arquitetura não preveja proteções solares dos vãos envidraçados exteriores ou com fatores solares mais baixos. No entanto estas inclusões tornaram esta verificação mais trabalhosa.

2.5. REQUISITOS DE VENTILAÇÃO

No RCCTE a metodologia baseava-se na presunção de que, efetivamente, o edifício, ou fração autónoma, tinham características ou dispositivos apropriados para garantirem, por ventilação natural ou mecânica, a taxa de renovação mínima necessária ($R_{ph}=0,6h^{-1}$) [9].

O REH impõe que o valor de taxa de renovação do ar calculado deve ser igual ou superior ao valor mínimo de renovações horárias definido como igual ou superior a $0,4h^{-1}$ renovações por hora.

2.6. REQUISITOS DOS SISTEMAS TÉCNICOS

Estes requisitos e condições são uma inovação imposta pelo REH e consistem no seguinte [13]:

- as instalações de climatização com potência térmica nominal superior a 25 kW devem ser objeto de elaboração de projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), por projetista reconhecido para o efeito;
- as redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos, incluindo os sistemas de acumulação, sistemas de climatização e/ou de preparação de AQS, devem cumprir com os requisitos de conceção aplicáveis definidos nas tabelas das figuras 2.59, 2.60 e 2.61;
- os sistemas técnicos para climatização devem dispor de mecanismos de controlo e regulação que garantam, pelo menos, a limitação dos valores máximos e mínimos da temperatura do ar interior, conforme o que for aplicável, em qualquer espaço ou grupo de espaços climatizado;
- os sistemas técnicos para climatização com potência térmica nominal igual ou superior a 50 kW, devem dispor de mecanismos de controlo e regulação que garantam, pelo menos, as seguintes funções:

- ✓ regulação da potência de aquecimento e de arrefecimento dos equipamentos às necessidades térmicas do edifício ou espaços climatizados;
 - ✓ possibilidade de controlo do sistema de climatização por espaço ou grupo de espaços, em período de não ocupação;
 - ✓ possibilidade de parametrização de horários de funcionamento.
- os sistemas técnicos devem dispor de marcação CE e estar devidamente caracterizados em termos do seu desempenho energético ou das características técnicas que possam determinar ou afetar esse desempenho, devendo essa caracterização ser evidenciada através de etiqueta energética, sempre que exista um sistema de etiquetagem aplicável que decorra de:
 - ✓ Diretiva Europeia ou legislação nacional em vigor;
 - ✓ reconhecimento formal pelo SCE de sistema estabelecido para esse efeito, mediante Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.
 - para efeito de verificação do disposto no primeiro ponto e nas situações em que o aquecimento for assegurado por uma caldeira mista, a potência térmica nominal que verifica o limite de sujeição a projeto de AVAC é a consagrada ao aquecimento, a qual poderá ser verificada nas especificações do equipamento ou projeto.

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 ⁽¹⁾	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	20	20	30	40	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	20	30	40	40	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	30	30	40	50	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	30	40	50	50	60	50	40	30
D > 140	30	40	50	60	60	50	40	30

(1) Para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária (redes de sistemas secundários sem recirculação), pode-se considerar um valor não inferior a 10mm.

Fig. 2.59 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm] [13]

Espessura (mm)	Condutas e acessórios	
	Ar quente	Ar frio
	20	30

Fig. 2.60 – Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [13]

Equipamentos ⁽¹⁾ e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização e AQS			
		Superfície ≤ 2 m ²	Superfície > 2 m ²
Espessura (mm)		50	80

(1) Para unidades de tratamento de ar e termoventiladores com baterias de aquecimento/arrefecimento, a espessura mínima de isolamento deve ser de 50mm, podendo ter espessura mínima de isolamento de 25mm para caudais inferiores a 1500 m³/h se a sua instalação for em espaço interior coberto e não fortemente ventilado.

Fig. 2.61 – Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [13]

Aos sistemas técnicos a instalar aplicam-se os requisitos de eficiência a seguir indicados [16]:

- os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e chillers de arrefecimento, devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na tabela da figura 2.62, em função da sua classificação pela certificação Eurovent;
- no caso dos sistemas referidos na alínea anterior que não se enquadrem na respetiva categoria Eurovent, mas cujo desempenho tenha sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, que resulta do definido na tabela da figura 2.63, tendo por base o menor valor do intervalo previsto na respetiva matriz de classificação indicada nas tabelas das figuras 2.63 a 2.66;
- as caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na , na forma de classe de eficiência, sendo que o seu rendimento, assim como o dos esquentadores a gás, deve ser superior ao disposto na tabela da figura 2.67;
- as bombas de calor para preparação de água quente destinada a climatização e AQS, devem apresentar o certificado “European Quality Label for Heat Pumps”, ou, em alternativa, o seu desempenho ter sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, EN 14511, tendo um COP mínimo de 2,3;
- as bombas de calor para produção exclusiva de AQS, devem ter um desempenho, determinado de acordo com a EN 16147, caracterizado por um COP mínimo de 2,3;
- os sistemas de preparação de AQS com recursos a termoacumuladores elétricos devem cumprir com o requisito indicado na tabela da figura 2.69 ou outro equivalente previsto em diretivas europeias aplicáveis, e a sua eficiência deve ser obtida em função das perdas estáticas do equipamento Q_{pr} , definida segundo a EN 60739 ou outro referencial equivalente publicado em legislação ou normalização europeia, sendo determinada de acordo com a tabela da figura 2.70.
- os ensaios relativos à avaliação de desempenho pelo referencial normativo aplicável, referidos nos pontos acima devem ser realizados por entidade acreditada para o efeito e comprovados pelo respetivo relatório de ensaio.

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 de dezembro de 2015
Split, multissplit, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo <i>Rooftop</i>		
Unidades do tipo <i>Chiller</i> de compressão (Bomba de calor)		

Fig. 2.62 – Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica [13]

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas
A	$EER > 3,20$	$EER > 3,00$	$COP > 3,60$	$COP > 3,40$
B	$3,20 \geq EER > 3,00$	$3,00 \geq EER > 2,80$	$3,60 \geq COP > 3,40$	$3,40 \geq COP > 3,20$
C	$3,00 \geq EER > 2,80$	$2,80 \geq EER > 2,60$	$3,40 \geq COP > 3,20$	$3,20 \geq COP > 3,00$
D	$2,80 \geq EER > 2,60$	$2,60 \geq EER > 2,40$	$3,20 \geq COP > 2,80$	$3,00 \geq COP > 2,60$
E	$2,60 \geq EER > 2,40$	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,80 \geq COP > 2,60$	$2,60 \geq COP > 2,40$
F	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,20 \geq EER > 2,00$	$2,60 \geq COP > 2,40$	$2,40 \geq COP > 2,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,00$	$COP \leq 2,40$	$COP \leq 2,20$

Fig. 2.63 – Classificação de desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar [13]

Classe	Unidades com permuta exterior a água			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split e multissplit	Unidades compactas	Unidades split e multissplit	Unidades compactas
A	$EER > 3,60$	$EER > 4,40$	$COP > 4,00$	$COP > 4,70$
B	$3,60 \geq EER > 3,30$	$4,40 \geq EER > 4,10$	$4,00 \geq COP > 3,70$	$4,70 \geq COP > 4,40$
C	$3,30 \geq EER > 3,10$	$4,10 \geq EER > 3,80$	$3,70 \geq COP > 3,40$	$4,40 \geq COP > 4,10$
D	$3,10 \geq EER > 2,80$	$3,80 \geq EER > 3,50$	$3,40 \geq COP > 3,10$	$4,10 \geq COP > 3,80$
E	$2,80 \geq EER > 2,50$	$3,50 \geq EER > 3,20$	$3,10 \geq COP > 2,80$	$3,80 \geq COP > 3,50$
F	$2,50 \geq EER > 2,20$	$3,20 \geq EER > 2,90$	$2,80 \geq COP > 2,50$	$3,50 \geq COP > 3,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,90$	$COP \leq 2,50$	$COP \leq 3,20$

Fig. 2.64 – Classificação de desempenho de unidades split, multissplit e compactas, com permuta ar-água [13]

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	$EER > 3,00$	$COP > 3,40$	$EER > 4,40$	$COP > 4,70$
B	$3,00 \geq EER > 2,80$	$3,40 \geq COP > 3,20$	$4,40 \geq EER > 4,10$	$4,70 \geq COP > 4,40$
C	$2,80 \geq EER > 2,60$	$3,20 \geq COP > 3,00$	$4,10 \geq EER > 3,80$	$4,40 \geq COP > 4,10$
D	$2,60 \geq EER > 2,40$	$3,00 \geq COP > 2,60$	$3,80 \geq EER > 3,50$	$4,10 \geq COP > 3,80$
E	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,60 \geq COP > 2,40$	$3,50 \geq EER > 3,20$	$3,80 \geq COP > 3,50$
F	$2,20 \geq EER > 2,00$	$2,40 \geq COP > 2,20$	$3,20 \geq EER > 2,90$	$3,50 \geq COP > 3,20$
G	$EER \leq 2,00$	$COP \leq 2,20$	$EER \leq 2,90$	$EER \leq 3,20$

Fig. 2.65 – Classificação de desempenho de unidades do tipo Rooftop [13]

Classe	Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	EER ≥ 3,1	COP ≥ 3,2	EER ≥ 5,05	COP ≥ 4,45
B	3,1 > EER ≥ 2,9	3,2 > COP ≥ 3,0	5,05 > EER ≥ 4,65	4,45 > COP ≥ 4,15
C	2,9 > EER ≥ 2,7	3,0 > COP ≥ 2,8	4,65 > EER ≥ 4,25	4,15 > COP ≥ 3,85
D	2,7 > EER ≥ 2,5	2,8 > COP ≥ 2,6	4,25 > EER ≥ 3,85	3,85 > COP ≥ 3,55
E	2,5 > EER ≥ 2,3	2,6 > COP ≥ 2,4	3,85 > EER ≥ 3,45	3,55 > COP ≥ 3,25
F	2,3 > EER ≥ 2,1	2,4 > COP ≥ 2,2	3,45 > EER ≥ 3,05	3,25 > COP ≥ 2,95
G	EER < 2,1	COP < 2,2	EER < 3,05	COP < 2,95

Fig. 2.66 – Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão [13]

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 de dezembro de 2015
Caldeira	B ⁽¹⁾	A

(1) - Classe A, caso as temperaturas de funcionamento da instalação não permitam o aproveitamento da energia libertada pela condensação dos gases de combustão.

Fig. 2.67 – Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras [13]

	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
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{kW}$	$\geq 0,84$

(1) A temperatura de retorno deverá ser inferior a 50°C (caldeiras a gás) ou 45°C (caldeiras a gásóleo).

(2) A temperatura média da água na caldeira deverá ser inferior a 60°C.

Nota 1: As classes C a F correspondem a aparelhos fabricados antes de 1996.

Nota 2: As caldeiras de potência útil superior a 400 kW deverão evidenciar um rendimento útil superior ou igual ao exigido para aquela potência.

Fig. 2.68 – Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores [13]

Volume V [l]	Dispersão Térmica Q_{pr} [kWh/24h]
$V \leq 200$ l	$Q_{pr} \leq (21 + 10,33.V^{0,4}).24/1000$
$200 < V \leq 500$ l	$Q_{pr} \leq (26 + 13,66.V^{0,4}).24/1000$
$500 < V \leq 1000$ l	$Q_{pr} \leq (31 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$
$1000 < V \leq 2000$ l	$Q_{pr} \leq (38 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$

Fig. 2.69 – Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores, Q_{pr} , [kWh/24h] [13]

Intervalos de Q_{pr} [kWh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0,97
$1 \leq Q_{pr} < 1,5$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,5$	0,93

Fig. 2.70 – Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} [13]

2.7. REQUISITOS DOS SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

O RCCTE definiu que o recurso a coletores solares térmicos para aquecimento de água quente sanitária nos edifícios era obrigatória sempre que existisse uma exposição solar adequada, na base de 1 m² de coletor por ocupante convencional previsto, conforme definido na metodologia de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento de águas quentes sanitárias.

Entendia-se como exposição solar adequada a existência de cobertura em terraço ou de cobertura inclinada com água cuja normal estivesse orientada numa gama de azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste, que não fossem sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois de nascer do Sol e termina duas horas antes do acaso. Este valor poderia ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível.

Em alternativa à utilização de coletores solares térmicos o RCCTE permitia que fossem utilizadas quaisquer outras formas renováveis de energia que captassem, numa base anual, energia equivalente à dos coletores solares, podendo ser utilizada para outros fins que não a do aquecimento de água se tal for mais eficiente ou conveniente.

Para que a contribuição dos sistemas solares na preparação de AQS (E_{solar}) pudesse ser considerada para fins de cálculo no RCCTE, deviam ser verificadas algumas condições que procuravam assegurar a qualidade dos equipamentos e da instalação e manutenção de todo o sistema, nomeadamente [14]:

- os sistemas ou equipamentos deviam ser certificados, ou seja, deviam ostentar a marca Certif ou a marca Solar Keymark, sendo observado tal requisito pela apresentação do Certificado com as marcas indicadas;
- a instalação deveria ser realizada por um técnico acreditado, sendo verificado através da exibição do Certificado de Aptidão Profissional (CAP) de Técnico Instalador de Sistemas Solares Térmicos, emitido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), de acordo com a Portaria 1451/2004, de 26 de Novembro de 2004;
- o sistema tinha que dispor de uma garantia de manutenção por um período mínimo de 6 anos após a instalação, comprovado através da apresentação de um Contrato de Manutenção válido pelo período indicado.

A determinação da contribuição solar, E_{solar} , era feita com o programa de cálculo *Solterm*, onde se encontrava definido o coletor solar padrão.

Tal como no RCCTE, no REH os sistemas de coletores solares térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores solares padrão com as seguintes características [13]:

- orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- apresentação dos seguintes parâmetros geométricos, óticos e térmicos:
 - ✓ planos com área de abertura de 0,65 m² por ocupante convencional;
 - ✓ rendimento ótico de 73%;
 - coeficientes de perdas térmicas $a_1=4,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $a_2=0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$;
 - ✓ modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

Em alternativa à utilização de sistemas solares térmicos prevista no número anterior, podem ser considerados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis que visem assegurar, numa base anual, a obtenção de energia equivalente ao sistema solar térmico.

As caldeiras, recuperadores de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível sólido devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na tabela seguinte, determinada mediante ensaio de acordo com a respetiva referência normativa [16].

Equipamento	Eficiência	Norma/Referência Aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	≥ 0,75
	Granulados	≥ 0,85
Recuperadores de calor e salamandras	≥ 0,75	EN13229 EN13240 EN14785

Fig. 2.71 – Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa [16]

As instalações para aproveitamento de energia solar térmica a instalar devem ser composta por sistemas e/ou coletores certificados de acordo com as Normas EN 12976 ou 12975, respetivamente [13].

No caso de instalações com área de captação superior a 20 m², é necessário projeto de execução elaborado de acordo com o especificado na referida Portaria no 701-H/2008, de 29 de julho [13].

No caso dos sistemas solares dotados de resistência de apoio elétrico dentro do depósito de armazenamento, a instalação deve incluir um relógio programável e acessível, para atuação da resistência de forma que, durante o dia, o depósito possa receber energia proveniente do coletor solar [13].

Independentemente do tipo de sistema para aproveitamento de fontes de energia renováveis a instalar, estes devem [13]:

- respeitar os demais requisitos de projeto e de qualidade dos equipamentos e componentes aplicáveis no âmbito da legislação, regulamentação e normas portuguesas em vigor;
- ser instalados por instalador devidamente qualificado no âmbito de sistemas de qualificação ou acreditação aplicáveis, sempre que a sua aplicação decorra de:
 - ✓ Diretiva Europeia ou legislação nacional em vigor;
 - ✓ despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.
- registo da instalação e manutenção em base de dados criada e gerida pela entidade gestora do SCE, em condições a definir por Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia (ainda não existente).

No Despacho 15793-H/2013 estão publicadas as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energias renováveis como o sistemas solares fotovoltaicos, sistemas eólicos, biomassa, mini-hídrica, aerotérmica e geotérmica.

2.8. REQUISITOS ENERGÉTICOS

Para cada fração autónoma é necessário proceder ao cálculo das necessidades energéticas que terão que ser inferiores aos valores limites de referência para as necessidades nominais de energia útil.

No RCCTE esta verificação era feita ao nível das necessidades energéticas da estação de aquecimento (N_{ic}), das necessidades energéticas da estação de arrefecimento (N_{vc}), das necessidades energética para aquecimento e produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e das necessidades, em termos de energia primária em função das formas de energia final utilizadas (N_{tc}).

Todas estas necessidades deviam ser inferiores aos valores limite das necessidades de energia útil para aquecimento (N_i), arrefecimento (N_v), para produção e aquecimento de águas quentes sanitárias (N_a) e às necessidades globais de energia primária N_{ac}), de acordo com o representado esquematicamente na figura 2.72.



Fig. 2.72 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos pelo RCCTE [3]

Estas verificações eram feitas de igual forma para edifícios ou frações novas, grandes reabilitações e ampliações (aplicando-se à zona ampliada).

No REH a verificação passou a ser feita para o edifício de referência, não havendo verificações específicas nos requisitos energéticos para AQS.

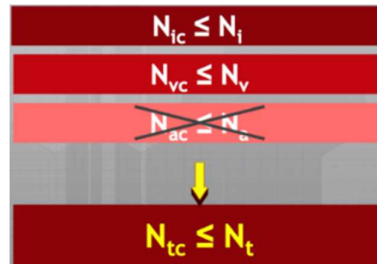


Fig. 2.73 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos do REH para edifícios ou frações novas [18]

Estes critérios são aplicáveis aos edifícios novos. Para edifícios de habitação existentes sujeitos a grande intervenção os critérios variam de acordo com a idade do edifício existente, como é possível ver na tabela seguinte:

Ano de construção	N_{ic} / N_i	N_{vc} / N_v	N_{tc} / N_t
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

Fig. 2.74 – Verificação regulamentar dos requisitos energéticos do REH para edifícios existentes sujeitos a grande intervenção [16]

Isto implica que tanto as zonas intervencionadas como as zonas não intervencionadas são contabilizadas para efeitos da análise dos requisitos energéticos, de forma a cumprir as verificações regulamentares.

No caso das ampliações em que não se pretende intervir na zona existente, a análise é feita à totalidade da fração.

2.9. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PELO RCCTE

2.9.1. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_i)

A limitação das necessidades nominais de aquecimento (N_i) era avaliada em função do fator de forma do edifício ou fração autónoma e dos Graus Dias (GD) correspondentes ao concelho onde o edifício se localizava [7].

O fator de forma de uma fração autónoma (FF) definia-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior, e da envolvente interior, através das quais se verificavam as trocas de calor e o volume útil interior (V) e traduzia a compacidade dessa fração.

A determinação do Fator de Forma (FF) incluía todos os elementos da envolvente interior e exterior como se ilustra na expressão seguinte. Cada elemento da envolvente interior deveria ser afetado do coeficiente τ , correspondente ao espaço não-útil adjacente [3].

$$FF = \frac{\Sigma A_{ext} + \Sigma(\tau * A_{int})}{V} \quad (38)$$

com:

- A_{ext} – Área da envolvente exterior [m^2];
- A_{int} – Área da envolvente interior [m^2];
- τ - Coeficiente de afetação da envolvente interior;
- V – Volume da fração autónoma [m^3].

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

Deste modo, o RCCTE estipulava que cada fração autónoma de um edifício, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta o aproveitamento dos ganhos solares e internos e de outras formas de energias renováveis não podia exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_i , determinado com base na expressão do quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Necessidades nominais de referência de aquecimento [8]

FATOR DE FORMA	N_i
$FF \leq 0,5$	$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$
$0,5 < FF \leq 1,0$	$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 * FF) \text{ GD}$
$1,0 < FF \leq 1,5$	$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 * FF) \text{ GD}] * (1,2 - 0,2FF)$
$FF > 01,5$	$N_i = 4,5 + 0,021 + 0,06885 * FF$

2.9.2. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_v)

O RCCTE determinava que cada fração autónoma de um edifício não podia, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta a existência de ganhos solares e internos, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_v .

No quadro 2.3 apresentam-se os valores limites impostos pelo RCCTE (artigo 15º) para as necessidades nominais de referência de arrefecimento, N_v , expressos em função da zona climática de verão [12].

Quadro 2.3 – Necessidades nominais de referência de arrefecimento - N_v [1]

ZONA	N_v (kWh/m ² .ano)
V ₁ - N	16
V ₁ - S	22
V ₂ - N	18
V ₂ - S	32
V ₃ - N	26
V ₃ - S	32
Açores	21
Madeira	23

2.9.3. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (N_a)

Ao nível da produção de águas quentes sanitárias o RCCTE preconizava que cada fração autónoma de um edifício não podia, sob condições e padrões de utilização nominais, como resultado dos tipos e eficiências dos equipamentos de produção de água quente sanitária, bem como da utilização de formas de energias renováveis, exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (N_a) [7].

O limite das necessidades de energia para preparação de águas quentes (N_a) era estabelecido em função do consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias - M_{AQS} , do número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias - n_d e da área útil de pavimento - A_p , cujos valores diferiam consoante se trate de edifícios residenciais ou de serviços (Quadro 2.4).

Para a determinação do limite das necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_a) recorria-se à seguinte expressão:

$$N_a = \frac{0,081 \times M_{AQS} \times n_d}{A_p} \quad (39)$$

com:

- M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias [litros];
- n_d – Número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias [dias];
- A_p – Área útil de pavimento [m²].

Quadro 2.4 – Consumo anual de águas quentes sanitárias em edifícios residenciais [8]

TIPOLOGIA	MAQS.		nd	Consumo Anual de Águas Quentes Sanitárias
	Consumo médio diário por ocupante (litros)	Ocupantes	Período de Consumo	
T0 e T1		2		29200
T2	40	3	365	43800
T3		4		58400
Tn		n+1		(n+1) * 40 * 365

2.9.4. LIMITAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_t)

O RCCTE impunha que o valor das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária para cada fração autónoma N_{tc} nunca poderia exceder o valor de referência N_t definido com base nos valores das necessidades de referência relativamente ao aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes, N_i , N_v e N_a , respetivamente.

$$N_t = 0,9 * (0,01 * N_i + 0,01 * N_v + 0,15 * N_a) \text{ [kgep/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (40)$$

com:

- N_i – Limitação das necessidades anuais de aquecimento do edifício;
- N_v – Limitação das necessidades anuais de arrefecimento do edifício;
- N_a – Limitação das necessidades anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias.

O fator 0,9 pretendia traduzir o princípio de que um edifício que cumprisse estritamente o mínimo exigido pelo RCCTE em termos de qualidade térmica da envolvente (N_i e N_v) e dos respetivos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de AQS, não seria regulamentar. Para o ser, teria que ser 10% melhor do que a soma ponderada dos requisitos mínimos de qualidade (N_i , N_v e N_a) [3].

2.10. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PELO REH

2.10.1. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_i)

O valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i) é determinado considerando os valores e condições de referência e é obtido através da seguinte equação [13]:

$$N_i = \frac{(Q_{tr,iref} + Q_{ve,iref} + Q_{gu,iref})}{A_p} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (41)$$

em que:

- $Q_{tr,iref}$ - Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento em kWh;
- $Q_{ve,iref}$ - Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento em kWh;
- $Q_{gu,iref}$ - Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento, em kWh;
- A_p - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em m².

O valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente, $Q_{tr,iref}$, deve ser determinado considerando [13]:

- coeficientes de transmissão térmica superficial de referência (U_{ref}) para elementos opacos e envidraçados previstos na figura 2.75, em função do tipo de elemento da envolvente e da zona climática;
- coeficientes de transmissão térmica linear (ψ_{ref}) indicados na figura 2.76, em função do tipo de ligação entre elementos da envolvente do edifício;
- área de vãos até 20% da área interior 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 usados os respetivos U_{ref} que constam da figura 2.75.

O valor de referência da transferência de calor por ventilação através da envolvente, $Q_{ve,iref}$, deve ser determinado considerando uma taxa de renovação de ar de referência ($R_{ph,ref}$) igual à taxa de renovação para o edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora [13].

O cálculo dos ganhos de calor úteis $Q_{gu,iref}$, deve ser determinado considerando [13]:

- ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar ($Q_{sol,i}=G_{Sul} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p$) e internos;
- fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento de referência ($\eta_{iref}=0,60$).

U_{ref} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,80	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	1,50	1,40	1,30
	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,85	0,75	0,65
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		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.

Fig. 2.75 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} (W/(m².°C)) [13]

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.

Fig. 2.76 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, ψ_{ref} (W/(m.°C)) [13]

2.10.2. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_v)

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_v) de um edifício será calculado de acordo com a seguinte expressão [13]:

$$N_v = \frac{(1-\eta_{ref}) \cdot Q_{g,vref}}{A_p} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (42)$$

em que:

- η_{ref} - fator de utilização de ganhos de referência;
- $Q_{g,vref}$ - Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, em kWh;
- A_p - Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, em m².

Sendo estes parâmetros determinados de acordo com o exposto nos pontos seguintes [13]:

- o fator de utilização de ganhos de referência na estação de arrefecimento é dado pela equação:

$$\eta_{vref} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \ln \Delta\theta & \Delta\theta > 1 \\ 0,45 & 0 < \Delta\theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta\theta \leq 0 \end{cases} \text{ e } \Delta\theta = \theta_{ref,v} - \theta_{ext,v} \quad (43)$$

em que:

- ✓ $\theta_{ref,v}$ - temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, contabilizada em 25 °C;
- ✓ $\theta_{ext,v}$ - temperatura exterior média na estação de arrefecimento no local, de acordo com Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia (°C).
- Os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, são dados pela expressão seguinte, tendo em conta os parâmetros de referência abaixo indicados:

$$\frac{Q_{g,vref}}{A_p} = \left[q_{int} \times \frac{L_v}{1000} + g_{vref} \left(\frac{A_w}{A_p} \right)_{ref} \times I_{solref} \right] \text{ [kWh/m}^2 \text{]} \quad (44)$$

em que:

- ✓ q_{int} – ganhos internos médios, contabilizados em 4 W/m²;
- ✓ I_{solref} – radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, de acordo com Despacho do Diretor Geral de Energia e Geologia (kWh/(m².ano));
- ✓ L_v – duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas;
- ✓ $(A_w/A_p)_{ref}$ – razão entre a área de vãos e a área interior útil de pavimento, que se assume igual a 20%;

- ✓ g_{ref} – fator solar de referência para a estação de arrefecimento, contabilizado em 0,43.

2.10.3. VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_t)

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 preparação de águas quentes sanitárias (AQS), considerando de igual modo os valores e condições de referência indicados na figura 2.77 para os principais parâmetros, em substituição das soluções previstas ou instaladas no edifício e calculando de acordo com a seguinte expressão [13]:

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \text{ [kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (45)$$

em que:

- 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 preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano];
- $f_{i,k}$ - Parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k;
- $f_{v,k}$ - Parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência k;
- $f_{a,k}$ - Parcela das necessidades de energia de preparação de AQS 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 ambiente e preparação de AQS;
- j - Fonte de energia;
- A_p – Área útil de pavimento;
- $F_{pu,j}$ - Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt-hora de energia primária por kWh [kWh_{EP}/kWh].

O termo da expressão anterior referente à preparação de AQS será calculado com base nos valores previstos para o consumo médio diário de referência, e com o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados para o efeito, conforme disposto na figura 2.77 [13].

Para os efeitos do parágrafo anterior, o fator de eficiência hídrica (f_{eh}) é igual a 1,0 [13].

Nas situações em que um ou mais dos sistemas técnicos do edifício não se enquadrem nas soluções de referência especificadas na figura 2.77, o cálculo do N_t deverá considerar as respetivas soluções com a expressão “*outros sistemas*” [13].

Tipo de sistema	Soluções de referência
Sistemas para aquecimento ambiente	<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 I.16 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 I.10, 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, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
Sistemas para arrefecimento ambiente	<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 I.10, 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 I.10 e no caso de “outros sistemas” que não se enquadrem na situação anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
Preparação de AQS	<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 I.16. referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. • 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, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. • Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

Fig. 2.77 – Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do N_t [16]

2.11. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS PELO RCCTE

A verificação da conformidade regulamentar fazia-se através do cálculo detalhado, para cada fração autónoma, das necessidades de aquecimento (N_{ic} , RCCTE - Anexo IV), de arrefecimento (N_{vc} , RCCTE - Anexo V), de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac} , RCCTE – Anexo VI) e nominais globais de energia primária (N_{tc} , RCCTE – n.º 4 do artigo 15.º). Assim, para que o RCCTE fosse verificado, era necessário que, para cada fração autónoma, os valores parcelares das necessidades nominais de energia não excedessem os valores máximos admissíveis correspondentes [3].

Embora as necessidades nominais de aquecimento e de arrefecimento não traduzissem as necessidades energéticas reais de uma fração autónoma em virtude de poderem ocorrer diferenças substanciais, quer por excesso, quer por defeito, entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos deste Regulamento, elas permitiam no entanto comparar entre si, objetivamente, os edifícios ou frações autónomas quanto ao comportamento térmico. Valores elevados indiciavam que seria necessário utilizar mais energia para se obterem condições de conforto térmico pelo que, quanto maiores forem os seus valores, mais frios e mais quentes seriam os edifícios, respetivamente, no inverno e no verão [3].

Seguidamente, apresentam-se as disposições gerais referentes à metodologia preconizada pelo RCCTE para a determinação das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}), das necessidades nominais de arrefecimento (N_{vc}), das necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e das necessidades nominais de energia primária (N_{ic}) [3].

2.11.1. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO (N_{ic})

As necessidades nominais de aquecimento de uma fração autónoma (N_{ic}) eram calculadas para a duração convencional da estação de aquecimento da localidade em que se situava o edifício e correspondiam à energia útil que era necessária fornecer para que no interior fosse mantida uma temperatura constante de 20°C. O método utilizado baseava-se na seguinte expressão [7]:

$$N_{ic} = \frac{Q_t + Q_v - Q_{gu}}{A_p} \quad (46)$$

com:

- Q_t – Perdas de calor por condução através da envolvente do edifício;
- Q_v – Perdas de calor resultantes da renovação de ar;
- Q_{gu} – Ganhos de calor úteis, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados;
- A_p – Área útil da fração autónoma.

Quanto maior fosse este valor mais frio era o edifício no inverno, logo mais energia era necessária consumir para manter o conforto desejado [3].

2.11.1.1. Perdas de calor por condução através da envolvente do edifício

As perdas de calor por condução através da envolvente do edifício, Q_t , obtinham-se pela soma das perdas pelas envolventes em contacto com o exterior, em contacto com locais não aquecidos, por pavimentos e paredes em contacto com o terreno e perdas térmicas lineares, como se ilustra nos quadros seguintes:

Quadro 2.5 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através da envolvente exterior e interior – síntese das equações [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
ENVOLVENTE EM CONTACTO COM O EXTERIOR - Q_{EXT} [kWh]	$Q_{EXT} = 0,024 * \sum_j (U_j * A_j * GD)$	U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado), [W/m ² .°C]; A_j – Área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente, [m ²]; GD – Número de graus dias [°C.dias] da localidade em que o edifício se situa.	RCCTE, Anexo VII, parágrafo 1 e publicações LNEC RCCTE, Anexo III
ENVOLVENTE EM CONTACTO COM LOCAIS NÃO - AQUECIDOS - Q_{lna} [kWh]	$Q_{lna} = 0,024 * \sum_j (U_j * A_j * GD) * \tau$	τ – Coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não - aquecidos.	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.1

Quadro 2.6 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas parcelares de calor por condução através da envolvente em contato com o solo e das pontes térmicas lineares – síntese das equações [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
PAREDES E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O TERRENO - Q_{pe} [kWh]	$Q_{pe} = 0,024 * \sum_j (\psi_j * B_j * GD)$	ψ_j – coeficiente de transmissão térmica linear do elemento j em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear j , [W/m.°C]; B_j – desenvolvimento linear (medido pelo interior) do elemento j em contacto com o terreno, ou da ponte térmica linear j , [m];	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.2.1, Tabela IV.2.2
PONTES TÉRMICAS LINEARES - Q_{pt} [kWh]	$Q_{pt} = 0,024 * \sum_j (\psi_j * B_j * GD)$	GD – Número de graus dias [°C.dias] da localidade em que o edifício se situa.	RCCTE, Anexo III

2.11.1.2. Perdas de calor por renovação do ar

As perdas de calor resultantes da renovação de ar, Q_v , surgiam devido à ventilação natural ou mecânica existente na fração em estudo, e obtinham-se através da expressão do quadro seguinte [3].

Quadro 2.7 – Necessidades nominais de aquecimento. Perdas de calor por renovação do ar, Q_v – síntese das equações [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
RENOVAÇÃO DO AR - Q_v [kWh]	$Q_v = 0,024 * (0,34 * R_{ph} * A_P * P_d) * GD * (1 - \eta_v)$	R_{ph} – n° de renovações horárias do ar interior, [h^{-1}];	RCCTE, Anexo IV: 3.2.1-ventilação natural 3.2.2-ventilação mecânica
		A_P – área útil de pavimento, [m^2]; P_d – pé direito, [m];	
	GD – Número de graus dias [$^{\circ}C.dias$] da localidade em que o edifício se situa.	RCCTE, Anexo III	
	η_v – rendimento do eventual sistema de recuperação de calor ($\eta_v = 0$, caso não haja recuperador);	Especificação do fabricante do equipamento	
	Adicionar, se houver ventiladores mecânicos: $E_v = P_v * 24 * 0,03 * M$	E_v – valor médio mensal da energia elétrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação [kWh]; P_v - somatório das potências elétricas dos ventiladores instalados [W]; M – duração convencional da estação de aquecimento [meses].	Placas de características dos equipamentos instalados RCCTE, Anexo III

2.11.1.3. Ganhos úteis de calor

Os ganhos térmicos úteis, Q_{gu} , resultavam do aproveitamento de parte dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados Q_s e dos ganhos internos brutos, Q_i , resultantes da iluminação, utilização de equipamentos e presença de ocupantes. Os ganhos térmicos totais brutos, Q_g , obtinham-se pelo somatório dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados e dos ganhos internos brutos, cujas expressões de cálculo se apresentam seguidamente [3]:

Quadro 2.8 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos solares brutos, Q_s – síntese das equações [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA	
GANHOS SOLARES BRUTOS ATRAVÉS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS - Q_s [kWh]	$Q_s = G_{SUL} * \sum_j [X_j \sum_n (A_{snj})] * M$	G_{sul} – Energia solar média mensal incidente durante a estação de aquecimento numa superfície vertical de área unitária orientada a Sul, [kWh/m ² .mês];	RCCTE, Anexo III, Quadro III.8	
		X_j – Fator de orientação para as diversas exposições j;	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.4	
		A_{snj} – Área efetiva do vão n segundo a orientação j, [m ²];		
		A – Área total da janela (vidro mais caixilho), [m ²];		
		Fatores de sombreamento:		
		F_h – pelo horizonte;	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.5	
		F_o – por elementos horizontais (palas, varandas);	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.6	
		F_f – por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos);	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.7	
		F_g – devido ao caixilho;	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.5	
		F_w – devido à seletividade angular dos envidraçados, o qual toma o valor 0,9 por defeito;		
	g_{\perp} – fator solar do conjunto vidro e proteção;	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.4		
	$G_{SUL} * \sum_n (A * F_h * F_o * F_f * F_g * F_w * g_{\perp})_{nj}] * M$			

Quadro 2.9 – Necessidades nominais de aquecimento. Ganhos internos brutos, Q_i – síntese das equações [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
GANHOS INTERNOS BRUTOS - Q_i [kWh]	$Q_i = q_i * M * A_p * 0,720$	q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil [W/m ²];	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.3RCCTE, Anexo III
		M – duração convencional da estação de aquecimento [meses].	RCCTE, Anexo III
		A_p – área útil de pavimento, [m ²];	

Os ganhos internos eram considerados constantes durante todas as horas de funcionamento do edifício. Por exemplo, num edifício residencial, admitia-se que durante toda a estação de

aquecimento (com a duração de M meses) o valor de q_i era, em média igual a 4 W/m² durante 24 horas por dia [3].

Uma vez calculada a relação entre os ganhos térmicos totais brutos Q_g ($Q_s + Q_i$) e as perdas totais ($Q_t + Q_v$), de acordo com a expressão seguinte [3]:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_t + Q_v} \quad (47)$$

determinava-se o fator de utilização dos ganhos solares η através da metodologia apresentada no subcapítulo 2.4.5.1.

Os ganhos térmicos úteis obtinham-se da seguinte forma [3]:

$$Q_{gu} = \eta * Q_g \quad (48)$$

2.11.2. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO (N_{vc})

As necessidades nominais de arrefecimento eram determinadas em todo o país considerando quatro meses de duração da estação de arrefecimento (Julho a Setembro), correspondendo à energia útil que seria necessário retirar para que no interior não fosse excedida a temperatura de 25°C. O método baseava-se na seguinte expressão [3]:

$$N_{vc} = \frac{Q_g * (1 - \eta)}{A_p} \quad (49)$$

com:

- Q_g – Balanço entre ganhos e perdas térmicas do edifício;
- $1 - \eta$ – factor de utilização dos ganhos solares internos na estação de arrefecimento;
- A_p – Área útil da fração autónoma.

2.11.2.1. Fator de utilização

O cálculo do fator de utilização $\eta_{arref} = 1 - \eta$, é feito através da figura 2.32 ou das correspondentes equações, tendo em atenção que η_{arref} era obtido a partir da razão (γ) entre os ganhos térmicos totais brutos Q_g , que resultavam do seguinte somatório [3]:

$$Q_g = (Q_i + Q_s + Q_{opaco}) \quad (50)$$

com:

- Q_i – Ganhos internos;
- Q_s – Ganhos solares através dos envidraçados;
- Q_{opaco} – Ganhos solares através da envolvente opaca.

2.11.2.2. Perdas pela envolvente e renovação do ar

Nos quadros seguintes encontram-se sintetizadas as equações utilizadas para determinar as perdas associadas aos elementos da envolvente exterior e por renovação do ar [3].

Quadro 2.10 – Perdas associadas aos elementos da envolvente exterior [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
ENVOLVENTE EM CONTACTO COM O EXTERIOR - Q _{EXT} [kWh]	$Q_{EXT} = 2,928 * \sum_j [U_j * A_j * (\theta_i - \theta_{atm})]$	U_j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado), [W/m ² .°C];	RCCTE, Anexo VII, parágrafo 1 e publicações LNEC
		A_j – Área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente, [m ²];	
		θ_i - Temperatura interior de referência de Verão – 25 °C;	RCCTE, Anexo III
		θ_{atm} - Temperatura média do ar exterior (°C).	

Quadro 2.11 – Perdas por renovação do ar [3]

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA	
RENOVAÇÃO DO AR - Q _V [kWh]	$Q_V = 2,928 * (0,34 * R_{ph} * A_P * P_d) * (\theta_{atm} - \theta_i)$	R_{ph} – n° de renovações horárias do ar interior, [h ⁻¹];	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.1	
		A_P – área útil de pavimento, [m ²];		
		P_d – pé direito, [m];		
	Adicionar, se houver ventiladores mecânicos: $E_v = P_v * 24 * 0,03 * M$		θ_{atm} - temperatura média do ar exterior;	RCCTE, Anexo III
			θ_i - Temperatura interior de referência de verão - 25°C;	
			E_v – valor médio mensal da energia elétrica consumida pelo eventual sistema mecânico de ventilação [kWh];	
		P_v - somatório das potências elétricas dos ventiladores instalados [W];	Placas de características dos equipamentos instalados	
		M – duração convencional da estação de aquecimento [meses].	RCCTE, Anexo III	

2.11.2.3. Ganhos totais brutos

Para a estação de arrefecimento, os ganhos totais eram obtidos pelo somatório dos ganhos internos (quadro 2.12) e dos ganhos solares através dos vãos envidraçados (figura 2.13) e da envolvente exterior opaca (figura 2.14). A metodologia de cálculo para os ganhos internos era igual à utilizada para a estação de aquecimento [3].

Quadro 2.12 – Ganhos internos [3]

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
GANHOS INTERNOS - Q_i [kWh]	$Q_i = q_i * A_P * 2,928$	q_i – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de pavimento útil [W/m^2];	RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.3RCCTE, Anexo III
		A_P – área útil de pavimento, [m^2];	

Quadro 2.13 – Ganhos solares através dos vãos envidraçados [3]

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
RADIAÇÃO SOLAR ATRAVÉS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS - Q_S [kWh]	$Q_S = \sum_j [I_j \sum_n (A_{snj})]$	I_j – energia solar incidente por orientação j , (kWh/m^2);	RCCTE – Quadro III.8
		A_{snj} – área efetiva do vão n segundo a orientação j , [m^2];	
		A – Área total da janela (vidro mais caixilho), [m^2];	
		Fatores de sombreamento:	
		F_n – pelo horizonte;	
		F_o – por elementos horizontais (palas, varandas);	RCCTE Quadro V.1
F_v – por elementos verticais (palas verticais, próprio edifício ou outros corpos);	RCCTE Quadro V.2		
F_g – devido ao caixilho;	RCCTE Quadro IV.5		
F_w – devido à seletividade angular dos envidraçados, o qual toma o valor 0,9 por defeito;	RCCTE Quadro V.3		
g_{\perp} – fator solar do conjunto vidro e proteção;	RCCTE Quadro V.4		
	$\sum_j [I_j * \sum_n (A * F_n * F_o * F_v * F_g * F_w * g_{\perp})_{nj}]$		

Quadro 2.14 – Ganhos através da envolvente opaca [3]

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
ENVOLVENTE OPACA - Q _{OPACA} [kWh]	$Q_{OPACA} = 2,928 * \sum_j [U_j * A_j * (\theta_i - \theta_{atm})] + \sum_j [U_j * A_j * (\alpha_j * I_r / h_e)]$	U _j – Coeficiente de transmissão térmica do elemento j da envolvente (opaco ou envidraçado), [W/m2. °C];	RCCTE, Anexo VII, parágrafo 1 e publicações LNEC
		A _j – Área (medida pelo interior) do elemento j da envolvente, [m2];	
		θ_i - Temperatura interior de referência de Verão – 25 °C;	RCCTE, Anexo III
		θ_{atm} - Temperatura média do ar exterior (°C).	
		α_j - coeficiente de absorção solar da superfície ext. do elemento da envolvente j;	RCCTE, Quadro V.5
		I _{rj} – energia solar incidente por orientação j, (kWh/m2)	RCCTE – Quadro III.8
		h _e – condutância térmica sup. ext. elemento j, (W/m2 °C).	RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.1

2.11.3. NECESSIDADES DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (N_{ac})

O RCCTE exigia a avaliação das necessidades anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}), e previa também a obrigatoriedade de utilização de coletores solares para aquecimento de águas sanitária, sempre que existisse exposição solar adequada como anteriormente foi referido. Previa também a possibilidade de utilização de outras formas de energia renovável que seja captada no edifício para esse ou outros fins [3].

$$N_{ac} = \frac{Q_a - E_{solar} - E_{ren}}{\eta_a A_p} \quad (51)$$

O termo E_{solar} representava a contribuição de coletores solares enquanto a parcela E_{ren} traduzia a contribuição de outras formas de energia renovável. A energia solar só podia ser contabilizada se os coletores forem certificados, e instalados por instaladores acreditados pela DGGE e, se houvesse garantia de manutenção do sistema durante seis anos. O cálculo de E_{solar} devia ser feito utilizando o programa SOLTERM. O cálculo de E_{ren} deveria ser devidamente justificado pelo responsável pela demonstração das exigências regulamentares (RCCTE) [3].

O primeiro termo dizia respeito à produção de águas quentes com sistemas convencionais: Q_a era a energia útil despendida com sistemas convencionais e η_a a respetiva eficiência de conversão a partir da fonte primária de energia, sendo este valor fornecido pelo fabricante com base em ensaios normalizados. Em alternativa, podiam utilizar-se valores convencionais tabelados, normalmente penalizadores relativamente aos valores nominais dos equipamentos disponíveis no mercado, pois estavam nivelados pelo pior equipamento de cada tipo

disponível no mercado, e que variavam entre 0,95 para o termoacumulador elétrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico e 0,50 para o simples esquentador corrente a gás (RCCTE - Anexo VI, secção 3) como se ilustra no quadro seguinte [3]:

Quadro 2.15 – Eficiência de conversão para os sistemas convencionais de produção de águas quentes – valores por defeito [3]

SISTEMAS CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE		EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO
TERMOACUMULADOR ELÉCTRICO	Com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,95
	Com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,90
	Com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,80
TERMOACUMULADOR A GÁS	Com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,80
	Com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,75
	Com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,70
CALDEIRA MURAL	Com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,87
	Com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,82
	Com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,65
ESQUENTADOR A GÁS		0,50

Se as redes de distribuição de água quente internas não fossem isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico (ou com resistência térmica equivalente), os valores de eficiência de conversão tabelados no quadro 2.15 eram diminuídos em 0,10. Para sistemas centralizados comuns a várias frações autónomas, de um mesmo edifício, ou outros sistemas de preparação de AQS, a eficiência devia ser calculada e demonstrada caso a caso pelo projetista, sendo aplicáveis, nos ramais principais de distribuição de água quente exteriores às frações autónomas, os requisitos de isolamento térmico especificados anteriormente [3].

Sempre que o sistema de produção de AQS não estivesse previsto no projeto, admitia-se o recurso a um termoacumulador elétrico com 5 cm de isolamento térmico ($\eta_a = 0,90$) para edifícios sem alimentação a gás e a um esquentador a gás natural ou GPL ($\eta_a = 0,65$) para os edifícios com alimentação a gás [3].

No quadro seguinte faz-se uma síntese dos pressupostos admitidos para o cálculo da energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias [3].

Quadro 2.16 – Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias – síntese das equações [3]

PREPARAÇÃO AQS	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
SISTEMAS CONVENCIONAIS	$Q_a = (M_{AQS} * 4187 * \Delta T * \eta_d) / (3\ 600\ 000)$	M_{AQS} - consumo médio diário de referência	RCCTE Quadro VI.1

2.11.4. NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{tc})

As necessidades energéticas determinadas pela metodologia de cálculo do RCCTE, para aquecimento (N_{tc}), arrefecimento (N_{vc}) e águas quentes sanitárias (N_{ac}) eram convertidas em energia primária dependendo das formas de energia final utilizadas para cada uma das funções, de acordo com as metodologias descritas nos parágrafos anteriores, com base na expressão seguinte [3].

$$N_{tc} = 0,1 * \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i}\right) * F_{pui} + 0,1 * \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v}\right) * F_{puv} + N_{ac} * F_{pua} \quad (52)$$

Onde F_{pu} representa o fator de conversão de energia útil para energia primária e η_i e η_v a eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento e arrefecimento, respetivamente [3].

Os fatores de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária adotados pelo regulamento encontram-se especificados no quadro seguinte [3]:

Quadro 2.17 – Necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias – síntese das equações [3]

FONTE DE ENERGIA	FACTOR DE CONVERSÃO - F_{pu} (kgep/kWh)
Electricidade	0,29
Combustível sólido, líquido e gasoso	0,086

Para a eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento (η_i) e arrefecimento (η_v) deviam utilizar-se os dados reais correspondentes aos equipamentos efetivamente instalados, fornecidos pelos fabricantes na base de ensaios normalizados, ou, em alternativa, podiam utilizar-se os valores de referência do quadro 2.18, que, no entanto, e conforme já referido anteriormente, são penalizadores dos resultados finais obtidos [3].

Quadro 2.18 – Eficiência nominal dos sistemas de aquecimento e arrefecimento [3]

SISTEMAS CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE	EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO	
RESISTÊNCIA ELÉCTRICA	1,00	
CALDEIRA COM COMBUSTÍVEL	Gasoso	0,87
	Líquido	0,80
	Sólido	0,60
BOMBA DE CALOR	Aquecimento	4,00
	Arrefecimento	3,00
MÁQUINA FRIGORÍFICA	Ciclo de Compressão	3,00
	Ciclo de Absorção	0,80

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

2.12. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS PELO REH

Tal como para o RCCTE a verificação da conformidade regulamentar faz-se através do cálculo detalhado, para cada fração autónoma, das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}), Despacho 15793-I/2013, de arrefecimento (N_{vc}) e das necessidades nominais de energia

primária (N_{ic}). Assim, para que o REH seja verificado, é necessário que, para cada fração autónoma, os valores parcelares das necessidades nominais de energia não excedam os valores máximos admissíveis correspondentes.

2.12.1. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO (N_{ic})

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento são determinadas considerando [15]:

- o método sazonal de cálculo de necessidades de aquecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- cada edifício e/ou fração autónoma do edifício como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- a ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de aquecimento;

e calculadas com a seguinte equação [15]:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p \text{ [kWh/m}^2\text{.ano]} \quad (53)$$

em que:

- $Q_{tr,i}$ - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios [kWh];
- $Q_{ve,i}$ - Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh];
- $Q_{gu,i}$ - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes [kWh];
- A_p - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

2.12.1.1. Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento

As perdas por transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios ($Q_{tr,i}$) são devidas à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício e são determinadas de acordo com a seguinte equação [15]:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \text{ [kWh]} \quad (54)$$

em que:

- GD - Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III (°C.dia);
- $H_{tr,i}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão [W/°C].

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão traduz a condutância através de toda a superfície dos elementos da envolvente, compreendendo paredes, envidraçados, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas, resulta da soma de quatro parcelas [13]:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (55)$$

Estas parcelas são determinadas de acordo com os seguintes quadros:

Quadro 2.19 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR - H _{ext} [W/°C]	$H_{ext} = \sum_i (U_i * A_i) + \sum_j (\psi_j * B_j)$	U _i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 2.1
		A _i – Área (medida pelo interior) do elemento i da envolvente [m ²];	
		ψ _j – coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j [W/m.°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 3
		B _j – desenvolvimento linear (medido pelo interior) da ponte térmica linear j [m].	

Quadro 2.20 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com espaço não útil e em contato com edifícios adjacentes

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS E EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES - H _{enu;adj} [W/°C]	$H_{enu;adj} = b_{tr} \times \sum_i (U_i * A_i) + \sum_j (\psi_j * B_j)$	b _{tr} - Coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou de um edifício adjacente;	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 22
		U _i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 2.1
		A _i – Área (medida pelo interior) do elemento i da envolvente [m ²];	
		ψ _j – coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j [W/m.°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 3
		B _j – desenvolvimento linear (medido pelo interior) da ponte térmica linear j [m];	

Quadro 2.21 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com o solo

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE ATRAVÉS DE ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO - H_{ecs} [W/°C]	$H_{ecs} = \sum_i (U_{bf\ i} \cdot A_i) \cdot \sum_j (z_j \cdot P_j \cdot U_{bw\ j})$	$U_{bf\ i}$ – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 03
		A_i – Área (medida pelo interior) do pavimento em contato com o solo i [m ²];	
		Z_j - Profundidade média enterrada da parede em contato com o solo j [m];	
		P_j - Desenvolvimento total da parede em contato com o solo j, medido pelo interior [m];	
		$U_{bw\ j}$ – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contato com o solo [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 04

2.12.1.2. Perdas de calor por renovação do ar

As perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a equação [15]:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \text{ [kWh]} \quad (56)$$

onde:

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \text{ [W/°C]} \quad (57)$$

em que:

- $R_{ph,i}$ – taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento (h⁻¹);
- A_p – área interior útil de pavimento, medida pelo interior (m²);
- P_d – pé-direito médio da fração (m);
- $H_{ve,i}$ – coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento (W/°C).

No caso de a ventilação ser assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a energia necessária relativa às perdas que ocorrem por ventilação é dada pela seguinte expressão [15]:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot b_{ve,i} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad [\text{kWh}] \quad (58)$$

em que b_{ve} é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor, que se calcula de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (59)$$

em que:

- η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;
- \dot{V}_{ins} – Valor média diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor [m^3/h].

2.12.1.3. Ganhos térmicos úteis

A conversão da parte dos ganhos térmicos brutos que se traduzem em ganhos térmicos úteis faz-se de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \quad [\text{kWh}] \quad (60)$$

em que:

- η_i – fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento (kWh);
- $Q_{g,i}$ – ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento (kWh).

Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento do edifício têm duas origens, os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor ($Q_{int,i}$) e os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, ambos na estação de aquecimento ($Q_{sol,i}$). No quadro 2.22 é apresentada a forma de cálculo dos ganhos térmicos internos e no quadro 2.23 a determinação dos ganhos solares.

Quadro 2.22 – Ganhos térmicos internos

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
GANHOS TÉRMICOS INTERNOS - $Q_{int,i}$ [kWh]	$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p$	q_{int} – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de superfície, iguais a 4 W/m^2 ;	Despacho n.º 15793-F/2013, Tabela 04
		M – duração média da estação convencional de aquecimento [meses];	
		A_p – área útil de pavimento [m^2].	

Quadro 2.23 – Ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA	
GANHOS SOLARES BRUTOS ATRAVÉS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS - $Q_{sol,i}$ [kWh]	$Q_{sol,i} = G_{SUL} \cdot \sum_j [X_j \cdot \sum_n (F_{s,inj} \cdot A_{s,inj})] \cdot M$	G_{SUL} – Valor médio mensal de energia solar média mensal incidente numa superfície vertical de área unitária orientada a Sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície [kWh/m ² .mês];	Despacho n.º 15793-F/2013, Tabela 04	
		$A_{s,inj}$ – área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j [m ²];		
		$F_{s,inj}$ - fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;		
		j - índice que corresponde a cada uma das orientações;		
		n - índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j;		
	$A_{si} = A_w \cdot F_g \cdot g_i$	A_w - área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho [m ²];		
		F_g – fração envidraçada do vão envidraçado;	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 20	
		g_i – fator solar de inverno;	RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.4	
	Vãos envidraçados interiores:			
	$A_{s,inj} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (F_g)_{enu} \cdot (g_i)_{int} \cdot (g_i)_{enu}$	$(A_w)_{int}$ - área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e caixilho [m ²];		
$(F_g)_{int}$ – fração envidraçada do vão envidraçado interior;		Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 20		
$(F_g)_{enu}$ – fração envidraçada do vão envidraçado do espaço não útil;		Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 21		
$(g_i)_{int}$ – fator solar de inverno, do vão envidraçado interior;		Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 12		
$(g_i)_{enu}$ – fator solar de inverno, do vão envidraçado do espaço não útil;		Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 12		
Situações sem quaisquer dispositivos de sombreamento:				
$g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$	$g_{\perp,vi}$ - fator solar do vidro para uma incidência solar normal;	Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 12		
	$F_{w,i}$ - fator de seletividade angular;	Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 21		
Situações com dispositivos de sombreamento permanentes:				
$g_i = F_{w,i} \cdot g_{Tp}$	g_{Tp} - fator solar do vidro com dispositivo de proteção solar permanente;	Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 13		
	$F_{w,i}$ - fator de seletividade angular;	Despacho n.º 15793-I/2013, Tabela 21		

2.12.2. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO (N_{vc})

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento são determinadas considerando [15]:

- o método sazonal de cálculo de necessidades de arrefecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela norma Europeia EN ISO 13790;
- cada edifício e/ou fração autónoma do edifício como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- a ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de arrefecimento.

O valor das necessidades nominais anuais de energia de arrefecimento do edifício, N_{vc} , é calculado de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (61)$$

em que:

- η_v – fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;
- $Q_{g,v}$ - ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, (kWh);
- A_p - área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior (m^2).

O fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento (η_v) é determinado através da metodologia apresentada em 2.3.5.2.

2.12.2.1. Transferência de calor por transmissão

A transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento calcula-se através da seguinte equação [15]:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \cdot L_v / 1000 \quad (\text{kWh}) \quad (62)$$

em que:

- $H_{tr,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento [$\text{W}/^\circ\text{C}$];
- L_v – duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas;
- $\theta_{v,ref}$ - temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C ;
- $\theta_{v,ext}$ - temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento ($^\circ\text{C}$).

Para efeito de cálculo das necessidades de arrefecimento, o coeficiente global de transferência de calor por transmissão resulta da soma de três parcelas [13]:

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (63)$$

Estas parcelas são determinadas de acordo com os quadros 2.24, 2.25 e 2.26.

Quadro 2.24 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior (H_{ext})

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR - H_{ext} [W/°C]	$H_{ext} = \sum_i (U_i * A_i) * \sum_j (\psi_j * B_j)$	U_i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 2.1
		A_i – Área (medida pelo interior) do elemento i da envolvente [m ²];	
		ψ_j – coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j [W/m.°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 3
		B_j – desenvolvimento linear (medido pelo interior) da ponte térmica linear j [m].	

Quadro 2.25 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com espaço não útil (H_{enu})

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS E EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES - H_{enu} [W/°C]	$H_{enu} = b_{tr} \times \sum_i (U_i * A_i) * \sum_j (\psi_j * B_j)$	b_{tr} - Coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou de um edifício adjacente;	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 22
		U_i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 2.1
		A_i – Área (medida pelo interior) do elemento i da envolvente [m ²];	
		ψ_j – coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j [W/m.°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, ponto 3
		B_j – desenvolvimento linear (medido pelo interior) da ponte térmica linear j [m];	

Quadro 2.26 – Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contato com o solo (H_{ecs})

PERDA	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA	REFERÊNCIA
COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE ATRAVÉS DE ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO - H_{ecs} [W/°C]	$H_{ecs} = \sum_i (U_{bf\ i} \cdot A_i) \cdot \sum_j (z_j \cdot P_j \cdot U_{bw\ j})$	$U_{bf\ i}$ – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 03
		A_i – Área (medida pelo interior) do pavimento em contato com o solo i [m ²];	
		Z_j - Profundidade média enterrada da parede em contato com o solo j [m];	
		P_j - Desenvolvimento total da parede em contato com o solo j , medido pelo interior [m];	
		$U_{bw\ j}$ – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contato com o solo [W/m ² .°C];	Despacho n.º 15793-K/2013, Tabela 04

2.12.2.2. Perdas de calor por renovação do ar

As perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a equação [15]:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \cdot L_v / 1000 \text{ [kWh]} \quad (64)$$

onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \text{ [kWh]} \quad (65)$$

em que:

- $H_{ve,v}$ – coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento (kWh).
- $R_{ph,v}$ – taxa nominal de renovação de ar interior na estação de arrefecimento (h⁻¹);
- A_p – área interior útil de pavimento, medida pelo interior (m²);
- P_d – pé-direito médio da fração (m);

No caso de a ventilação ser assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a energia necessária relativa às perdas que ocorrem por ventilação é dada pela seguinte expressão [5]:

$$Q_{ve,v} = b_{ve,v} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \cdot L_v / 1000 \text{ [kWh]} \quad (66)$$

em que b_{ve} é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor, que se calcula de acordo com a seguinte expressão [5]:

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (67)$$

em que:

- η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;
- \dot{V}_{ins} – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor, [m³/h].

2.12.2.3. Ganhos térmicos

Os ganhos térmicos internos devidos aos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação durante toda a estação de arrefecimento calculam-se de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$Q_{gu,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \text{ [kWh]} \quad (68)$$

em que:

- $Q_{int,v}$ - Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor;
- $Q_{sol,v}$ - Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada;

No quadro 2.27 é apresentada a forma de cálculo dos ganhos térmicos internos:

Quadro 2.27 – Ganhos térmicos internos

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA
GANHOS TÉRMICOS INTERNOS - $Q_{int,v}$ [kWh]	$Q_{int,v} = q_{int} \cdot A_p \cdot L_v / 1000$	q_{int} – ganhos térmicos internos médios por unidade de área de superfície, iguais a 4 W/m ² ; <hr/> A_p – área útil de pavimento [m ²]. <hr/> L_v – duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas;

Os ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calculam-se de acordo com o quadro 2.28, sendo que a determinação do fator de obstrução de superfícies opacas é opcional devendo, quando considerada, seguir uma abordagem comum à dos vãos envidraçados [15]:

Quadro 2.28 – Ganhos solares brutos através da envolvente opaca e envidraçada

GANHO	EQUAÇÃO	TERMINOLOGIA
GANHOS SOLARES ATRAVÉS DA ENVOLVENTE OPACA E ENVIDRAÇADA- $Q_{sol,v}$ [kWh]	$Q_{sol,v} = \sum_j [G_{sol,j} \cdot \sum_n (F_{s,vnj} \cdot A_{s,vnj})]$	$G_{sol,j}$ – Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento [kWh/m ²];
		$A_{s,vnj}$ – área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície do elemento n com a orientação j [m ²];
		$F_{s,inj}$ - fator de obstrução da superfície do elemento n, com a orientação j;
		j -índice correspondente a cada uma das orientações por octante e á posição horizontal; n - índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j;
	$A_{s,vnj} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$	A_w - área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho [m ²]; F_g – fração envidraçada do vão envidraçado; g_v – fator solar de inverno;
	Vãos envidraçados interiores:	
	$A_{s,vnj} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (g_v)_{int} \cdot (g_v)_{enu}$	$(A_w)_{int}$ - área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e caixilho [m ²]; $(F_g)_{int}$ – fração envidraçada do vão envidraçado interior; $(g_v)_{int}$ – fator solar na estação de arrefecimento, do vão envidraçado interior; $(g_v)_{enu}$ – fator solar na estação de arrefecimento, do vão envidraçado do espaço não útil;
	Envolvente opaca:	
	$A_{s,vnj} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	α - Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca; U – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [W/m ² .°C]; A_{op} - Área do elemento da envolvente opaca exterior [m ²]; R_{se} - Resistência térmica superficial exterior igual a 0,04 [W/m ² .°C]

2.12.3. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (N_{ic})

As necessidades nominais de energia primária de um edifício de habitação resultam da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os seus usos: aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}), produção de AQS (Q_a/A_p) e ventilação mecânica (W_{vm}/A_p), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável ($E_{ren,p}/A_p$) e de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc} \cdot \delta}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad [\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (69)$$

em que:

- N_{ic} – Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];
- $f_{i,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;
- N_{vc} - Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$];
- $f_{v,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;
- Q_a - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano];
- $f_{a,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k;
- η_k - Eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;
- 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, [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida;
- W_{vm} - Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];
- A_p – área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m^2];
- $F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ - Fator de conversão de energia útil para energia primária, [$\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$];
- δ - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N_{vc}) que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que equivale às condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

O somatório das parcelas das necessidades de energia útil para os diferentes usos deverá ser igual a 1 [15].

O somatório da energia produzida a partir de fontes de origem renovável, destinada a suprir diferentes usos, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso [15].

Os fatores de conversão entre energia útil final e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária são [16]:

- $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ para eletricidade, independente da origem (renovável ou não renovável);
- $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis;

No caso de energia térmica de origem renovável, o fator F_{pu} toma o valor de $1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ [16].

2.12.3.1. Eficiência dos sistemas técnicos

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 projeto, ou eventualmente instalado após a fase de construção, incluindo os edifícios existentes.

No caso de sistemas que não se encontrem especificados em projeto ou instalados, devem ser consideradas as soluções por defeito aplicáveis e indicadas na tabela da figura 2.77, para os diferentes tipos de sistema.

Se todos os principais compartimentos do edifício, designadamente salas, quartos e similares, excluindo cozinhas, casas de banho e outros compartimentos de serviço, forem servidos por um único sistema de climatização, considera-se, para efeitos do cálculo de N_{tc} , a eficiência do respetivo equipamento de produção e que toda a fração se encontra climatizada.

Nos casos de dois ou mais dos principais compartimentos do edifício serem servidos por diferentes sistemas de climatização considera-se, para efeitos do cálculo de N_{tc} , a eficiência do equipamento de produção de cada sistema afetado na proporção da área interior útil do compartimento que este serve.

A distribuição indicada no parágrafo anterior aplica-se de igual modo a compartimentos principais não climatizados, considerando-se, para esse efeito e para esses compartimentos, as soluções de referência aplicáveis e indicadas na tabela referida acima [15].

Na ausência de especificação ou de evidência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição do sistema de AQS que assegure garantir uma resistência térmica de, pelo menos $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$, a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.

Para outros sistemas de preparação de AQS não convencionais a instalar em novos edifícios, nomeadamente, sistemas centralizados comuns a várias frações autónomas de um mesmo edifício e recurso a redes urbanas de aquecimento, a eficiência deve ser calculada e demonstrada caso a caso pelo projetista.

2.12.3.2. Ventilação mecânica

Quando o edifício dispuser de sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo (com caudal constante ou variável) deve ser estimado o consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores (W_{vm}), pela expressão:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \text{ [kWh/ano]} \quad (70)$$

em que:

- V_f – caudal de ar médio diário escoado através do ventilador [m^3/h];
- 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 (h); por defeito considera-se que os ventiladores funcionam 24 h/dia, devendo ser tomado o valor 8760 h, sendo que, nos sistemas de ventilação híbridos, pode ser adotado outro valor desde que seja fundamentado com uma estimativa anual do tempo de funcionamento.

Quando não se conhece os valores ΔP e η_{tot} o consumo de energia W_{vm} pode ser determinado pela expressão:

$$W_{vm} = 0,3 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \text{ [kWh/ano]} \quad (71)$$

Nos sistemas híbridos de baixa pressão (inferior a 20 Pa) quando não se conhecem os valores de ΔP e η_{tot} , o consumo de energia W_{vm} pode ser determinado pela expressão:

$$W_{vm} = 0,03 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \text{ [kWh/ano]} \quad (72)$$

No caso de um ventilador comum a várias frações autónomas ou edifícios, a energia total correspondente ao seu funcionamento deve ser dividida entre cada uma dessas frações autónomas ou edifícios, numa base diretamente proporcional aos caudais de ar nominais V_f correspondentes a cada uma delas. Estão excluídos do cálculo de W_{vm} os exaustores mecânicos de funcionamento pontual, designadamente, exaustores de cozinha ou exaustor das instalações sanitárias [15].

Quando o edifício não dispuser de sistemas mecânicos de ventilação, W_{vm} toma o valor zero.

2.12.3.3. Preparação de AQS

A energia útil necessária para a preparação de AQS durante um ano será calculada de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600000 \text{ [kWh/ano]} \quad (73)$$

em que:

- ΔT – aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS que toma o valor de 35°C;
- n_d – número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que se considera 365 dias.

Nos edifícios de habitação, o consumo médio diário de referência será calculado de acordo com a seguinte expressão [15]:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \text{ [litros]} \quad (74)$$

em que:

- n - número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e $n+1$ ocupantes nas tipologias do tipo Tn com $n>0$;
- f_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais; para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$.

2.13. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

A classe energética é determinada através do rácio de classe energética (R_{Nt}):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (75)$$

onde N_{tc} corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primaria e N_t corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primaria [17].

A escala de classificação energética dos edifícios ou frações autónomas de edifícios referidos no ponto anterior era feita pelo RCCTE da seguinte forma:

Classe energética	R = Ntc/Nt
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Fig. 2.78 – Escala de classes energéticas segundo o RCCTE [19]

No REH a classe energética G desapareceu, sendo a última classe a F, de acordo com a figura seguinte:

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Fig. 2.79 – Escala de classes energéticas segundo o REH [17]

A classe G desapareceu dado que o grau de exigência regulamentar aumentou e prevê-se que vai aumentar ao longo do tempo, levando a que edifícios novos, reconstruídos, reabilitados e ampliados cada vez sejam melhores e que as classes inferiores acabam por não serem aplicáveis.

2.14. FUTURO DA LEGISLAÇÃO

O REH prevê um mapa evolutivo de requisitos com um horizonte temporal no limite até 2020, de forma a criar condições de previsibilidade que facilitem a antecipação e a adaptação ao mercado, ao mesmo tempo que aponta no sentido da renovação do parque imobiliário por via

da promoção de edifícios cada vez mais eficientes. Neste sentido estão previstas atualizações dos requisitos de qualidade térmica, dos requisitos de eficiência energética para os principais sistemas técnicos de edifícios. Em complemento à eficiência energética mantém-se a promoção da utilização de energias renováveis, com clarificação e reforço dos métodos para a quantificação do respetivo contributo.

3. CASOS DE ESTUDO

Para avaliação do impacte da nova regulamentação foram utilizados como casos de estudo dois edifícios unifamiliares e um edifício multifamiliar:

- Caso de estudo 1 – moradia unifamiliar de dois pisos que vai ser construída;
- Caso de estudo 2 – moradia unifamiliar de três pisos que vai sofrer uma grande intervenção;
- Caso de estudo 3 – três frações de um edifício multifamiliar, a primeira no 1º andar sobre comércio ou serviços, a segunda entre pisos com frações iguais acima e abaixo, e a terceira no último piso.

Os cálculos foram feitos recorrendo à Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do Desempenho Energético dos Edifícios de acordo com o RCCTE – Versão V_3_0_8 de maio de 2012 do Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências de Construção (ITeCons), a Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do Desempenho Energético dos Edifícios de acordo com o REH – Versão 2.10 de 22 de outubro de 2015 também do ITeCons e pela aplicação Ventilação REH e RECS do LNEC.

Os estudos foram feitos de forma a comparar todos os parâmetros térmicos, os requisitos mínimos da qualidade térmica, os requisitos energéticos, necessidades energéticas e classe energética, quer pelo RCCTE quer pelo REH.

3.1. CASO DE ESTUDO 1 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

O presente caso de estudo corresponde a uma moradia unifamiliar a construir, situada em Albufeira, a uma altitude de 57 metros, a uma distância da costa inferior a 5 km, situada na periferia da zona urbana, constituída por dois pisos. A fração é de tipologia T4. A produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um sistema solar térmico do tipo termossifão, cujo depósito solar apresenta uma resistência elétrica. Não estão previstos sistemas de aquecimento nem arrefecimento ambiente. A ventilação processa-se de forma natural.

A fração contacta com um espaço não útil do tipo arrumos com acesso pelo exterior

Nas figuras seguintes são apresentadas as plantas de arquitetura do rés-do-chão, 1º andar e cobertura deste edifício.

No anexo I encontram-se as peças desenhadas relativas a este caso de estudo, assim como os documentos de cálculo.

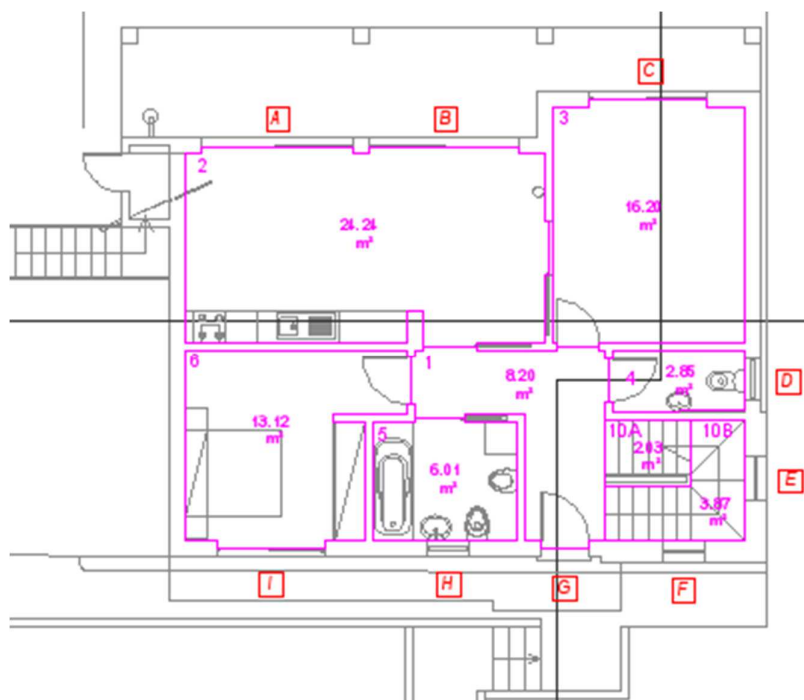


Fig. 3.1 – Planta do rés-do-chão, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

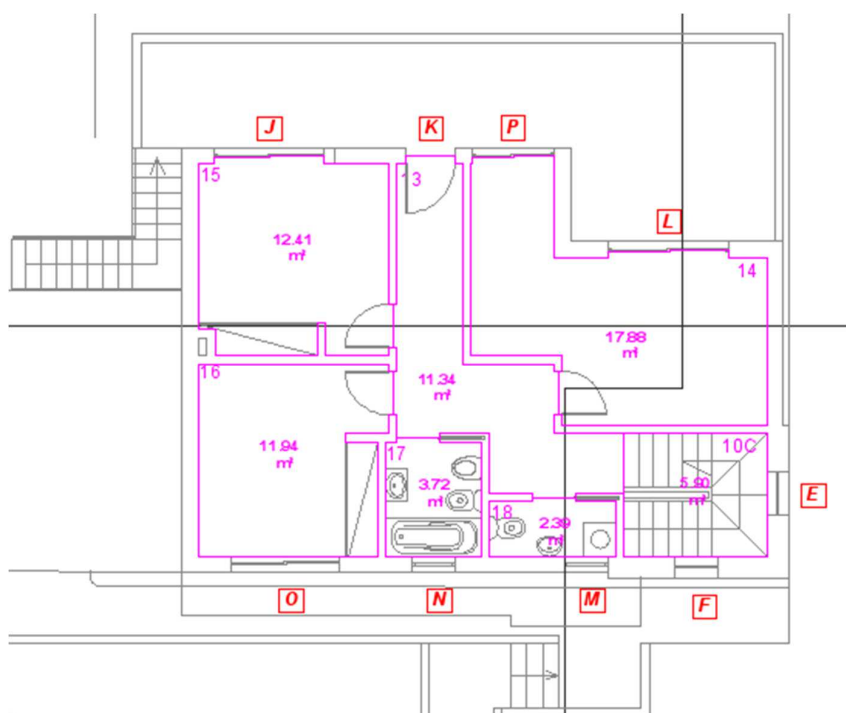


Fig. 3.2 – Planta do 1º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

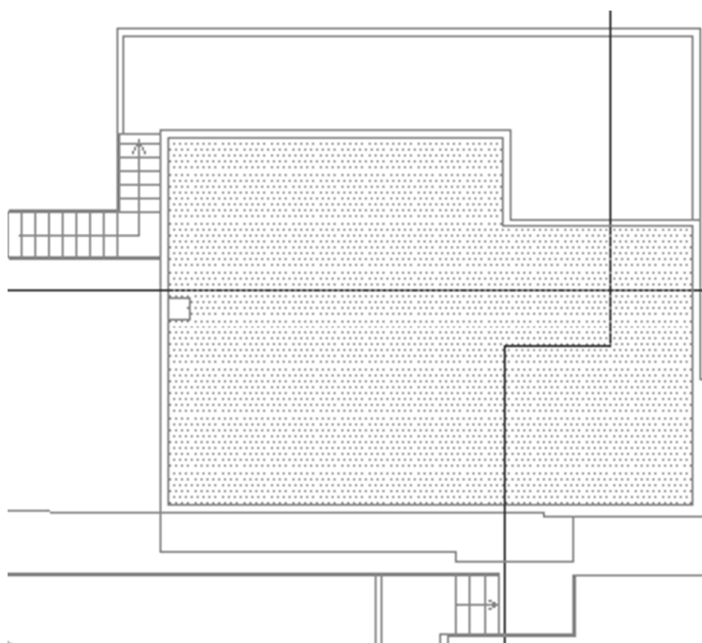


Fig. 3.3 – Planta da cobertura (sem escala)

Numa primeira fase serão feitas análises comparativas entre regulamentos ao nível dos seguintes pontos:

- zonamento climático;
- parâmetros térmicos;
- requisitos da qualidade térmica da envolvente;
- requisitos de ventilação;
- requisitos dos sistemas técnicos;
- requisitos energéticos;
- classe energética.

Numa segunda fase serão introduzidas alterações ao nível de:

- aumento da espessura de isolamento das paredes;
- aumento da espessura de isolamento das coberturas;
- aumento da espessura de isolamento dos pavimentos;
- alteração do sistema de produção de AQS;
- alteração do sistema de climatização.

Sendo avaliado o impacto dessas alterações nos requisitos energéticos, no rácio de determinação da classe energética e na classe energética em ambas as regulamentações.

3.1.1. ÁREA ÚTIL E PÉ-DIREITO

A medição da área útil e pé-direito mantém os mesmos critérios em ambas as regulamentações, levando a que não se verifiquem quaisquer diferenças neste ponto. Deste modo apresenta-se no quadro 3.1 a área útil e respetivo pé-direito de cada compartimento que constitui a fração.

Quadro 3.1– Levantamento dimensional do caso de estudo 1

ZONA	ÁREA ÚTIL (m ²)	PÉ-DIREITO (m)	Área*PD
1	8,20	2,70	22,14
2	24,24	2,70	65,45
3	16,20	2,70	43,74
4	2,85	2,70	7,70
5	6,01	2,70	16,23
6	13,12	2,70	35,42
10A	2,03	1,44	2,92
10B	3,87	0,81	3,13
10C	5,90	3,24	19,12
13	11,34	2,70	30,62
14	17,88	2,70	48,28
15	12,41	2,70	33,51
16	11,94	2,70	32,24
17	3,72	2,70	10,04
18	2,39	2,70	6,45
ÁREA ÚTIL TOTAL	142,10		VOLUME
PÉ-DIREITO MÉDIO		2,65	376,98

3.1.2. ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

Nesta fração existe um espaço não útil que corresponde a um espaço de arrumos exterior e que contacta com a fração através da parede da cozinha e sala.

Na determinação do coeficiente de redução de perdas verificou-se que os resultados obtidos são ligeiramente diferentes.

No RCCTE este espaço não útil enquadra-se na categoria de armazém e apresenta uma área em contacto com o exterior superior à área que tem contacto com a fração. O coeficiente de redução de perdas (τ) foi determinado de acordo com o apresentado no quadro seguinte:

Quadro 3.2 – Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ)

DESCRIÇÃO	Tipo	Ai (m ²)	Au (m ²)	Ai/Au	τ
τ_1	4	3,32	7,81	0,43	0,95

No REH o enquadramento do espaço não útil não é feito por categorias mas sim pelo volume do espaço não útil, que neste caso apresenta um volume inferior a 50 m³. Possui aberturas de ventilação permanente. A relação da área em contacto com o exterior e em contacto com a fração é igual à determinada no RCCTE. No quadro 3.3 são apresentados os cálculos para determinação do coeficiente de redução de perdas (b_{tr}).

Quadro 3.3 – Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr})

DESCRIÇÃO	Venu (m ³)	Ai (m ²)	Au (m ²)	Ai/Au	b_{tr}
b_{tr1}	2,78	3,32	7,81	0,43	1,00

O RCCTE não contabiliza para este tipo de espaço não útil o grau de ventilação e no REH, em espaços não úteis inferiores a 50 m³, o grau de ventilação é indiferente, pois o resultado é igual.

Embora a diferença apurada seja pouco significativa, esta tem um impacto direto no resultado obtido nas perdas pela envolvente em contacto com espaço não útil.

3.1.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

De acordo com a arquitetura da fração e para avaliação térmica foram definidas as seguintes envolventes opacas:

- parede em contacto com o solo;
- pavimento em contacto com o solo;
- parede exterior;
- pilar;
- viga;
- caixa de estore;
- porta exterior;
- cobertura exterior;
- parede em contacto com espaço não útil;
- pilar em contacto com espaço não útil;
- viga em contacto com espaço não útil;
- paredes de compartimentação;
- pavimento intermédio.

3.1.3.1. Envolvente opaca

Nos quadros 3.4 a 3.14 encontram-se definidos os dados relativos à constituição da envolvente opaca, designadamente resistência térmica, coeficiente de transmissão térmica e massa.

Quadro 3.4 – Parede em contacto com o solo

PAREDE TÉRREA 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R _w (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400,0	0,25	0,10	600,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
pano de tijolo furado 4 cm		1400,0	0,04	0,10	56,00	56,00	
estruque tradicional	0,400	1000,0	0,015	0,04	15,00	15,00	
TOTAL			0,37	1,86	672,95	71,00	

Quadro 3.5 – Pavimento em contacto com o solo

PAVIMENTO TÉRREO 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R _f (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
cerâmica vidrada	1,300	2300,0	0,01	0,01	18,40	18,40	
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,0	0,10	0,56	50,00	50,00	
betonilha	1,650	2150,0	0,04	0,02	86,00	86,00	
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
betão armado com menos de 1% de armadura (em volume)	2,000	2350,0	0,15	0,08	352,50		
areia, gravilha, seixo, brita	2,000	1950,0	0,30	0,15	585,00		
TOTAL			0,66	2,43	1093,85	136,00	

Quadro 3.6 – Parede exterior

PAREDE EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,015	0,01	28,50		
pano de tijolo furado 11 cm		1400	0,11	0,27	154,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
pano de tijolo furado 15 cm		1400	0,15	0,39	210,00	210,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	2,50	409,45	225	0,40

Quadro 3.7 – Pilar ou viga

PILAR OU VIGA 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,015	0,01	28,50		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,25	0,10	600,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,04	1,08	1,30		
pano de tijolo furado 3 cm		1400	0,03	0,07	42,00	42,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,47	686,80	57	0,68

Quadro 3.8 – Caixa de estore

CAIXAS DE ESTORE 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial interior				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais			0,015				
caixa de estore			0,28	1,04			
pano de tijolo furado 4 cm		1400	0,04	0,10	56,00	56,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,44	71,00	71	0,70

Quadro 3.9 – Porta exterior

PORTA EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
madeiras densas	0,23	810	0,02	0,09	16,20	16,20	
aço	50	7800	0,0015	0,00	11,70	11,70	
painéis de fibras de madeira (MDF)	0,1	400	0,041	0,41	16,40	16,40	
aço	50	7800	0,0015	0,00	11,70	11,70	
madeiras densas	0,23	810	0,02	0,09	16,20	16,20	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,08	0,75	72,20	72,2	1,33

Quadro 3.10 – Cobertura exterior (fluxo ascendente)

COBERTURA EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial superior				0,04			
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300	0,008	0,01	18,40		
betonilha	1,650	2150,0	0,03	0,02	64,50		
membranas flexíveis impregnadas com betume	0,230	1050,0	0,006	0,03	6,30		
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,000	0,1	0,56	50,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,03	0,81	0,98		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,25	0,10	600,00	600,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,01	0,03	10,00	10,00	
Resistência superficial interior				0,1			
TOTAL			0,43	1,68	750,18	610	0,59

Quadro 3.11 – Parede em contacto com espaço não útil

PAREDE ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00		
pano de tijolo furado 11 cm		1400	0,11	0,27	154,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
pano de tijolo furado 15 cm		1400	0,15	0,39	210,00	210,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	2,62	395,95	225	0,38

Quadro 3.12 – Pilar ou viga em contacto com espaço não útil

PILAR ENU OU VIGA ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,25	0,10	600,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,04	1,08	1,30		
pano de tijolo furado 3 cm		1400	0,03	0,07	42,00	42,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,59	673,30	57	0,63

Quadro 3.13 – Parede de compartimentação interior

PAREDE INTERIOR 1					
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
pano de tijolo furado 11 cm	1400	0,11	154	154	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
TOTAL		0,15	194	194	

Quadro 3.14 – Pavimento entre pisos

PAVIMENTO INTERMÉDIO 1					
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
cerâmica vidrada	2300	0,008	18,4	18,4	
betonilha	2150,0	0,03	64,5	64,5	
betão de inertes de poliestireno expandido	500,000	0,1	50	50	
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2400	0,2	480	480	
estruque tradicional	1000	0,01	10	10	
TOTAL		0,348	622,9	622,9	

As envolventes opacas exteriores apresentam a face exterior pintada de cor clara. As envolventes opacas em contacto com espaços não úteis correspondem aos elementos que confrontam com os arrumos exteriores.

3.1.3.2. Envolvente não opaca

Foram previstas três soluções de vãos envidraçados, uma solução para o vão envidraçado da porta exterior (G), outra a aplicar nas instalações sanitárias (D, H, M e N) e ainda outra para os restantes compartimentos (A, B, C, E, F, I, J, K, P, L, O).

No quadro 3.15 apresentam-se os dados necessários ao cálculo prescrito pelo RCCTE, tais como o coeficiente de transmissão térmica (U), fator solar do vidro (g), fator solar na estação de aquecimento (g_{inv}), fator solar da proteção totalmente ativa (g_{100%}) e fator solar na estação de arrefecimento (g_{verão}).

Quadro 3.15 – Soluções vãos envidraçados pelo RCCTE

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	g _L	g _{inv}	g _{100%}
1 A, B, C, E, F, I, J, K, P, L, O	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (escadas, quarto), Sudoeste (cozinha, sala, quartos, circulação), Noroeste (escadas), em caixilharia metálica de correr e fixa, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,63	0,09
2 D, H, M, N	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (wc's), Noroeste (wc), em caixilharia metálica giratória, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo fosco + incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,63	0,09
3 G	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (entrada), em caixilharia madeira fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo fosco + incolor com 4 a 8 mm + 5 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 3,3 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, sem protecção interior	3,30	0,75	0,63	0,75

No quadro 3.16 constam os dados necessários pelo REH, nomeadamente, o coeficiente de transmissão térmica (U), fator solar do vidro (g), fator solar corrigido (fator solar com as proteções do vão totalmente ativas) e fator solar permanente (fator solar com proteções que são fixas e se encontram ativas permanentemente).

Quadro 3.16 – Soluções vãos envidraçados pelo REH

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	g _{L,vi}	g _T
1 E, F, I, J, K	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (escadas, quarto), Sudoeste (cozinha, sala, quartos, circulação), Noroeste (escadas), em caixilharia metálica de correr e fixa, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,09
2 D, H, M, N	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (wc's), Noroeste (wc), em caixilharia metálica giratória, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo fosco + incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,09
3 G	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Nordeste (entrada), em caixilharia madeira fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo fosco + incolor com 4 a 8 mm + 5 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 6 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 3,3 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, sem protecção interior	3,30	0,75	0,75

As diferenças dos valores adotados por cada uma das regulamentações devem-se essencialmente a metodologias diferentes na determinação do fator solar de inverno e verão, tal como o explicado nos pontos 2.3.6.1 e 2.3.6.2.

3.1.3.3. Medições de envolventes

Neste ponto são apresentadas as medições de envolvente opaca necessárias para os cálculos. As medições correspondem a:

- áreas de envolventes opacas verticais exteriores por cada tipo de envolvente (quadro 3.17);

- ângulos de sombreamento das envolventes verticais opacas exteriores (quadro 3.18);
- áreas e perímetros expostos dos elementos em contacto com o solo (quadro 3.19 e 3.20);
- áreas de envolventes opacas horizontais exteriores (quadro 3.21);
- áreas das envolventes verticais em contacto com espaços não úteis (quadro 3.22);
- áreas de elementos de compartimentação interior à fração (quadros 3.23 e 3.24);
- comprimentos lineares das pontes térmicas lineares exteriores (quadros 3.25 e 3.26);
- comprimentos lineares das pontes térmicas em contacto com espaços não úteis (quadros 3.27 e 3.28);
- áreas de vãos envidraçados (quadro 3.29);
- ângulos de sombreamento dos vãos envidraçados (quadro 3.29).

Quadro 3.17 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação (m²)

Elemento	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
TOTAL	0,00	55,65	0,00	27,65	0,00	53,97	0,00	39,34
PILAR 1	0,00	1,49	0,00	0,47	0,00	1,28	0,00	1,30
VIGA 1	0,00	4,07	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	2,19
CAIXAS DE ESTORE 1	0,00	2,16	0,00	0,00	0,00	4,33	0,00	0,48
PORTA EXTERIOR 1	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PAREDE EXTERIOR 1	0,00	37,34	0,00	25,18	0,00	16,49	0,00	33,37

Quadro 3.18 – Ângulos de sombreamento da envolvente opaca vertical exterior por orientação (°)

Ângulos Sombreamento	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Pala Horizontal		12		3		18		0
Pala Esquerda		0		3		8		0
Pala Direita		0		6		5		6

Quadro 3.19 – Área e altura de parede em contacto com o solo

Elemento	Área (m ²)	Z (m)
PAREDE TÉRREA 1	8,36	1,47

Quadro 3.20 – Área e profundidade de pavimento em contacto com o solo

PAVIMENTOS TÉRREOS	ÁREA (m ²)	Z (m)
PAVIMENTO TÉRREO 1	67,18	
PAVIMENTOS ENTERRADOS	ÁREA (m ²)	Z (m)
PAVIMENTO TÉRREO 1	9,34	1,47

No RCCTE os elementos em contacto com o solo não são contabilizados de acordo com a sua área, mas de acordo com o seu perímetro exposto, que se encontra determinado nas pontes térmicas lineares exteriores e em contacto com espaços não úteis.

Quadro 3.21 – Área de envolvente opaca horizontal em contacto com o exterior

COBERTURAS EXTERIOES	ÁREA (m ²)
COBERTURA EXTERIOR 1	73,86

Quadro 3.22 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com espaço não útil (m²)

Elemento	Btr1
TOTAL	3,321
PILAR ENU 1	0
VIGA ENU 1	0,1845
PAREDE ENU 1	3,1365

Quadro 3.23 – Área de parede de compartimentação

PAREDES COMPARTIMENTAÇÃO	ÁREA (m ²)
PAREDE INTERIOR 1	114,89

Quadro 3.24 – Área de pavimento entre pisos

PAVIMENTOS INTERMÉDIOS	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1	65,58

As áreas de paredes de compartimentação e de pavimento entre pisos são utilizadas unicamente para o cálculo da inércia térmica.

Quadro 3.25 – Pontes térmicas lineares exteriores pelo RCCTE (m)

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	28,67
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	5,69
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	28,67
B) F. - Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermédios	28,80
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	35,98
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	27,74
G) F. - com caixa de Estore	23,24
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	98,28
F) Duas paredes verticais	24,92
Outras	
F. - Pavimento	5,02
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	4,18
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.26 – Pontes térmicas lineares exteriores pelo REH (m)

PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		28,67
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		28,80
Fachada com varanda		32,76
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	40,16
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	98,28
Zona de caixas de estore		23,24
Duas paredes salientes		24,92

Quadro 3.27 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaço não útil pelo RCCTE (m)

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	1,23
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0
A) F. - Pav. Térreos	0
B) F. - Pavimentos	0
C) F. - Pavimentos Intermédios	1,23
D1) F. - Cobertura inclinada	0
D2) F. - Cobertura plana	0
D3) F. - Cobertura ENU	0
E) F. - varanda	0
G) F. - com caixa de Estore	0
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	0
F) Duas paredes verticais	1,35
Outras	
F. - Pavimento	0
F. - Duas paredes verticais	0
F. - Varanda	0
F. - Cobertura	0

Quadro 3.28 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis pelo REH (m)

PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		1,23
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0
	Isolamento sobre pavimento	0
Fachada com pavimento intermédio		1,23
Fachada com varanda		0
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob cobertura	0
	Isolamento sobre cobertura	0
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0
Zona de caixas de estore		0
Duas paredes salientes		1,35

A medição das pontes térmicas lineares exteriores e em contacto com espaço não útil apresentam um enquadramento ligeiramente diferente para cada uma das regulamentações, para além disso são ainda contabilizados os perímetros expostos dos elementos em contacto com o solo no RCCTE.

Para os vãos envidraçados foram medidas as suas áreas e os respetivos ângulos de sombreamento, como se pode verificar no quadro 3.29. Apesar dos critérios de medição dos ângulos serem ligeiramente diferentes para cada uma das regulamentações, dado que no RCCTE se contabilizam à face exterior da parede enquanto no REH se medem à face exterior do vão envidraçado, os ângulos inseridos nos cálculos foram exatamente os mesmos, dado que a folha utilizada para o cálculo do REH contabiliza o efeito do sombreamento do contorno do vão, fazendo-se então a medição à face exterior da parede.

Quadro 3.29 – Vãos envidraçados exteriores

ORIENTAÇÃO		NOME	Aenv	Sombreamento	Sombreamento	Sombreamento Pala	Sombreamento
			(m ²)	Horizonte (°)	Pala Hor. (°)	Ver. Esq. (°)	Pala Ver. Dta. (°)
NE	1	I	4,00	20	25	0	0
NE	2	H	0,40	20	25	0	0
NE	3	G	0,48	20	25	0	0
NE	4	F	1,60	20	0	0	0
NE	5	O	2,00	20	0	0	0
NE	6	N	0,40	20	0	0	0
NE	7	M	0,40	20	0	0	0
SW	8	A	5,64	20	54	0	10
SW	9	B	5,64	20	54	0	27
SW	10	C	4,40	20	38	0	0
SW	11	J	4,00	20	0	0	0
SW	12	K	1,80	20	0	0	0
SW	13	P	3,00	20	0	0	0
SW	14	L	4,40	20	0	44	0
NW	15	D	0,40	20	0	0	0
NW	16	E	1,60	20	0	0	0

3.1.4. REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Nos quadros 3.30 e 3.31 apresentam-se os requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente de acordo com cada uma das regulamentações.

Quadro 3.30 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE

PAREDES EM CONTACTO COM O SOLO		U (W/m ² .°C)		
PAREDE TÉRREA 1		0,81		
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO		Risolamento (m ² .°C/W)		
PAVIMENTO TÉRREO 1		0,81		
PAREDES EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE EXTERIOR 1		0,40	1,80	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR 1		0,68	0,80	Cumpre
VIGA 1		0,68	0,80	Cumpre
CAIXAS DE ESTORE 1		0,70	0,80	Cumpre
VÃOS OPACOS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)		
PORTA EXTERIOR 1		1,33		
COBERTURAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1		0,59	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 1		0,38	1,80	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 1		0,63	0,76	Cumpre
VIGA ENU 1		0,63	0,76	Cumpre
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAREDE INTERIOR 1				
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				

Quadro 3.31 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH

PAREDES EM CONTACTO COM O SOLO		Rw (m ² .°C/W)		
PAREDE TÉRREA 1		1,86		
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO		Rf (m ² .°C/W)		
PAVIMENTO TÉRREO 1		2,43		
PAREDES EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE EXTERIOR 1		0,40	1,75	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR 1		0,68	0,90	Cumpre
VIGA 1		0,68	0,90	Cumpre
CAIXAS DE ESTORE 1		0,70	0,90	Cumpre
VÃOS OPACOS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)		
PORTA EXTERIOR 1		1,33		
COBERTURAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1		0,59	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 1		0,38	1,75	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 1		0,63	0,90	Cumpre
VIGA ENU 1		0,63	0,90	Cumpre
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAREDE INTERIOR 1				
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				

A azul estão identificadas as diferenças entre regulamentações. Nas paredes térreas na legislação anterior era determinado o coeficiente de transmissão térmica da parede como se se tratasse de uma parede exterior enquanto no REH é determinada a resistência das camadas que constituem a parede térrea sem considerar as resistências térmicas superficiais.

Os pavimentos térreos no RCCTE eram enquadrados de acordo com a resistência do isolamento térmico que o constituía, enquanto no REH é determinada a resistência das camadas que constituem o pavimento sem considerar as resistências térmicas superficiais.

Verifica-se a diferença do coeficiente de transmissão térmica para a zona climática de inverno I1 na parede exterior e na parede em contacto com o espaço não útil ($\tau > 0,7$) que reduziu de 1,80 para 1,75 W/m².°C, pelo motivo já explicado no ponto 2.4.1.

No coeficiente de transmissão máximo das pontes térmicas planas exteriores ou em contacto com o espaço não útil verifica-se que o RCCTE é mais exigente, pois o REH permite que a ponte térmica plana não tenha um coeficiente de transmissão térmico igual ou inferior a duas vezes o coeficiente de transmissão térmica da parede em que se insere desde que o seu coeficiente de transmissão térmica seja inferior a 0,90.

3.1.5. SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)

Para a preparação de AQS foi considerado um sistema coletor solar tipo kit, composto por 2 painéis solares com área de 4,46 m², com 32° de inclinação orientado a Sul e instalado na cobertura da fração. Os painéis apresentam-se acoplados a um depósito de 280l instalado na posição horizontal junto aos painéis.

O depósito solar apresenta uma resistência elétrica (termoacumulador elétrico) incorporada e é composto por aço galvanizado lacado com duplo esmalte e com 50 mm de poliuretano, não existindo dados relativos à sua eficiência.

Utilizando estas informações e de acordo com o que era estipulado no RCCTE, a eficiência do termoacumulador seria de 0,90, dado que a tubagem de AQS não possuía isolamento térmico a eficiência passava a ser 0,80.

De acordo com a metodologia adotada pelo REH a eficiência do termoacumulador é de 0,93 e este regulamento impõe isolamento térmico no depósito de 80 mm, dado que a superfície do mesmo é superior a 2 m².

As diferenças ao nível do termoacumulador devem-se ao facto de no RCCTE as eficiências de referência serem definidas de acordo com a espessura do isolamento do depósito enquanto no REH são definidas de acordo com as perdas estáticas (Q_{pr}). O REH obriga ainda à aplicação de um isolamento térmico de 80 mm e de isolamentos térmicos nas tubagens de transporte de água quente de 30 mm de espessura.

Para além das diferenças acima no RCCTE era previsto um aumento de temperatura (ΔT) de 45° (dos 15 aos 60°C) que atualmente é de 35°C (dos 15°C aos 50°C). Esta alteração tem impacto direto na determinação das necessidades de preparação de AQS e na determinação da contribuição solar dos sistemas solares. A contribuição solar (E_{solar}) obtida para o RCCTE era de 3249 kWh, enquanto no REH este valor é de 2685 kWh. Verificou-se que a nova metodologia conduz a valores inferiores de E_{solar} para o mesmo sistema que se adotava no RCCTE.

A contribuição solar padrão (E_{solar} padrão), para estabelecer a contribuição solar mínima regulamentar, também sofreu alterações, visto que houve uma mudança das características térmicas do painel solar padrão. O RCCTE previa 1 m² de coletor solar por ocupante, enquanto o REH define 0,65 m². Estas alterações levaram a que o valor obtido pelo RCCTE de 2971 kWh passasse agora para 2107 kWh no REH.

3.1.6. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Não foram previstos sistemas de climatização, deste modo foram considerados os sistemas por defeito respetivos a cada regulamentação.

No RCCTE os sistemas por defeito correspondiam a uma resistência elétrica com eficiência de 1 na estação de aquecimento e a uma máquina frigorífica com COP de 3 na estação de arrefecimento.

Os sistemas por defeito no REH correspondem a um sistema com valor de eficiência de 1 para o inverno e no verão a um sistema de ar condicionado tipo split ou multi split com permuta ar-ar e com valor de eficiência COP de 2,8.

Verifica-se diferença na eficiência do sistema por defeito para o verão entre regulamentações, apresentando o RCCTE uma eficiência superior.

3.1.7. COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH

3.1.7.1. Dados climáticos

No quadro seguinte são apresentados os dados climáticos definidos por cada uma das regulamentações em estudo para a zona de Albufeira:

Quadro 3.32 – Dados climáticos

DADOS CLIMÁTICOS	RCCTE	REH	DADOS CLIMÁTICOS
Graus-dia (°C.dia)	1130,00	829,00	Graus-dia (°C.dia)
Zona climática de Inverno	I1	I1	Zona climática de Inverno
Zona climática de Verão	V2	V3	Zona climática de Verão
Duração da estação de aquecimento (meses)	5,30	4,80	Duração da estação de aquecimento (meses)
		4,00	Duração da estação de arrefecimento (meses)
		11,80	Temperatura média exterior Inverno (°C)
		23,10	Temperatura média exterior Verão (°C)
Norte / Sul	Sul		
Temperatura externa do projeto (°C)	33,00		
Amplitude Térmica (°C)	14,00		

As diferenças encontradas devem-se a diferentes dados climáticos adotados por cada uma das regulamentações.

Apesar de a zona climática de inverno ser igual para as duas regulamentações, o número de graus-dias (GD) é diferente, dado que no RCCTE este era na base de 20°C, enquanto no REH é na base de 18°C.

Esta alteração repercute-se essencialmente ao nível do cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e do valor máximo das mesmas. Naturalmente que também tem impacte nas necessidades nominais anuais globais de energia primária.

A diferença na zona climática de verão tem influência direta no fator solar máximo dos vãos envidraçados que no RCCTE de 0,56, enquanto que pelo REH é de 0,50.

3.1.7.2. Perdas associadas à envolvente opaca exterior

Ao nível das perdas de calor pela envolvente opaca exterior as principais diferenças verificam-se nos elementos em contacto com o solo e nas pontes térmicas lineares exteriores. Verifica-se que ao nível dos pavimentos e paredes em contacto com o solo o RCCTE apresentava valores consideravelmente superiores, enquanto o REH apresenta valores superiores nas pontes térmicas lineares exteriores.

Na figura seguinte são apresentados os valores obtidos por cada uma das regulamentações para as perdas pela envolvente exterior.

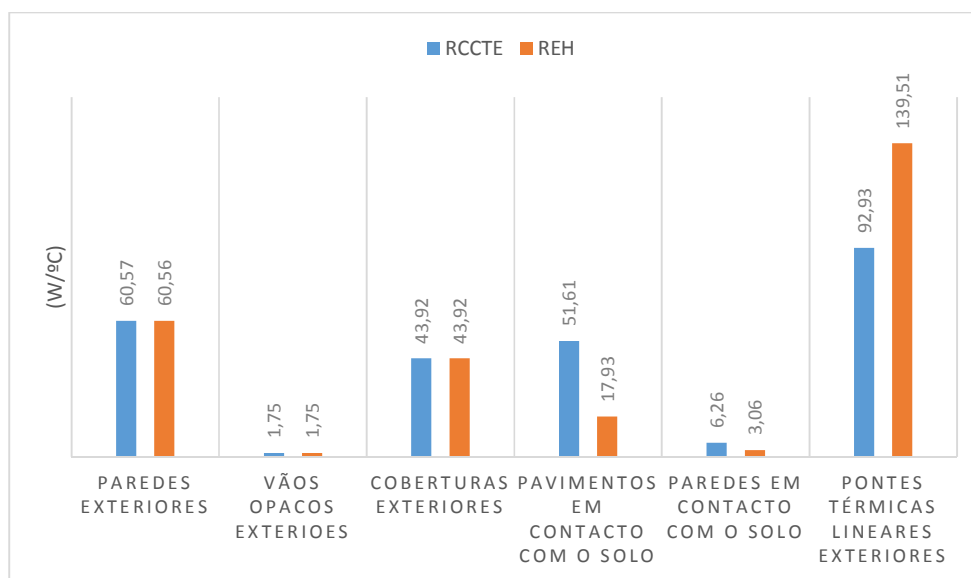


Fig. 3.4 – Perdas da envolvente opaca exterior

Nos elementos em contacto com o solo as diferenças devem-se às diferentes metodologias adotadas por cada regulamentação, enquanto nas pontes térmicas lineares exteriores as diferenças se verificam essencialmente nos coeficientes de transmissão térmica linear, que são mais gravosos no REH.

No gráfico seguinte apresenta-se a percentagem de perdas associadas a cada envolvente exterior e para cada uma das regulamentações em estudo.

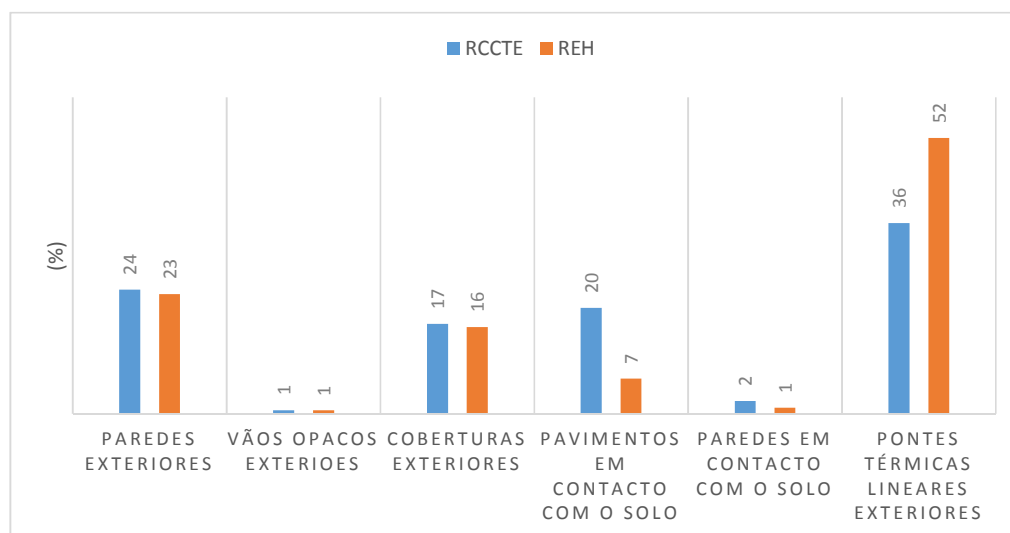


Fig. 3.5 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior

Verifica-se que no RCCTE as pontes térmicas lineares, paredes, pavimentos em contacto com o solo e coberturas representam as grandes perdas pela envolvente exterior. No REH verifica-se que metade das perdas são através das pontes térmicas lineares exteriores enquanto as restantes são essencialmente perdas pelas paredes e cobertura exterior.

Verifica-se que as perdas associadas a paredes, portas e coberturas exteriores têm pesos semelhantes no cálculo, não se verificando o mesmo para os elementos em contacto com o solo nem nas pontes térmicas lineares exteriores.

3.1.7.3. Perdas associadas à envolvente em contacto com espaço não útil

Salienta-se que a superfície de contacto com espaço não útil é muito pequena. Na figura 3.6 apresentam-se as perdas pela envolvente em contacto com espaço não útil.

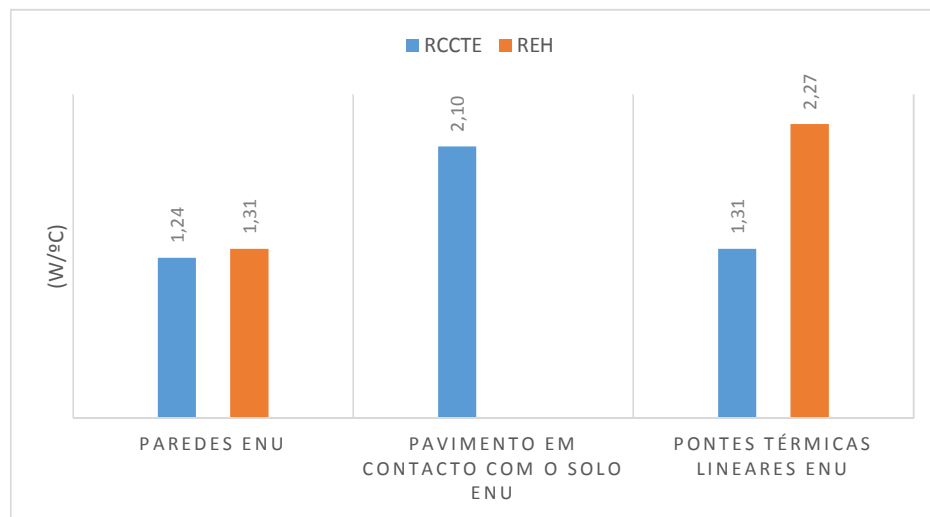


Fig. 3.6 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU

As perdas pela envolvente em contacto com espaço não útil apresentam diferenças devido à diferença do coeficiente de redução de perdas que existe entre as duas regulamentações.

Além disso no RCCTE são contabilizadas as perdas do pavimento pelo solo, dado que apresenta perímetro exposto em contacto com os arrumos. No REH não se encontram perdas do pavimento em contacto com o solo, dado que estas perdas são contabilizadas de outra forma e já foram consideradas no ponto anterior.

À semelhança das pontes térmicas lineares exteriores as diferenças para as pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis devem-se essencialmente aos diferentes valores de coeficientes de transmissão térmica linear, embora o coeficiente de redução de perdas também tenha a sua contribuição.

Na figura 3.7 é apresentada a percentagem de cada parâmetro relativamente ao total das perdas em causa.

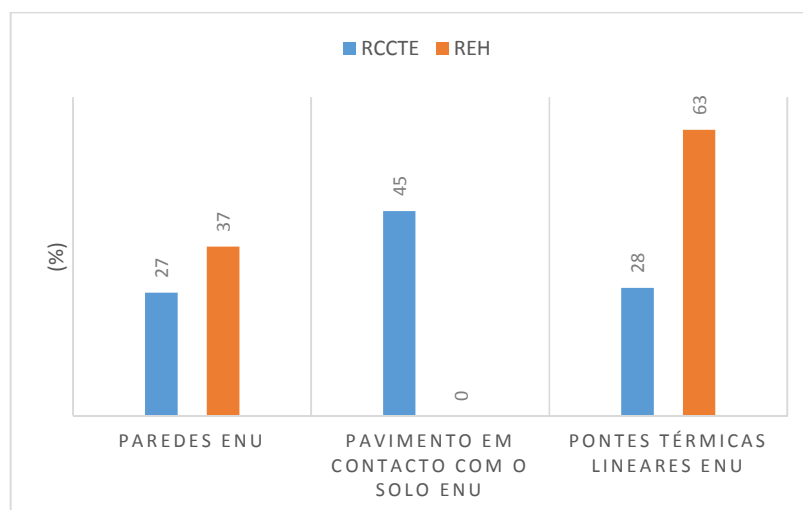


Fig. 3.7 – Percentagem das perdas da envolvente opaca em contacto com ENU

No RCCTE verifica-se que as perdas se dão principalmente pelo perímetro do pavimento em contacto com o solo, enquanto no REH as perdas se dão maioritariamente pelas pontes térmicas lineares.

3.1.7.4. Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

A este nível não se verificam diferenças, as perdas são exatamente iguais para as duas regulamentações em causa.

Na figura seguinte são representadas graficamente as perdas pelos vãos envidraçados exteriores.

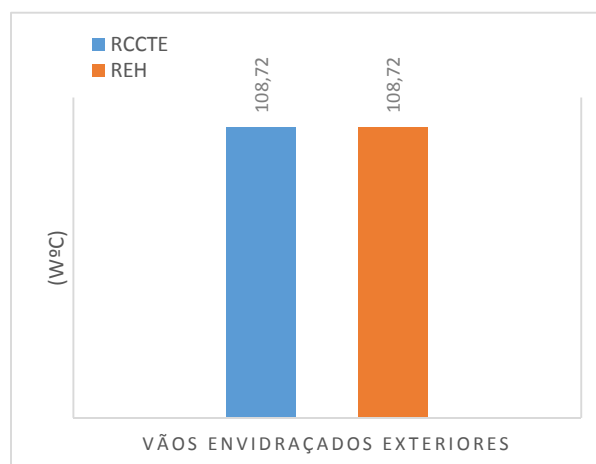


Fig. 3.8 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores

3.1.7.5. Perdas associadas à ventilação

No RCCTE o processo de cálculo da ventilação natural era relativamente simples, dependendo apenas da região onde se localiza a fração, da altura acima do solo, da classificação das caixilharias, da existência ou não de caixas de estore e da vedação das portas exteriores e em contacto com espaços não úteis. Pressupunha que as frações apresentavam características ou dispositivos construtivos apropriados para garantirem a taxa de renovação mínima.

Dado que a implementação de isolamentos térmicos começa a ser corrente e com espessuras cada vez maiores, que as caixilharias instaladas têm boa classificação de permeabilidade ao ar, é cada vez mais difícil a ventilação natural, sem se prever admissões de ar para que esta ocorra. Sendo assim, o REH adotou uma metodologia mais exigente a este nível, contabilizando todos os parâmetros que promovem a ventilação natural numa habitação e estabeleceu a taxa mínima de renovação do ar de $0,4 \text{ h}^{-1}$. Para efeitos de cálculo a metodologia determina o efeito da impulsão térmica, o efeito da ação do vento, a permeabilidade ao ar da envolvente, o caudal de aberturas de admissão de ar na envolvente exterior e o efeito das condutas de admissão e evacuação de ar.

Neste caso de estudo não se verificou qualquer dificuldade no cumprimento da taxa de renovação mínima imposta pelo RCCTE, dado que as soluções preconizadas não criaram qualquer constrangimento a este ponto. Para efeitos da determinação da taxa de renovação do ar foi determinada uma classe de exposição 2, não existiam dispositivos de admissão de ar na fachada, a caixilharia não possuía classificação de permeabilidade ao ar e os vãos envidraçados apresentavam caixas de estore.

Para o cumprimento do REH verificou-se que apesar de se considerarem 4 condutas de exaustão e 4 condutas de admissão (diâmetros inferiores a 125 mm) é ainda necessário colocar aberturas de admissão de ar na fachada com um caudal $255 \text{ m}^3/\text{h}$ (auto-reguláveis a 2 Pa).

Tendo por base catálogos de dispositivos de admissão de ar em caixilharias, verifica-se que este caudal implica um comprimento de 5.20 m.

No quadro seguinte apresentam-se as perdas por ventilação obtidos por cada uma das regulamentações:

Quadro 3.33 – Perdas associadas à ventilação

PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR	RCCTE	REH	PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR
R _{ph}	1,05	1,68	R _{ph i}
		1,68	R _{ph v}
		0,40	R _{ph estimado}
Perdas por renovação de ar (W/°C)	134,58	215,33	Perdas por renovação de ar (W/°C)

Como se verifica as perdas pelo REH são superiores, dado que a taxa de renovação do ar (R_{ph}) na estação de aquecimento e arrefecimento são superiores às determinadas pelo RCCTE.

3.1.7.6. Ganhos totais úteis na estação de aquecimento

Relativamente aos ganhos totais brutos na estação de aquecimento os resultados obtidos foram os que constam da figura seguinte:

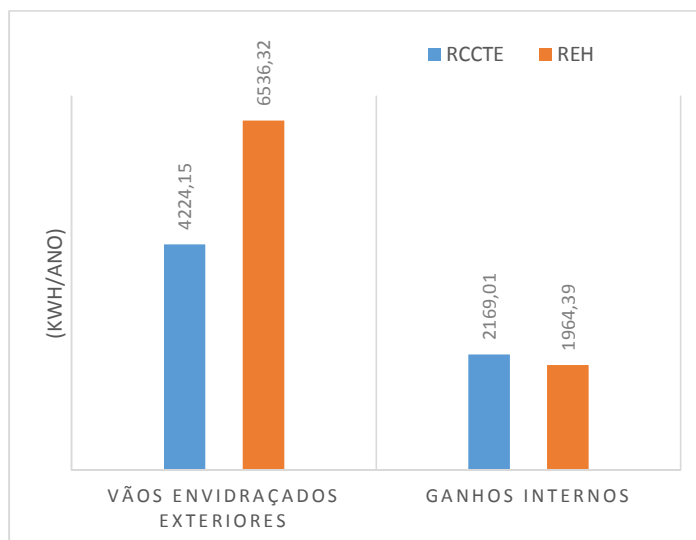


Fig. 3.9 – Ganhos brutos na estação de aquecimento

Ao nível dos ganhos solares as diferenças devem-se essencialmente ao fator solar do vidro, pois no RCCTE o fator solar do vidro considerava a existência de uma cortina muito transparente, enquanto no REH o fator solar de inverno corresponde ao fator solar do vidro.

Nos ganhos internos a diferença encontrada deve-se à duração da estação de aquecimento, que é diferente para cada um dos regulamentos.

No quadro seguinte é possível observar que o REH apesar de ter um valor inferior de ganhos internos, tem ganhos solares brutos superiores por considerar para efeitos de cálculo da estação de aquecimento os vãos envidraçados sem qualquer proteção.

Quadro 3.34 – Ganhos úteis totais

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	RCCTE	REH	GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
	kWh/ano	kWh/ano	
GANHOS BRUTOS TOTAIS	6393,16	8500,71	GANHOS BRUTOS TOTAIS
Fator de utilização de ganhos (adimensional)	0,978	0,91	Fator de utilização de ganhos (adimensional)
GANHOS ÚTEIS TOTAIS	6251,49	7771,57	GANHOS ÚTEIS TOTAIS

No fator de utilização de ganhos térmicos também se verificam diferenças, que se justificam por os valores das perdas e ganhos térmicos totais serem diferentes.

Tendo os ganhos brutos e fator de utilização de ganhos térmicos valores diferentes, não é expetável obter resultados semelhantes para os ganhos úteis totais.

3.1.7.7. Ganhos totais brutos na estação de arrefecimento

Nas figuras 3.10 e 3.11 apresentam-se os valores obtidos para os ganhos brutos na estação de arrefecimento por cada um dos diplomas em análise.

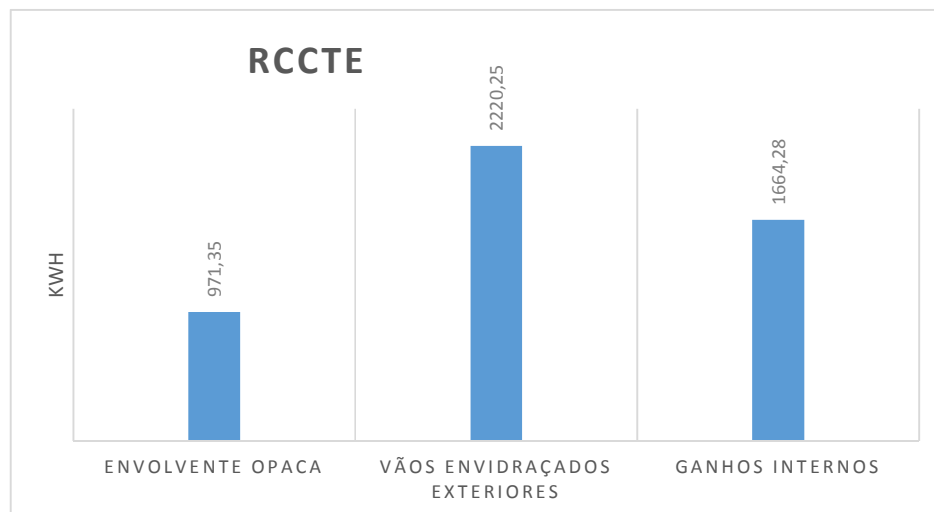


Fig. 3.10 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE

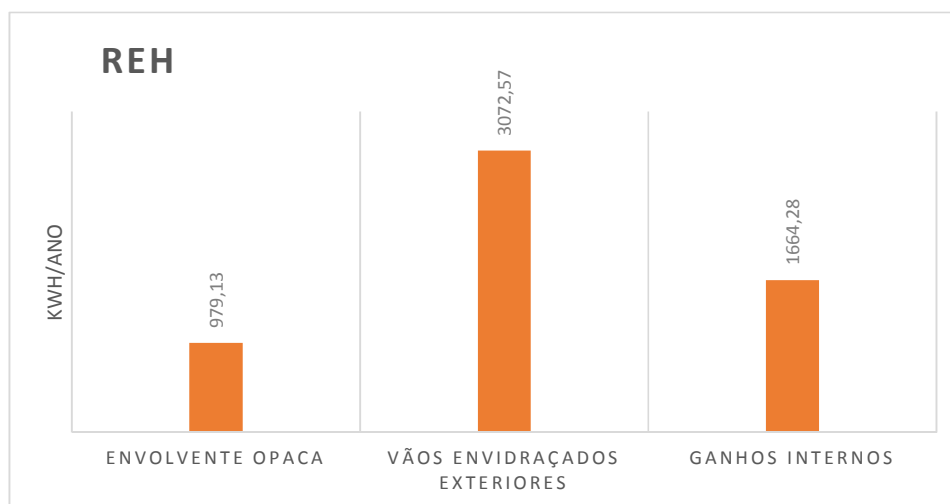


Fig. 3.11 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH

Na envolvente opaca as diferenças devem-se ao facto de no REH se considerarem os efeitos do sombreamento por palas verticais e horizontais que o RCCTE não considerava.

Nos envidraçados as diferenças verificam-se pela diferença de metodologia de cálculo do fator solar para a estação de arrefecimento. No RCCTE o fator solar de verão era determinado

considerando 30% do fator solar do vidro e 70% do fator solar da proteção, enquanto no REH é determinado em função da fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados.

Para além das diferenças referidas verifica-se também que a intensidade da radiação solar também é diferente, devido às alterações dos dados climáticos.

Na figura seguinte apresenta-se a percentagem de ganhos solares de cada componente.

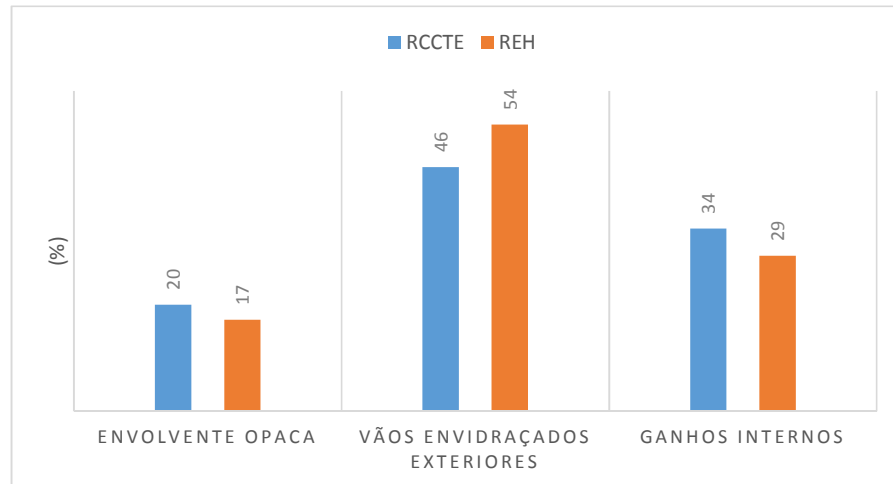


Fig. 3.12 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento

Verifica-se assim que tanto no RCCTE como no REH os ganhos solares dão-se sobretudo pela envolvente opaca e pelos ganhos internos.

Na determinação dos fatores solares máximos tanto num cálculo como noutro estes são cumpridos, no entanto os fatores solares máximos são diferentes. No RCCTE o fator solar máximo era de 0,56, dado que o edifício se encontra em zona climática V2 e tem uma inércia térmica forte. No REH o fator solar máximo é de 0,50, dado que a zona climática é V3, no entanto, para dar cumprimento à legislação é necessário ainda determinar o fator solar global máximo que contabiliza também os efeitos do sombreamento por palas verticais e horizontais, deste modo o fator solar máximo é variável para cada vão envidraçado.

Nos quadros seguintes são apresentados os fatores solares máximos para cada vão envidraçado e para cada umas das regulamentações.

Quadro 3.35 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE

ORIENTAÇÃO		NOME	$g_{100\%}$	$g_{m\acute{a}x}$
NE	1	I	0,09	-
NE	2	H	0,09	-
NE	3	G	0,75	-
NE	4	F	0,09	-
NE	5	O	0,09	-
NE	6	N	0,09	-
NE	7	M	0,09	-
SW	8	A	0,09	0,56
SW	9	B	0,09	0,56
SW	10	C	0,09	0,56
SW	11	J	0,09	0,56
SW	12	K	0,09	0,56
SW	13	P	0,09	0,56
SW	14	L	0,09	0,56
NW	15	D	0,09	-
NW	16	E	0,09	-

Quadro 3.36 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH

ORIENTAÇÃO		NOME	$g_{T\text{corrigido}}$	$g_{T\text{m\acute{a}x}}$
NE	1	I	0,08	-
NE	2	H	0,08	-
NE	3	G	0,66	-
NE	4	F	0,08	-
NE	5	O	0,08	-
NE	6	N	0,08	-
NE	7	M	0,08	-
SW	8	A	0,05	0,16
SW	9	B	0,04	0,16
SW	10	C	0,06	0,28
SW	11	J	0,08	0,23
SW	12	K	0,08	0,47
SW	13	P	0,08	0,18
SW	14	L	0,08	0,18
NW	15	D	0,08	-
NW	16	E	0,08	-

Como se pode verificar o fator solar considerado para comparação com o fator solar máximo é diferente, dado que pelo RCCTE considerava-se o fator solar com as proteções 100% ativas,

enquanto no REH são contabilizados os efeitos do sombreamento das palas verticais e horizontais.

Apesar de o fator solar considerado para efeitos de comparação ter diminuído, não diminuiu na proporção que diminuiu o fator solar máximo que é bastante inferior atualmente.

3.1.7.8. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

Na determinação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) resultam diferenças que surgem das parcelas anteriores. Na figura seguinte apresentam-se os resultados obtidos.

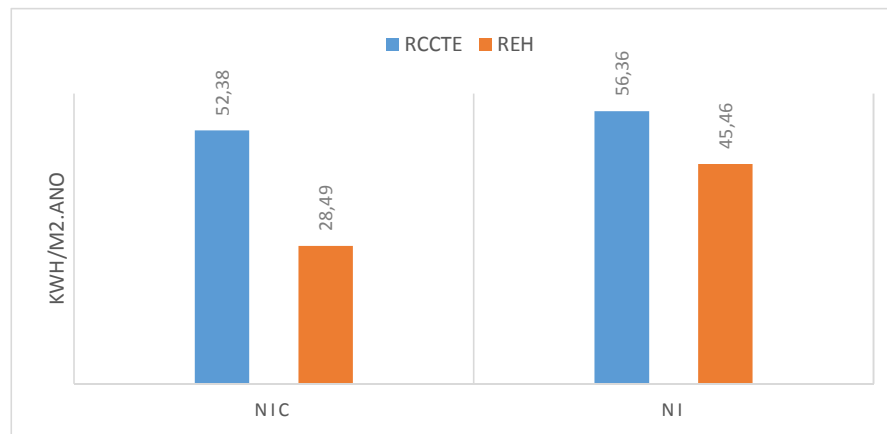


Fig. 3.13 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i)

No cálculo do valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i) o procedimento de cálculo é completamente distinto, enquanto no RCCTE se determinava com base no fator de forma, no REH a determinação é igual à prevista nas necessidades nominais anuais de energia útil, mas recorrendo aos parâmetros térmicos de referência. Isto é, o REH utiliza como termo de comparação uma fração exatamente igual à fração em estudo, mas adotando os valores de referência disposto no regulamento.

Verifica-se que apesar de se tratar da mesma habitação, os resultados obtidos indicam comportamentos diferentes, pois no REH a fração tem um bom comportamento térmico na estação de aquecimento, dado que as necessidades nominais anuais correspondem a pouco mais de metade do seu valor máximo, enquanto no RCCTE o valor calculado se encontra muito próximo do seu valor máximo, indicando um pior desempenho.

3.1.7.9. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v)

Tal como na estação de aquecimento e pelas razões que foram apontadas, também para a estação de arrefecimento os resultados são diferentes.

Na figura 3.14 são apresentados os resultados obtidos ao nível da estação de arrefecimento para cada uma das regulamentações.

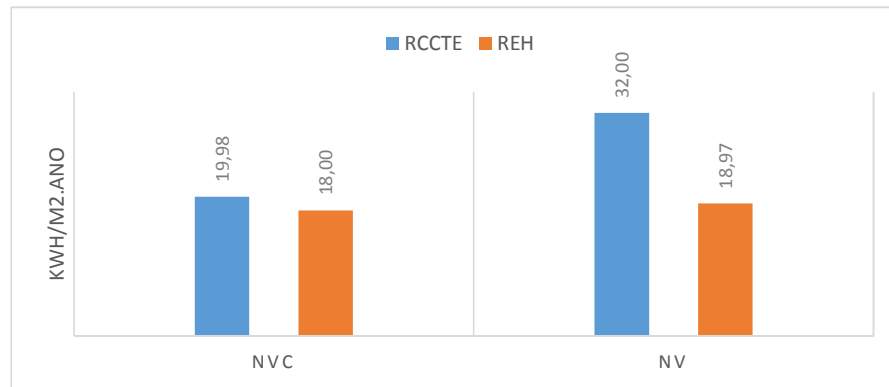


Fig. 3.14 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v)

Mais uma vez, as diferenças encontradas parecem não corresponder à mesma fração, pelo REH é possível perceber que a regulamentação é cumprida por uma pequena margem, indicando um pior desempenho, enquanto no RCCTE o valor obtido está longe do valor máximo.

3.1.7.10. Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a)

Esta verificação era feita pelo RCCTE, no REH já não é um requisito energético, pelo menos de forma direta. Nas figuras seguintes constam os valores obtidos.

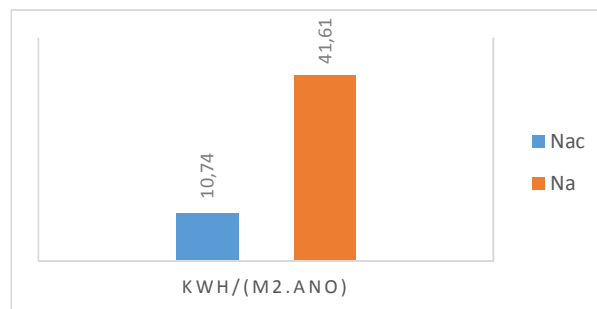


Fig. 3.15 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a) – RCCTE

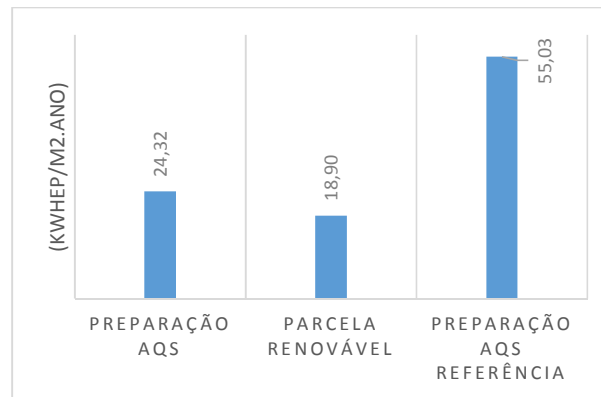


Fig. 3.16 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência para preparação de AQS - REH

Embora os valores obtidos não sejam comparáveis verifica-se que no RCCTE o valor das necessidades nominais anuais apenas contabiliza as necessidades respetivas ao equipamento do apoio de produção de AQS, dado que foi descontado o contributo do coletor solar. No REH a parcela de produção de águas quentes sanitárias engloba o contributo dos painéis solares e do equipamento de apoio de produção de AQS.

Deste modo, na figura 3.17 apresenta-se a percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS relativamente ao valor máximo.

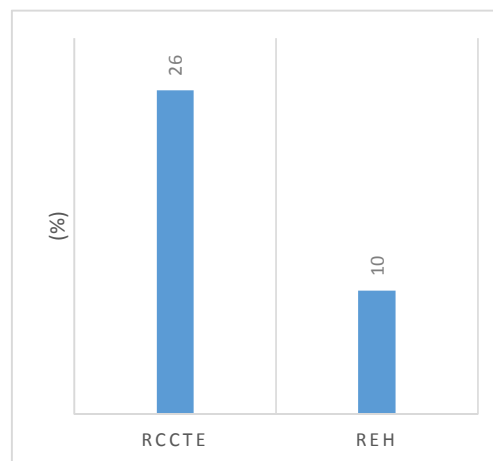


Fig. 3.17 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações

Como se verifica o RCCTE necessita mais do sistema de apoio de AQS do que o REH.

Estas diferenças devem-se sobretudo às diferentes eficiências dos sistemas de preparação de AQS, diferentes valores de aumento de temperatura (ΔT) e diferentes valores de contribuição solar (E_{solar}).

3.1.7.11. Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t)

Nas figuras 3.18 e 3.19 apresentam-se os resultados obtidos para cada uma das regulamentações em estudo.

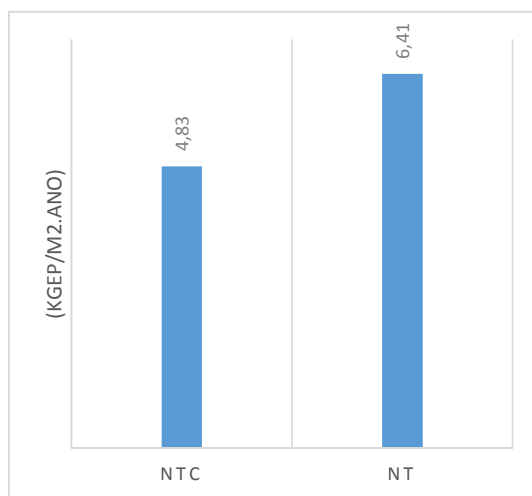


Fig. 3.18 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE



Fig. 3.19 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH

Como se verifica os resultados não podem ser comparados, dado que estão em unidades diferentes.

Para uma melhor comparação apresenta-se o rácio (N_{tc}/N_t) para determinação da classe energética na figura seguinte.

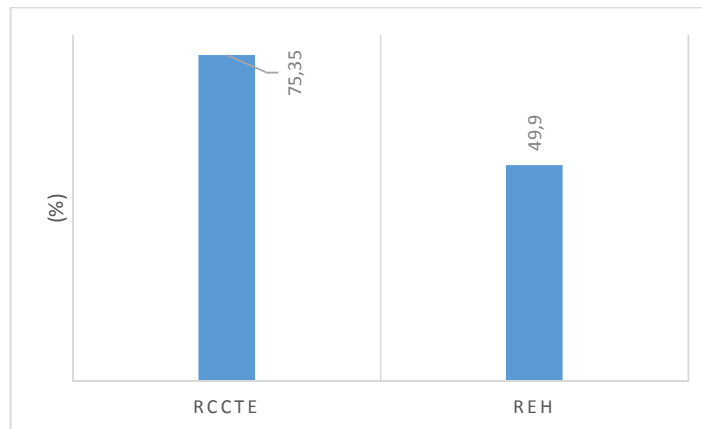


Fig. 3.20 – Rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética

Verifica-se que a mesma fração apresenta pior desempenho energético pelo RCCTE. No RCCTE a classe energética conseguida foi B-, enquanto no REH foi classe A. Na figura seguinte apresenta-se a classe energética obtida para cada um dos regulamentos para que se possa perceber a diferença de classes energéticas obtidas para a mesma fração.

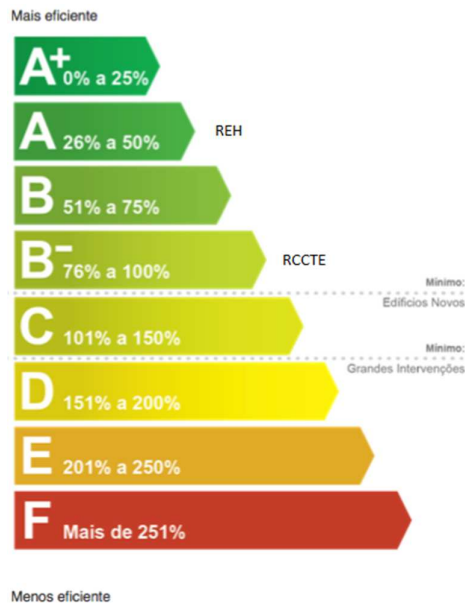


Fig. 3.21 – Classe energética

Nas figuras 3.22 e 3.23 apresenta-se a percentagem das necessidades de energia primária pelas parcelas destinadas a aquecimento, arrefecimento e AQS.

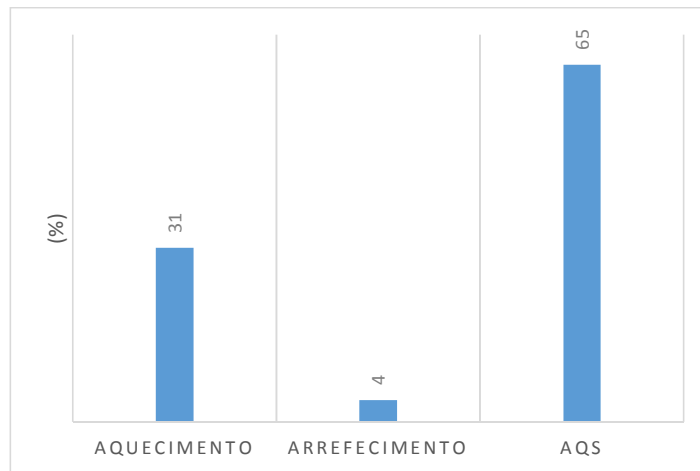


Fig. 3.22 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – RCCTE

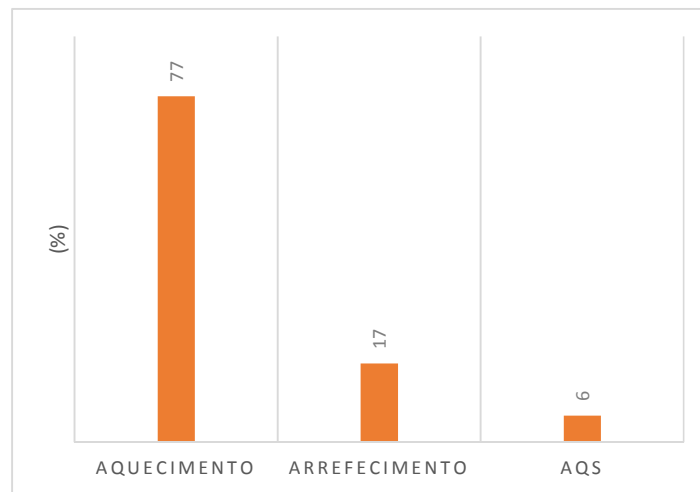


Fig. 3.23 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – REH

Como se pode verificar as parcelas de cada componente não têm uma expressão semelhante em cada uma das regulamentações.

No RCCTE verifica-se que os maiores consumos eram relativos aos AQS enquanto no REH correspondem ao aquecimento. Já os menores consumos correspondem ao arrefecimento e AQS no RCCTE e REH, respetivamente.

Ao analisar estes resultados não parece que se trata da mesma fração, pois o RCCTE indica que um bom comportamento na estação de arrefecimento e um pior desempenho ao nível da preparação de AQS. No REH os resultados indicam que a fração tem um pior desempenho na estação de aquecimento, tendo um bom comportamento na estação de arrefecimento e nos AQS.

No RCCTE verifica-se também uma contradição de resultados, dado que nos requisitos energéticos é possível perceber que a maior dificuldade no cumprimento dos requisitos energéticos era ao nível da estação de aquecimento, contudo os resultados obtidos das parcelas das necessidades de energia primária indicam que os maiores gastos correspondiam à parcela de AQS.

No REH a informação final também não é a mais coerente, dado que a maior dificuldade se verificou no cumprimento regulamentar da estação de arrefecimento, contudo os resultados das parcelas de energia primária apresentam maiores necessidades na estação de aquecimento.

3.1.8. ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS

Para uma melhor análise dos fatores que influenciam a classe energética em cada um dos regulamentos procedeu-se às seguintes alterações aos cálculos iniciais:

- i. aumento da espessura de isolamento térmico das paredes exterior, térrea e em contacto com espaços não úteis em mais 6 cm, assim como em todas as pontes térmicas planas;
- ii. aumento da espessura de isolamento térmico das coberturas exteriores em mais 6 cm;
- iii. aumento da espessura de isolamento térmicos do pavimento térreo em mais 6 cm;
- iv. alteração sistema de apoio de AQS atual (termoacumulador elétrico) por um esquentador a gás propano com eficiência de 0,881;
- v. alteração dos sistemas de climatização por defeito para sistemas de climatização split ou multi split com eficiências COP 3,66 e EER 3,37.

O objetivo destas alterações é avaliar quais as medidas que conduzem a uma melhor classe energética, de forma a perceber como cada regulamento promove uma melhor eficiência energética e se essa é a forma mais adequada aos objetivos pretendidos

No quadro seguinte apresentam-se os resultados obtidos para os vários requisitos energéticos para cada um dos cálculos iniciais e para cada uma das variações mencionadas acima.

Quadro 3.37 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Nic	52,38	28,49	47,24	25,32	48,43	26,02	52,38	28,35	52,38	28,49	52,38	28,49
Ni	56,36	45,46	56,36	45,46	56,36	45,46	56,36	45,46	56,36	45,46	56,36	45,46
Nvc	19,98	18,00	19,87	18,01	18,86	16,93	19,98	18,21	19,98	18,17	19,98	18,17
Nv	32,00	18,97	32,00	18,97	32,00	18,97	32,00	18,97	32,00	18,97	32,00	18,97
Nac	10,74		10,74		10,74		10,74		11,56		10,74	
Na	41,61		41,61		41,61		41,61		41,61		41,61	
Preparação AQS		24,32		24,32		24,32		24,32		21,18		24,32
Referência Preparação AQS		55,03		55,03		55,03		55,03		24,32		55,03
Ntc	4,83	92,71	4,68	84,82	4,70	85,59	4,83	92,56	2,71	89,74	3,70	38,37
Nt	6,41	185,62	6,41	185,62	6,41	185,62	6,41	185,62	6,41	154,91	6,41	107,49
Rácio	0,754	0,499	0,730	0,457	0,733	0,461	0,754	0,499	0,423	0,579	0,577	0,357
Classe Energética	B-	A	B	A	B	A	B-	A	A	B	B	A

Verifica-se que a implementação de maiores espessuras de isolamento nas paredes e nas coberturas diminui significativamente as necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) e diminui ligeiramente as necessidades de arrefecimento (N_{vc}). Esta alteração traduz-se numa melhoria mais significativa no REH do que no RCCTE, contudo no RCCTE essa pequena diferença conduz a uma melhor classe energética, que passa de B- para B.

No REH o aumento da espessura do pavimento térreo teve uma ligeira influência positiva nas necessidades nominais da estação de aquecimento e uma ligeira influência negativa nas necessidades nominais na estação de arrefecimento. Esta variação levou a uma singela melhoria nas necessidades nominais anuais globais de energia primária. No RCCTE não teve qualquer influência nos resultados obtidos para as necessidades nominais de aquecimento nem arrefecimento, não se verificando quaisquer alterações nas necessidades nominais anuais globais de energia primária.

No RCCTE a alteração do sistema de apoio de AQS de um termoacumulador elétrico para um esquentador a gás propano provocou um aumento das necessidades para preparação de AQS, dado que a eficiência do esquentador a gás propano é inferior à do termoacumulador, contudo nas necessidades nominais anuais globais de energia primária teve um impacto positivo no RCCTE, verificando-se uma alteração significativa da classe energética de B- para A. No REH esta alteração traduziu-se numa pior classe energética que neste caso passou de A para B, pois diminui a eficácia do equipamento.

A aplicação de um sistema de climatização do tipo ar condicionado (split ou multi split ar-ar) com eficiências de COP 3.66 e EER 3.37 traduz-se numa melhoria do rácio significativa nas duas regulamentações em estudo, diminuindo o rácio em cerca de 15%. No RCCTE levou a uma alteração de classe energética que passou de B- para B, enquanto no REH a classe se manteve.

A figura seguinte apresenta a representação gráfica da alteração do rácio da classe energética para uma melhor percepção da variação do mesmo de acordo com as alterações mencionadas.

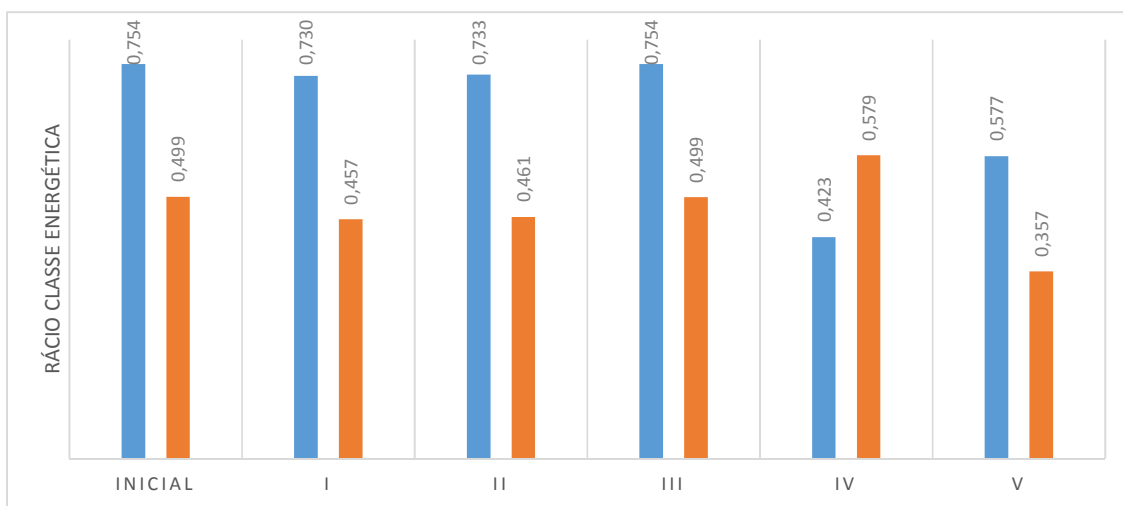


Fig. 3.24 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização

Verifica-se que no RCCTE a alteração do sistema de AQS foi a variação mais significativa e que se traduziu numa melhor classe energética, enquanto no REH a alteração dos sistemas de climatização foi a que teve um melhor impacto no rácio da determinação da classe energética, ainda assim não alterou a classe energética.

3.2. CASO DE ESTUDO 2 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR SUJEITO A AMPLIAÇÃO

O presente caso de estudo corresponde a uma moradia unifamiliar existente (anterior a 1960) sujeita a uma ampliação (grande reabilitação), situada em Faro, a uma altitude de 14 metros, a uma distância da costa inferior a 5 km, situada em zona urbana, constituída por três pisos. A fração é de tipologia T3. A produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um coletor solar termossifão, cujo depósito solar possui uma resistência elétrica. Não estão previstos sistemas de aquecimento nem arrefecimento ambiente. A ventilação processa-se de forma natural.

O piso do rés-do-chão não sofre qualquer alteração, ampliando-se os dois pisos acima deste.

A fração dispõe de uma garagem exterior com a qual não confronta e contacta com edifício adjacente na orientação Norte.

Nas figuras seguintes são apresentadas as plantas de arquitetura respetivas do rés-do-chão, 1º andar, 2º andar e cobertura.

No Anexo II encontram-se as peças desenhadas relativas a este caso de estudo, assim como os documentos de cálculo.

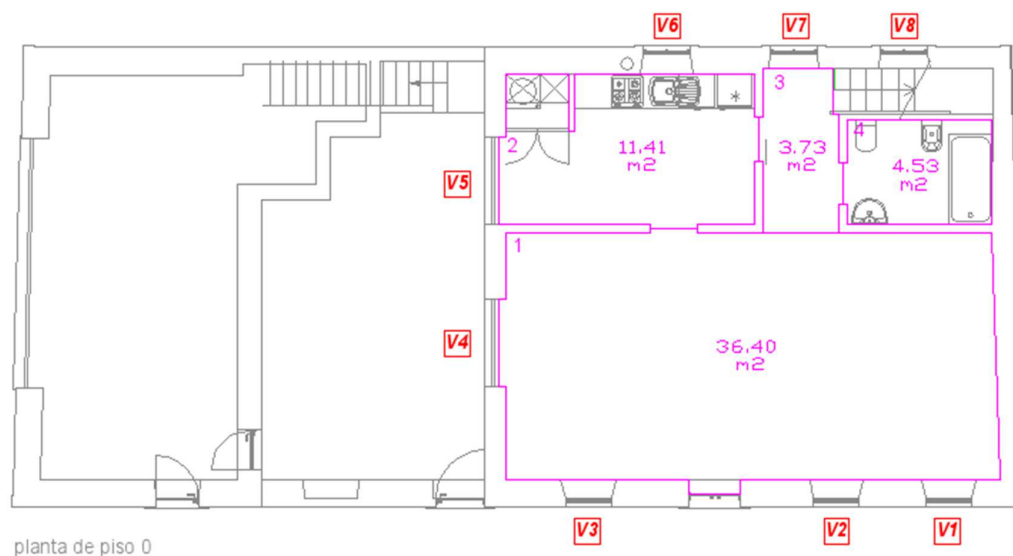


Fig. 3.25 – Planta do rés-do-chão, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

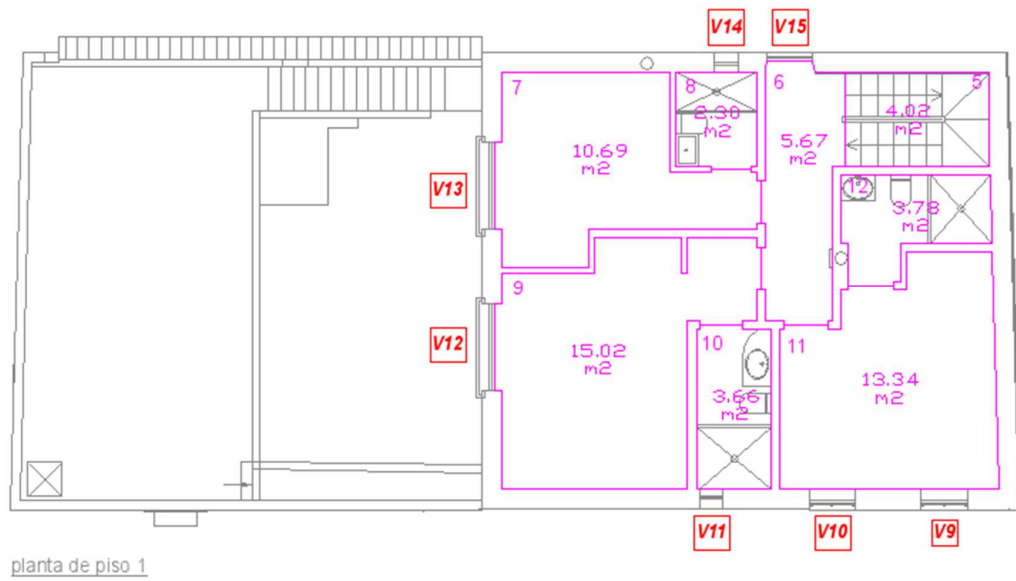


Fig. 3.26 – Planta do 1º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

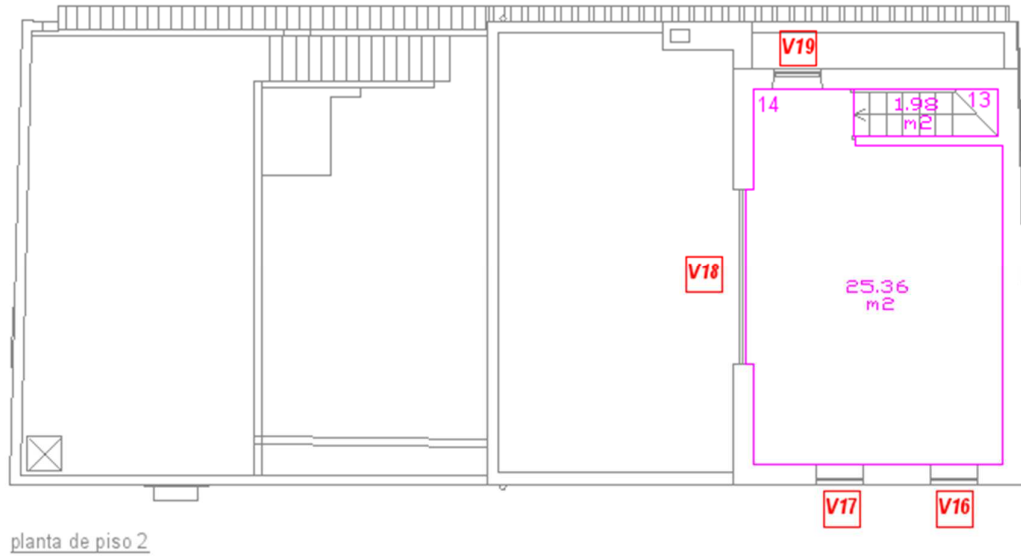


Fig. 3.27 – Planta do 2º andar, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

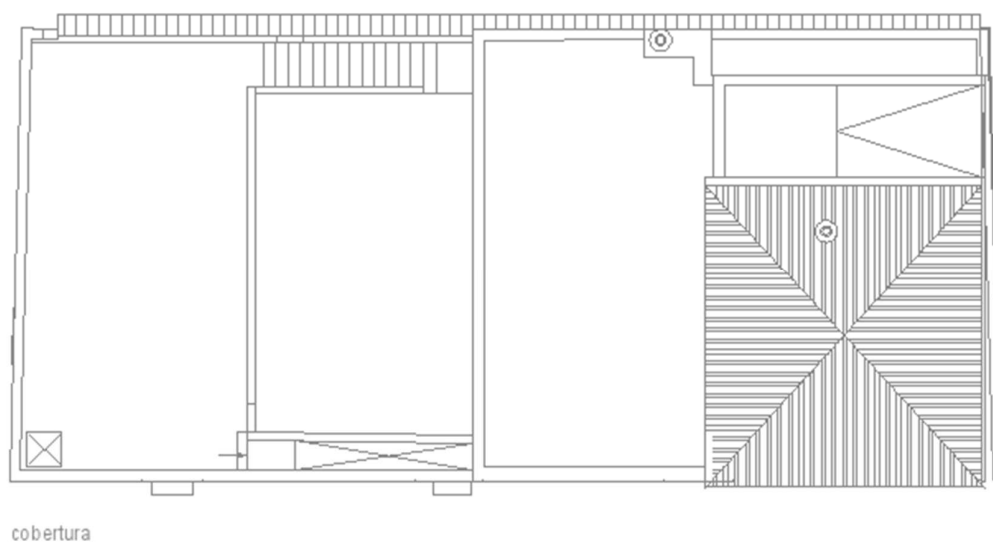


Fig. 3.28 – Planta da cobertura, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

Tal como para o caso de estudo 1, será feita a análise pelo RCCTE e pelo REH.

Serão analisadas as seguintes alterações para cada um dos cálculos:

- aumento da espessura de isolamento das paredes;
- aumento da espessura de isolamento das coberturas;
- aumento da espessura de isolamento do pavimento em contacto com o solo;
- alteração do sistema de produção de AQS;
- alteração do sistema de climatização.

Serão avaliados os pontos seguintes de forma a analisar as diferenças entre regulamentos:

- zonamento climático;
- parâmetros térmicos;
- requisitos da qualidade térmica da envolvente;
- requisitos de ventilação;
- requisitos dos sistemas técnicos;
- requisitos energéticos;
- classe energética.

3.2.1. ÁREA ÚTIL E PÉ-DIREITO

São verificadas diferenças na consideração dos compartimentos necessários para avaliação por cada um dos diplomas, dado o RCCTE aplica-se exclusivamente à área a ampliar, enquanto o REH contabiliza a área existente e a área a ampliar.

Nos quadros 3.38 e 3.39 apresentam-se a área útil e pé-direito determinados para cada um dos cálculos.

Quadro 3.38 – Levantamento dimensional - RCCTE

ZONA	ÁREA ÚTIL (m ²)	PÉ-DIREITO (m)	Área*PD
5	4,02	0,56	2,23
6	5,67	2,60	14,74
7	10,67	2,60	27,74
8	2,30	2,60	5,98
9	15,02	2,60	39,05
10	3,66	2,60	9,52
11	13,34	2,60	34,68
12	3,78	2,60	9,83
13	1,98	2,25	4,46
14	25,35	2,54	64,35
ÁREA ÚTIL TOTAL	85,79		VOLUME
PÉ-DIREITO MÉDIO		2,48	212,58

Quadro 3.39 – Levantamento dimensional – REH

ZONA	ÁREA ÚTIL (m ²)	PÉ-DIREITO (m)	Área*PD
1	36,40	2,78	101,19
2	11,41	2,78	31,72
3	3,73	2,78	10,37
4	4,53	2,44	11,04
5	4,02	2,86	11,50
6	5,67	2,60	14,74
7	10,67	2,60	27,74
8	2,30	2,60	5,98
9	15,02	2,60	39,05
10	3,66	2,60	9,52
11	13,34	2,60	34,68
12	3,78	2,60	9,83
13	1,98	2,25	4,46
14	25,35	2,54	64,35
ÁREA ÚTIL TOTAL	141,86		VOLUME
PÉ-DIREITO MÉDIO		2,65	376,17

3.2.2. ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

Neste edifício existe uma garagem, no entanto esta não confronta com a fração em estudo, dado que é um corpo independente, e como tal, não tem qualquer efeito nos cálculos.

A fração contacta com edifício adjacente, cujo coeficiente de redução de perdas (τ - RCCTE e b_{tr} – REH) toma o valor de 0,6 em ambas as regulamentações.

3.2.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

Para a avaliação térmica da fração, tendo em atenção a arquitetura existente e a arquitetura a ampliar, foram definidas as seguintes envolventes opacas:

- pavimento térreo existente;
- parede exterior existente;
- parede exterior da zona ampliada;
- pilar da zona ampliada;
- viga da zona ampliada;
- porta exterior existente;
- cobertura exterior;
- parede existente em contacto com edifício adjacente;
- parede em contacto com edifício adjacente da zona ampliada;
- pilar em contacto com espaço com edifício adjacente da zona ampliada;
- viga em contacto com edifício adjacente da zona ampliada;
- parede de compartimentação;
- pavimento intermédio.

3.2.3.1. Constituição da envolvente opaca

Nos quadros 3.40 a 3.51 encontram-se os dados relativos à constituição da envolvente opaca existente da zona ampliada, onde se apresenta a determinação das resistências térmicas, dos coeficientes de transmissão térmica e da massa para o cálculo da inércia.

Quadro 3.40 – Pavimento térreo existente

PAVIMENTO TÉRREO 1						
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m ² °C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Rf (m ² °C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300,0	0,01	0,01	18,40	18,40
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,0	0,10	0,56	50,00	50,00
betonilha	1,650	2150,0	0,04	0,02	86,00	86,00
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95	
betão armado com menos de 1% de armadura (em volume)	2,000	2350,0	0,15	0,08	352,50	
areia, gravilha, seixo, brita	2,000	1950,0	0,30	0,15	585,00	
TOTAL			0,66	2,43	1093,85	136,00

Quadro 3.41 – Parede exterior existente

PAREDE EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00	19,00	
parede alvenaria ordinária (anterior a 1960)		850	0,4	0,23	340,00	340,00	
placas de gesso carbonado	0,25	875	0,013	0,05	11,38	11,38	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,42	0,46	370,38	370,375	2,18

Quadro 3.42 – Parede exterior da zona ampliada

PAREDE EXTERIOR 2							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,07	1,89	2,28		
pano de tijolo furado 20 cm		1400	0,2	0,52	280,00	280,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,02	0,05	20,00	20,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,30	2,64	321,28	300	0,38

Quadro 3.43 – Pilar ou viga da zona ampliada

PILAR OU VIGA 2							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,07	1,89	2,28		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00	480,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,02	0,05	20,00	20,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,30	2,20	521,28	500	0,45

Quadro 3.44 – Porta exterior existente

PORTA EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
madeiras densas	0,23	810	0,05	0,22	40,50	40,50	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,05	0,39	40,50	40,5	2,58

Quadro 3.45 – Cobertura exterior plana (fluxo ascendente)

COBERTURA EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial superior				0,04			
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300	0,008	0,01	18,40		
betonilha	1,650	2150,0	0,03	0,02	64,50		
membranas flexíveis impregnadas com betume	0,230	1050,0	0,006	0,03	6,30		
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,000	0,1	0,56	50,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00	480,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,01	0,03	10,00	10,00	
Resistência superficial inferior				0,1			
TOTAL			0,41	2,47	631,15	490	0,40

Quadro 3.46 – Cobertura exterior inclinada (fluxo ascendente)

COBERTURA EXTERIOR 2							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial superior				0,04			
Telha cerâmica							
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00	480,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,01	0,03	10,00	10,00	
Resistência superficial inferior				0,1			
TOTAL			0,27	1,87	491,95	490	0,54

Quadro 3.47 – Parede existente em contacto com edifício adjacente

PAREDE ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
parede alvenaria ordinária (anterior a 1960)		850	0,4	0,23	340,00	340,00	
placas de gesso cartonado	0,25	875	0,013	0,05	11,38	11,38	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,41	0,54	351,38	351,375	1,85

Quadro 3.48 – Parede da zona ampliada em contacto com edifício adjacente

PAREDE ENU 2							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,07	1,89	2,28		
pano de tijolo furado 20 cm		1400	0,2	0,52	280,00	280,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,02	0,05	20,00	20,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,30	2,73	321,28	300	0,37

Quadro 3.49 – Pilar ou viga da zona ampliada em contacto com edifício adjacente

PILAR ENU OU VIGA ENU 2							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,07	1,89	2,28		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00	480,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,02	0,05	20,00	20,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,30	2,29	521,28	500	0,44

Quadro 3.50 – Parede de compartimentação interior

PAREDE INTERIOR 1					
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
pano de tijolo furado 11 cm	1400	0,11	154	154	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
TOTAL		0,15	194	194	

Quadro 3.51 – Pavimento entre pisos

PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)
cerâmica vidrada	2300	0,008	18,4	18,4
betonilha	2150,0	0,03	64,5	64,5
betão de inertes de poliestireno expandido	500,000	0,1	50	50
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2400	0,2	480	480
estruque tradicional	1000	0,01	10	10
TOTAL		0,348	622,9	622,9

3.2.3.2. Constituição da envolvente não opaca

Na execução dos cálculos por cada um dos regulamentos verificou-se que a solução adotada pelo RCCTE não era regulamentar no REH. Deste modo não foi possível considerar a mesma solução de vãos envidraçados em ambas as regulamentações. Sendo assim, apresentam-se nos quadros seguintes as soluções de vãos envidraçados adotadas para cada um dos diplomas:

Quadro 3.52 – Soluções vãos envidraçados adotadas pelo RCCTE

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	g_{\perp}	g_{inv}	$g_{100\%}$	$g_{verão}$
1 V11, V14	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (wc), Oeste (wc), em caixilharia madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo fosco + incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 16 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,2 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, protecção solar interior com portada de madeira de cor clara	2,20	0,75	0,63	0,35	0,47
2 V9, V10, V12, V13, V15, V16, V17, V18, V19	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (quartos, sótão), Sul (quartos, sótão) Oeste (sótão), em caixilharia madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 16 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,2 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, protecção solar interior com portada de madeira de cor clara	2,20	0,75	0,63	0,35	0,47

Quadro 3.53– Soluções vãos envidraçados adotadas pelo REH

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	$g_{\perp,vi}$	g_T
1 V11, V14	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (wc), Oeste (wc), em caixilharia madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro reflectante colorido + incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 16 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,2 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, protecção interior com portada de madeira de cor clara	2,20	0,40	0,19
2 V9, V10, V12, V13, V15, V16, V17, V18, V19	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (quartos, sótão), Sul (quartos, sótão) Oeste (sótão), em caixilharia madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro reflectante colorido + incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 16 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,2 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, protecção interior com portada de madeira de cor clara	2,20	0,40	0,19
3 V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (sala), Sul (sala e cozinha), Oeste (cozinha, circulação, escadas), em caixilharia madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor com 4 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 3,4 W/m ² .°c.	Sem protecção solar exterior, protecção interior com portada de madeira de cor clara	3,40	0,88	0,31

Para além das diferentes soluções, e como já foi referenciado no caso de estudo 1, também os valores de fator solar na estação de aquecimento e fator solar na estação de arrefecimento são determinados de forma diferente.

No REH são também considerados os vãos envidraçados existentes, que não sofreram qualquer intervenção.

3.2.3.3. Medições de envolventes

Aqui são apresentadas todas as medições de envolventes necessárias para a determinação do comportamento térmico.

As medições correspondem essencialmente a:

- áreas de envolvente opaca vertical exterior por cada tipo de envolvente (quadro 3.54 e 3.55);
- ângulos de sombreamento da envolvente vertical opacas exterior (quadro 3.56);
- áreas de elementos em contacto com o solo (quadro 3.57);
- áreas de envolvente opaca horizontal exterior (quadro 3.58);
- áreas da envolvente vertical em contacto com edifícios adjacentes (quadro 3.59 e 3.60);
- áreas de elementos de compartimentação interior à fração (quadros 3.61 a 3.63);
- comprimentos lineares das pontes térmicas lineares exteriores (quadros 3.64 e 3.65);
- áreas de vãos envidraçados (quadros 3.66 e 3.67);
- ângulos de sombreamento dos vãos envidraçados (quadros 3.66 e 3.67).

As medições de envolventes feitas são diferentes para cada regulamentação, deste modo, apresentam-se nos quadros seguintes as medições feitas para cada uma delas.

Quadro 3.54 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação pelo RCCTE (m²)

Elemento	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
TOTAL	3,96	0,00	33,53	0,00	32,64	0,00	29,83	0,00
PILAR 2	0,13	0,00	0,24	0,00	1,00	0,00	0,47	0,00
VIGA 2	0,95	0,00	2,51	0,00	2,71	0,00	2,57	0,00
PAREDE EXTERIOR 2	2,88	0,00	27,28	0,00	16,93	0,00	24,58	0,00

Quadro 3.55 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação pelo REH (m²)

Elemento	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
TOTAL	3,96	0,00	57,25	0,00	51,66	0,00	48,28	0,00
PILAR 2	0,13	0,00	0,24	0,00	1,00	0,00	0,47	0,00
VIGA 2	0,95	0,00	2,51	0,00	2,71	0,00	2,57	0,00
PAREDE EXTERIOR 1	0,00	0,00	18,49	0,00	13,02	0,00	15,17	0,00
PAREDE EXTERIOR 2	2,88	0,00	27,28	0,00	16,93	0,00	24,58	0,00

Quadro 3.56 – Ângulos de sombreamento considerados no REH (°)

	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos
Pala Horizontal	0		3		0		3
Pala Esquerda	0		0		22		3
Pala Direita	0		0		27		1

Quadro 3.57 – Área de pavimento em contacto com o solo pelo REH

PAVIMENTOS TÉRREOS	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO TÉRREO 1	56,07

Quadro 3.58 – Área de envolvente opaca horizontal em contacto com o exterior pelo REH e pelo RCCTE

COBERTURAS EXTERIOES	ÁREA (m ²)
COBERTURA EXTERIOR 1	36,56
COBERTURA EXTERIOR 2	22,06

Quadro 3.59 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com edifício adjacente considerada pelo RCCTE (m²)

Elemento	Edifício Adjacente
TOTAL	26,02
PILAR ENU 2	1,38
VIGA ENU 2	1,38
PAREDE ENU 2	23,25

Quadro 3.60 – Área de envolvente opaca vertical em contacto com edifício adjacente considerada pelo REH (m²)

Elemento	Edifício Adjacente
TOTAL	42,78
PILAR ENU 2	1,38
VIGA ENU 2	1,38
PAREDE ENU 1	16,76
PAREDE ENU 2	23,25

Quadro 3.61 – Área de paredes de compartimentação considerada pelo RCCTE

PAREDES COMPARTIMENTAÇÃO	ÁREA (m ²)
PAREDE INTERIOR 1	97,07

Quadro 3.62 – Área de paredes de compartimentação considerada pelo REH

PAREDES COMPARTIMENTAÇÃO	ÁREA (m ²)
PAREDE INTERIOR 1	138,24

Quadro 3.63 – Área de pavimentos entre pisos considerada pelo RCCTE e pelo REH

PAVIMENTOS INTERMÉDIOS	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1	81,77

Quadro 3.64 – Pontes térmicas lineares exteriores determinadas no RCCTE (m)

PTL's	Isolamento térmico pelo exterior
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. - Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermédios	32,73
D1) F. - Cobertura inclinada	19,86
D2) F. - Cobertura plana	17,91
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	0,00
G) F. - com caixa de Estore	0,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	51,44
F) Duas paredes verticais	14,23
Outras	
F. - Pavimento	10,83
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	0,00
F. - Cobertura	1,40

Quadro 3.65 – Pontes térmicas lineares exteriores determinadas no REH (m)

PTL's	Sem Isolamento térmico	Isolamento térmico pelo exterior	
Fachada com pavimentos térreos	23,64	0	
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0	
	Isolamento sobre pavimento	0	
Fachada com pavimento intermédio	23,64	32,73	
Fachada com varanda	0	10,83	
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob cobertura	0	
	Isolamento sobre cobertura	0	39,17
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0	0
	Isolamento não contacta com a caixilharia	46,2	51,44
Zona de caixas de estore	0	0	
Duas paredes salientes	5,055	14,23	

Quadro 3.66 – Vãos envidraçados exteriores determinados pelo RCCTE

ORIENTAÇÃO		NOME	Aenv (m ²)	Sombreamento	Sombreamento	Sombreamento Pala	Sombreamento
				Horizonte (°)	Pala Hor. (°)	Ver. Esq. (°)	Pala Ver. Dta. (°)
E	4	V11	0,35	45	5	0	0
E	5	V9	0,70	45	5	0	0
E	6	V10	0,69	45	5	0	0
E	7	V16	0,88	45	19	0	0
E	8	V17	0,88	45	19	0	0
S	11	V12	3,00	45	0	0	0
S	12	V13	3,00	45	0	0	0
S	13	V18	6,00	45	7	0	17
W	17	V14	0,44	45	0	0	0
W	18	V15	0,88	45	0	0	0
W	19	V19	0,88	45	0	36	0

Quadro 3.67 – Vãos envidraçados exteriores determinados pelo REH

ORIENTAÇÃO		NOME	Aenv	Sombreamento	Sombreamento	Sombreamento Pala	Sombreamento
			(m ²)	Horizonte (°)	Pala Hor. (°)	Ver. Esq. (°)	Pala Ver. Dta. (°)
E	1	V1	1,07	45	3	0	0
E	2	V2	1,07	45	3	0	0
E	3	V3	1,07	45	3	0	0
E	4	V11	0,35	45	5	0	0
E	5	V9	0,70	45	5	0	0
E	6	V10	0,69	45	5	0	0
E	7	V16	0,88	45	19	0	0
E	8	V17	0,88	45	19	0	0
S	9	V4	3,00	45	0	54	57
S	10	V5	3,00	45	0	35	67
S	11	V12	3,00	45	0	0	0
S	12	V13	3,00	45	0	0	0
S	13	V18	6,00	45	7	0	17
W	14	V6	1,10	45	9	0	0
W	15	V7	1,10	45	9	0	0
W	16	V8	1,10	45	9	0	0
W	17	V14	0,44	45	0	0	0
W	18	V15	0,88	45	0	0	0
W	19	V19	0,88	45	0	36	0

3.2.4. REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Nos quadros 3.68 e 3.69 apresentam-se os requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente de acordo com cada uma das regulamentações.

Quadro 3.68 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE

PAREDES EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE EXTERIOR 2		0,38	1,8	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR 2		0,45	0,76	Cumpre
VIGA 2		0,45	0,76	Cumpre
COBERTURAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1		0,40	1,25	Cumpre
COBERTURA EXTERIOR 2		0,54	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 2		0,37	2,00	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 2		0,44	0,73	Cumpre
VIGA ENU 2		0,44	0,73	Cumpre
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAREDE INTERIOR 1				
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				

Quadro 3.69 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO		Rf (m ² .°C/W)		
PAVIMENTO TÉRREO 1		2,43		
PAREDES EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE EXTERIOR 1 (EXISTENTE)		2,18		
PAREDE EXTERIOR 2		0,38	1,75	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR 2		0,45	0,90	Cumpre
VIGA 2		0,45	0,90	Cumpre
VÃOS OPACOS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PORTA EXTERIOR 1		2,58		
COBERTURAS EXTERIORES		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1		0,40	1,25	Cumpre
COBERTURA EXTERIOR 2		0,54	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 1 (EXISTENTE)		1,85		
PAREDE ENU 2		0,37	2,00	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 2		0,44	0,90	Cumpre
VIGA ENU 2		0,44	0,90	Cumpre
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAREDE INTERIOR 1				
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				

Mais uma vez foram verificadas as diferenças ao nível dos coeficientes de transmissão máxima da parede exterior e das pontes térmicas planas, já referidas no caso de estudo 1.

A parede exterior existente e a parede em contacto com edifício adjacente existente não estão sujeitas aos requisitos mínimos da qualidade da envolvente térmica.

3.2.5. SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)

Para a preparação de AQS foi definido o mesmo sistema que o adotado no caso de estudo 1, isto é, um sistema solar do tipo termossifão, composto por 2 painéis solares com área de 4.46 m², com 23° de inclinação orientado a Sul e instalado na cobertura da fração. Os painéis apresentam-se acoplados a um depósito de 280l instalado na posição horizontal junto aos painéis.

O depósito solar apresenta uma resistência elétrica incorporada e é composto por aço galvanizado lacado com duplo esmalte e com 50 mm de poliuretano, não existindo dados relativos à sua eficiência.

Utilizando estas informações e de acordo com o estipulado no RCCTE, a eficiência do termoacumulador seria de 0,90, mas dado que a tubagem de AQS não possui isolamento térmico a eficiência passa a ser de 0,80.

De acordo com a metodologia adotada pelo REH a eficiência do termoacumulador é de 0,93 e este regulamento impõe isolamento térmico no depósito de 80 mm, dado que a superfície do mesmo é superior a 2 m².

As diferenças de eficiência do termoacumulador encontradas devem-se às diferentes eficiências de referência adotadas por cada um dos diplomas, tal como anteriormente referido para o caso de estudo 1.

A diferença do aumento de temperatura (ΔT) de 45°C no RCCTE para os 35°C no REH é transversal a todas as frações sujeitas a ambos os diplomas.

A contribuição solar (Esolar) obtida para o RCCTE era de 2666 kWh, enquanto no REH este valor é de 2186 kWh, sendo de salientar que o Esolar é inferior ao obtido pela anterior legislação.

Relativamente ao Esolar padrão o valor obtido pelo RCCTE foi de 2038 kWh enquanto no REH é de 1686 kWh.

3.2.6. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

À semelhança do caso de estudo 1 não foram previstos sistemas de climatização, deste modo foram considerados os sistemas por defeito previstos por cada um dos regulamentos.

Mais uma vez verifica-se que no RCCTE os sistemas por defeito correspondiam a uma resistência elétrica com eficiência de 1 e de uma máquina frigorífica com COP de 3, no inverno e verão, respetivamente.

Os sistemas por defeito no REH correspondem a um sistema com valor de eficiência de 1 para o inverno e no verão a um sistema de ar condicionado tipo split ou multi split com permuta ar-ar e com valor de eficiência COP de 2,8.

3.2.7. COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH

3.2.7.1. Dados climáticos

De acordo com o já apresentado no caso de estudo 1, apontam-se no quadro seguinte os dados climáticos definidos por cada uma das regulamentações em estudo para a zona de Faro:

Quadro 3.70 – Dados climáticos

DADOS CLIMÁTICOS	RCCTE	REH	DADOS CLIMÁTICOS
Graus-dia (°C.dia)	1060,00	751,00	Graus-dia (°C.dia)
Zona climática de Inverno	I1	I1	Zona climática de Inverno
Zona climática de Verão	V2	V3	Zona climática de Verão
Duração da estação de aquecimento (meses)	4,30	4,80	Duração da estação de aquecimento (meses)
		4,00	Duração da estação de arrefecimento (meses)
		12,10	Temperatura média exterior Inverno (°C)
		23,10	Temperatura média exterior Verão (°C)
Norte / Sul	Sul		
Temperatura externa do projeto (°C)	32,00		
Amplitude Térmica (°C)	12,00		

Verificam-se novamente diferenças nos dados climáticos, pois os diplomas recorrem a diferentes bases de dados climáticos.

Também aqui a zona climática de inverno é igual para as duas regulamentações, mas o número de graus-dias (GD) é diferente. A zona climática de verão é mais uma vez diferente.

3.2.7.2. Perdas associadas à envolvente opaca exterior

Dada a diferente abrangência de compartimentos adotada por cada um dos regulamentos, também as áreas de envolventes são naturalmente diferentes. Na figura seguinte apresentam-se os valores obtidos por cada um dos diplomas:

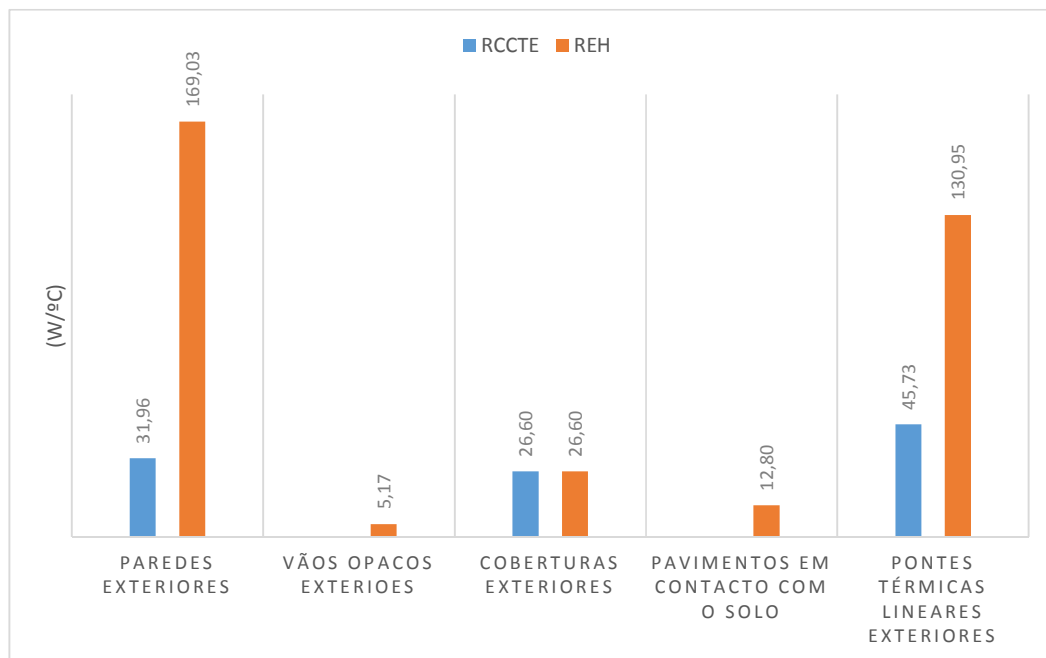


Fig. 3.29 – Perdas da envolvente opaca exterior

Como se pode verificar as perdas pelas paredes exteriores e pelas pontes térmicas lineares exteriores são muito superiores no REH, dado que são contabilizadas as envolventes existentes, que não possuem isolamento térmico, conduzindo a perdas muito elevadas pela envolvente exterior.

No RCCTE o pavimento térreo é um elemento existente, como tal não foi considerado para feitos deste cálculo.

Nas pontes térmicas lineares das envolventes estudadas em ambas as regulamentações, embora os comprimentos lineares sejam iguais, os coeficientes de transmissão térmica são diferentes, tal como já analisado no caso de estudo 1.

3.2.7.3. Perdas associadas à envolvente em contacto com edifício adjacente

A fração contacta com edifício adjacente apenas por paredes, sendo contabilizadas as paredes em contacto com edifício adjacente da zona ampliada, enquanto no REH são contabilizadas também as paredes existentes em contacto com edifício adjacente.

Na figura 3.32 apresentam-se as perdas pela envolvente em contacto com edifício adjacente.

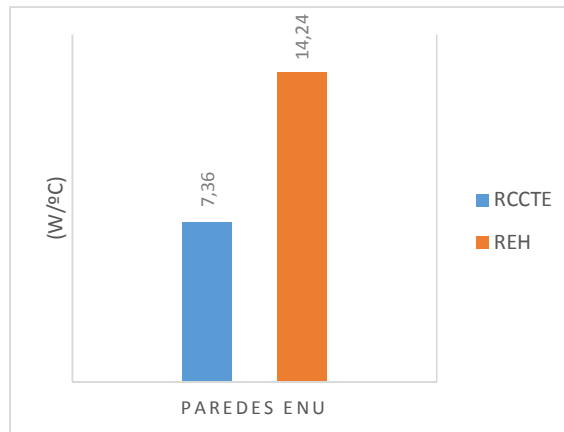


Fig. 3.30 – Perdas da envolvente opaca em contacto com edifícios adjacentes

3.2.7.4. Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

De acordo com o ponto anterior também aqui se verificam diferenças, pois no REH são considerados para efeitos de cálculo todos os vãos envidraçados existentes.

A figura seguinte ilustra as perdas pelos vãos envidraçados exteriores.

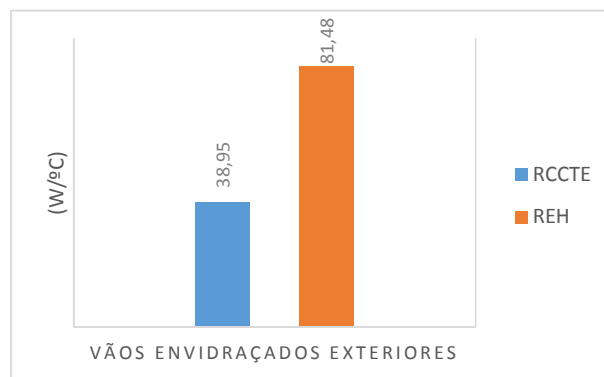


Fig. 3.31 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores

É possível observar que no REH as perdas pelos vãos envidraçados são substancialmente superiores, pois contemplam os vãos envidraçados existentes.

3.2.7.5. Perdas associadas à ventilação

Também nesta fração não se verificou nenhuma dificuldade no cumprimento da taxa de renovação mínima imposta pelo RCCTE. Para efeitos da determinação da taxa de renovação do ar o edifício tem uma classe de exposição 1, não foram considerados dispositivos de admissão de ar, a caixilharia não possuía classificação de permeabilidade ao ar nem caixas de estore nos vãos envidraçados.

Para o cumprimento do REH verificou-se que apesar de se considerarem 4 condutas de exaustão e 4 condutas de admissão (diâmetros inferiores a 125 mm) foi ainda necessário colocar aberturas de admissão de ar na fachada com um caudal 100 m³/h (auto-reguláveis a 2 Pa).

No quadro 3.71 demonstram-se as perdas obtidas por ventilação para cada uma das regulamentações.

Quadro 3.71 – Perdas associadas à ventilação

PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR	RCCTE	REH	PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR
Rph	1,00	0,92	Rph i
		0,92	Rph v
		0,40	Rph estimado
Perdas por renovação de ar (W/°C)	72,28	117,67	Perdas por renovação de ar (W/°C)

Verifica-se que a taxa de renovação do ar no REH na estação de aquecimento e arrefecimento é inferior à obtida no RCCTE, no entanto as perdas por ventilação são superiores no REH, o que é justificado pela área em estudo ser superior no REH.

3.2.7.6. Ganhos totais úteis na estação de aquecimento

Na figura seguinte apresentam-se os ganhos totais brutos na estação de aquecimento.

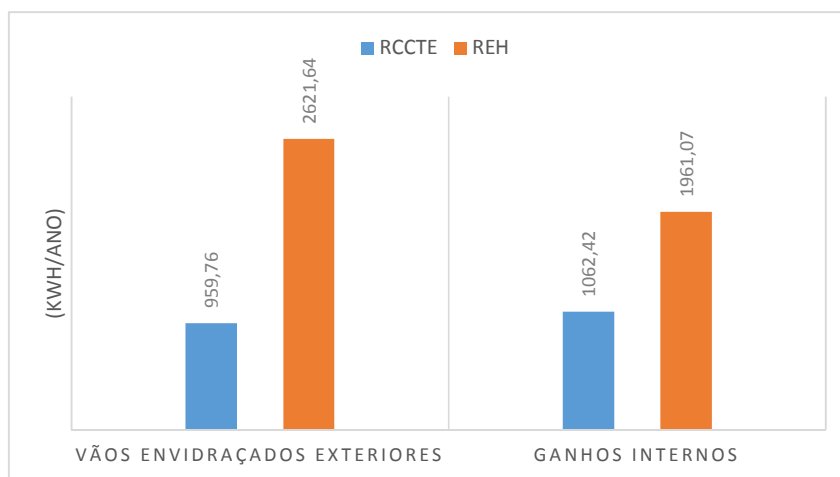


Fig. 3.32 – Ganhos brutos na estação de aquecimento

Verificam-se diferenças consideráveis nos ganhos brutos que se dão através dos vãos envidraçados, pelo facto de no REH também serem considerados os vãos envidraçados existentes, que possuem um elevado fator solar permitindo maiores ganhos.

Dadas as diferentes soluções adotadas por cada um dos diplomas verifica-se também que os vãos envidraçados comuns a ambas as regulamentações são diferentes, No REH os vãos envidraçados da zona ampliada apresentam fatores solares muito inferiores aos previstos pelo RCCTE, pois os vãos adotados pelo RCCTE não eram regulamentares na estação de arrefecimento.

Para além disso também já se apurou no caso de estudo 1 a diferença de metodologia na determinação do fator solar a adotar na estação de aquecimento.

Nos ganhos internos a diferença encontrada deve-se, mais uma vez, à duração da estação de aquecimento e também às diferentes áreas úteis.

No quadro 3.72 é possível observar que no REH os ganhos úteis totais são mais do dobro do que os obtidos pelo RCCTE.

O fator de utilização de ganhos é ligeiramente diferente para cada uma das regulamentações, contudo não é a justificação para a diferença encontrada nos ganhos úteis totais.

Quadro 3.72 – Ganhos úteis totais

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	RCCTE	REH	GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
	kWh/ano	kWh/ano	
GANHOS BRUTOS TOTAIS	2022,18	4582,71	GANHOS BRUTOS TOTAIS
Fator de utilização de ganhos (adimensional)	0,991	0,98	Fator de utilização de ganhos (adimensional)
GANHOS ÚTEIS TOTAIS	2004,98	4497,00	GANHOS ÚTEIS TOTAIS

3.2.7.7. Ganhos brutos totais na estação de arrefecimento

Como já referido no caso de estudo 1 os ganhos brutos obtidos por cada uma das regulamentações não se encontram em unidades comparáveis. Apesar disso ainda se verificam as diferenças mencionadas no ponto acima. Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos por cada uma das regulamentações.

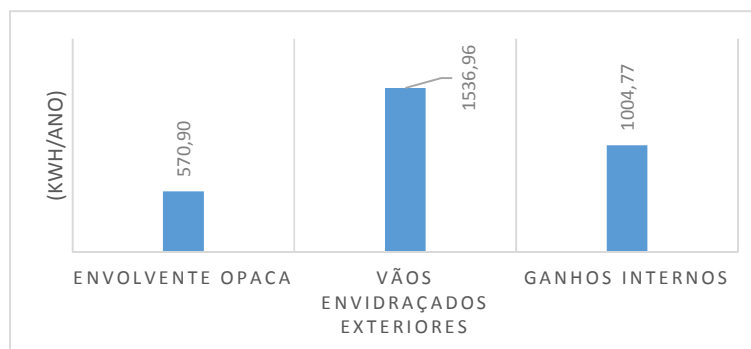


Fig. 3.33 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE

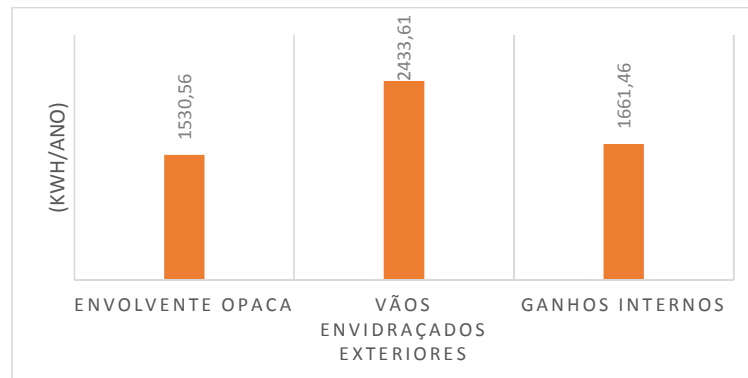


Fig. 3.34 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH

Facilmente se depreende que apesar de as expressões gráficas dos ganhos brutos serem semelhantes os ganhos solares brutos são superiores no REH, dada a consideração dos elementos existentes, que não sofreram quaisquer intervenções, e que conduzem a maiores ganhos solares pela envolvente opaca e pelos vãos envidraçados.

O REH considera os efeitos de sombreamento na envolvente opaca provocado pelas palas verticais e horizontais, o que não era considerado pelo RCCTE.

Ao nível dos vãos envidraçados considerados nas duas regulamentações existem, para além das diferenças de metodologia de cálculo do fator solar para a estação de arrefecimento já referidas no caso de estudo 1, as diferenças dos fatores solares das soluções de vãos envidraçados de cada uma das regulamentações.

Salienta-se também que a intensidade da radiação solar é diferente, em virtude da existência de dados climáticos diferentes.

Na figura seguinte apresenta-se a percentagem de ganhos solares de cada componente.

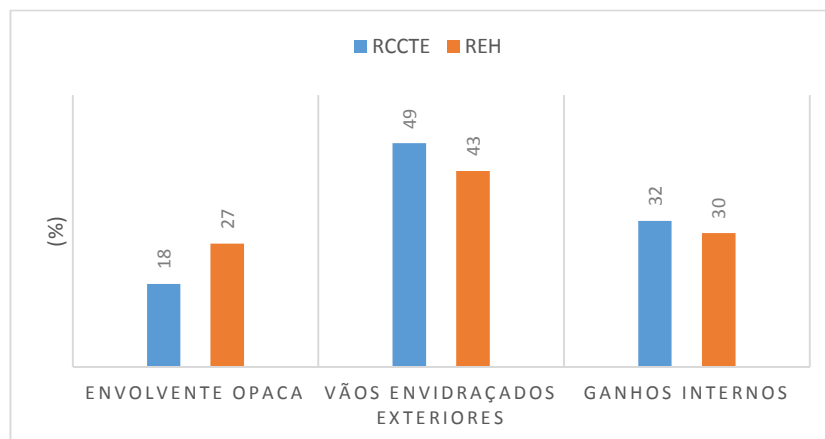


Fig. 3.35 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento

Verifica-se assim que os ganhos solares dão-se sobretudo pelos vãos envidraçados, tanto para uma regulamentação como para outra, apresentando a envolvente opaca maiores diferenças.

Para melhor entender as diferenças encontradas apresentam-se os fatores solares apresentados nos quadros seguintes os fatores solares de cada vão envidraçado e os respetivos fatores solares máximos de acordo com cada legislação.

Quadro 3.73 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE

ORIENTAÇÃO		NOME	$g_{100\%}$	$g_{máx.}$
E	4	V11	0,35	0,56
E	5	V9	0,35	0,56
E	6	V10	0,35	0,56
E	7	V16	0,35	0,56
E	8	V17	0,35	0,56
S	11	V12	0,35	0,56
S	12	V13	0,35	0,56
S	13	V18	0,35	0,56
W	17	V14	0,35	0,56
W	18	V15	0,35	0,56
W	19	V19	0,35	0,56

Quadro 3.74 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH

ORIENTAÇÃO		NOME	Aenv (m ²)	$\xi_{T\text{corrigido}}$	$\xi_{T\text{máx}}$
E	1	V1	1,07	0,28	-
E	2	V2	1,07	0,28	-
E	3	V3	1,07	0,28	-
E	4	V11	0,35	0,17	0,50
E	5	V9	0,70	0,17	0,50
E	6	V10	0,69	0,17	0,50
E	7	V16	0,88	0,16	0,22
E	8	V17	0,88	0,16	0,22
S	9	V4	3,00	0,22	-
S	10	V5	3,00	0,23	-
S	11	V12	3,00	0,17	0,38
S	12	V13	3,00	0,17	0,27
S	13	V18	6,00	0,16	0,22
W	14	V6	1,10	0,28	-
W	15	V7	1,10	0,17	0,26
W	16	V8	1,10	0,17	0,28
W	17	V14	0,44	0,17	0,39
W	18	V15	0,88	0,17	0,48
W	19	V19	0,88	0,17	0,22

Nos vãos envidraçados comuns a ambas as regulamentações é possível observar que os fatores solares de verão são inferiores no REH, assim como os fatores solares máximos. É possível perceber ainda que as soluções adotadas pelo RCCTE não cumpriam alguns dos fatores solares máximos determinados pelo REH.

Os vãos envidraçados existentes não estão sujeitos a quaisquer requisitos.

3.2.7.8. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

Na figura 3.38 apresentam-se os resultados obtidos por cada uma das regulamentações.

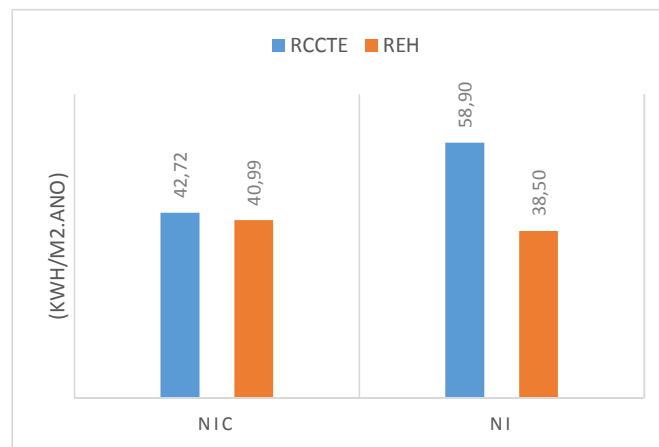


Fig. 3.36 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i)

Verifica-se que no RCCTE o cálculo cumpre o valor máximo das necessidades de aquecimento enquanto no REH o valor é superior ao valor máximo.

No RCCTE o valor obtido indica um comportamento razoável da zona ampliada na estação de aquecimento.

No REH verifica-se que o valor máximo é ultrapassado, embora em pouco. Tal é regulamentar, dado que se trata de uma intervenção feita a uma fração cuja existência é anterior a 1960, e deste modo a fração não tem que cumprir este requisito energético, como se encontra disposto na relação entre os valores das necessidades nominais e limites de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes reabilitações.

Os resultados obtidos traduzem o comportamento da totalidade da fração e verifica-se que a fração não tem um bom desempenho na estação de aquecimento.

3.2.7.9. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v)

Na figura seguinte constam os resultados conseguidos para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento:

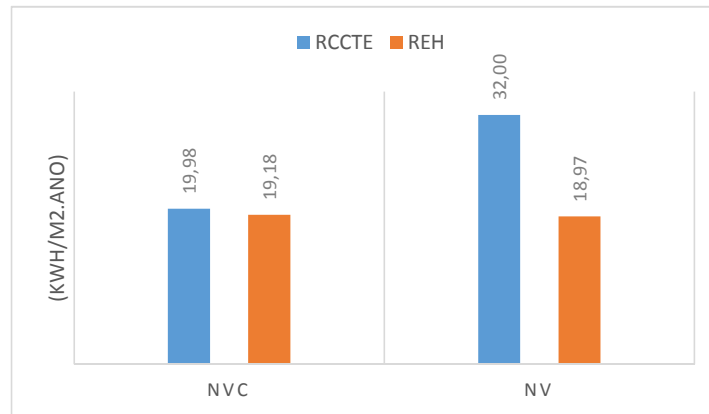


Fig. 3.37 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v)

No RCCTE verifica-se um bom desempenho da zona ampliada, visto que o valor obtido para as necessidades na estação de arrefecimento é bastante inferior ao respetivo valor máximo. Muito embora não seja necessário o cumprimento do valor máximo pelos motivos mencionados na estação de arrefecimento.

3.2.7.10. Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a)

Tal como no caso de estudo 1, os resultados obtidos para as necessidades de preparação de AQS não são comparáveis entre regulamentos, no entanto é possível concluir que as necessidades são bastante inferiores ao valor máximo (RCCTE) ou ao valor de referência (REH).

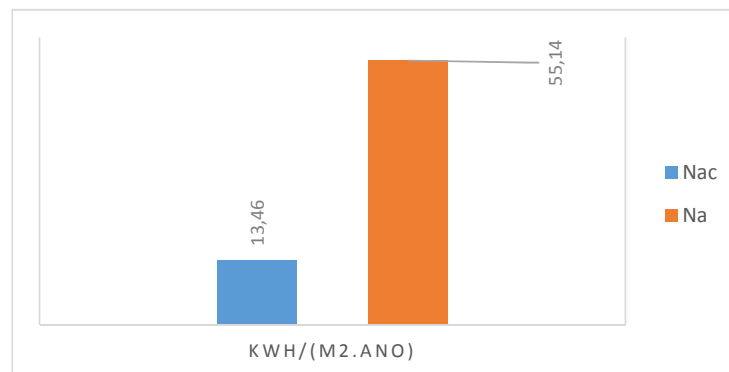


Fig. 3.38 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a) – RCCTE

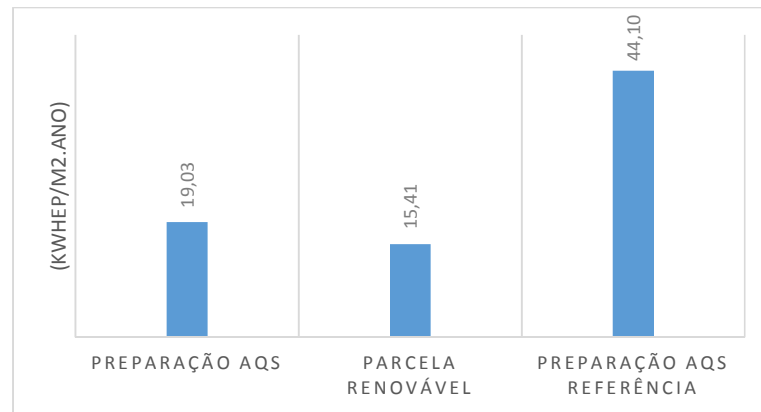


Fig. 3.39 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência para preparação de AQS - REH

À semelhança do caso de estudo anterior, as necessidades apresentadas (figura 3.38) correspondem apenas ao sistema de apoio de AQS, enquanto no REH (figura 3.39) a parcela de preparação de AQS inclui o sistema de apoio de AQS e o contributo do sistema solar (parcela renovável).

Na figura 3.40 apresenta-se a percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS relativamente ao valor máximo e referência.

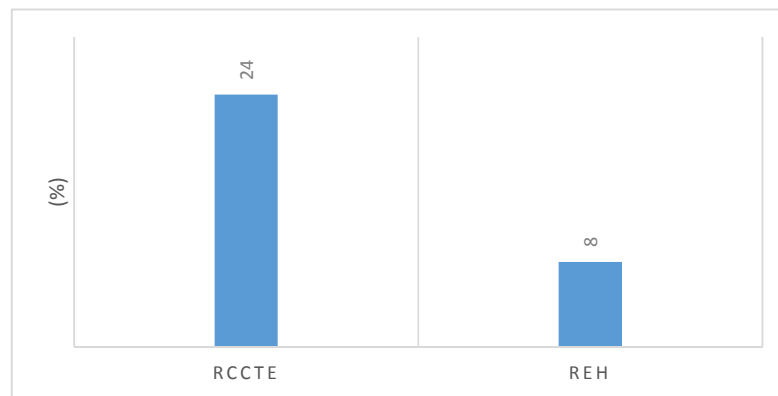


Fig. 3.40 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações

É possível concluir que o RCCTE utiliza mais o sistema de apoio que o REH.

Ao nível das eficiências do equipamento adotadas por cada um dos regulamentos verificam-se as diferenças mencionadas no caso de estudo 1, tendo sido obtida uma eficiência de 0,80. No REH a eficiência determinada é de 0,93 e o regulamento obriga à colocação de isolamentos nas tubagens e no depósito. A diferença de temperatura (ΔT) adotada por cada regulamentação tem também influência nas diferenças encontradas nos resultados.

3.2.7.11. Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t)

Nas figuras 3.41 e 3.42 apresentam-se os resultados obtidos para cada uma das regulamentações em estudo.

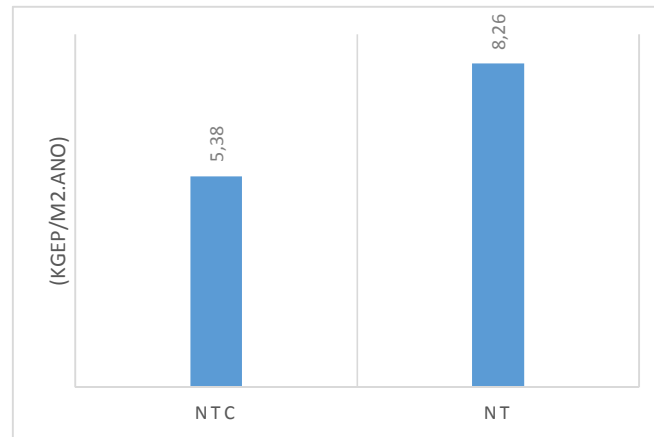


Fig. 3.41 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE

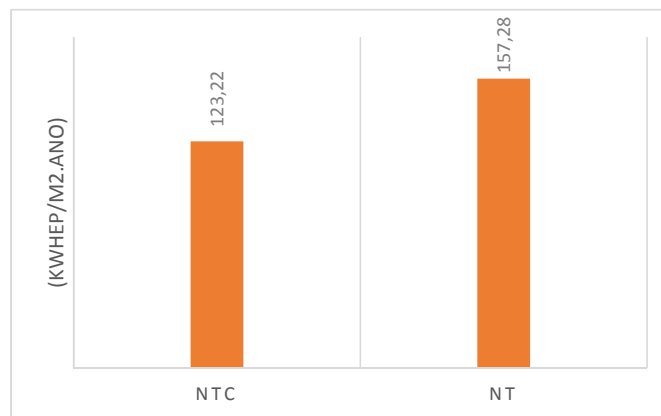


Fig. 3.42 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH

Como se verifica os resultados não podem ser comparados, dado que estão em unidades diferentes e incidem em áreas diferentes.

Para uma melhor comparação apresenta-se na figura 3.43 o rácio (N_{tc}/N_t) para determinação da classe energética.

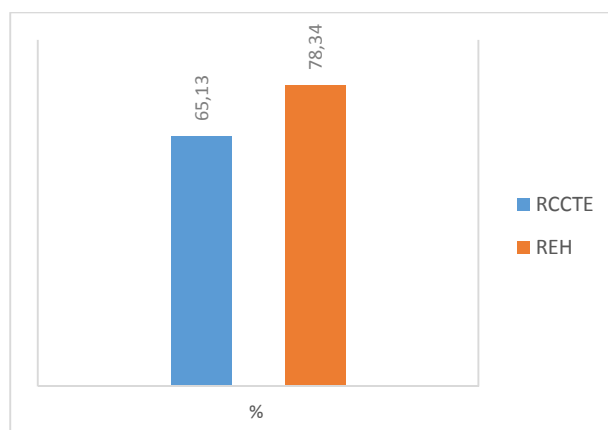


Fig. 3.43 – Rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética

Como seria de esperar o rácio mais baixo foi obtido pelo RCCTE, dado que se aplicava apenas à zona intervencionada, contudo os valores não são assim tão diferentes.

No REH os resultados e a sua verificação regulamentar estavam condicionados à influência da área existente nos cálculos.

No RCCTE a classe energética obtida foi B, enquanto no REH foi B-. Na figura seguinte apresentamos graficamente as classes obtidas por cada uma das regulamentações.

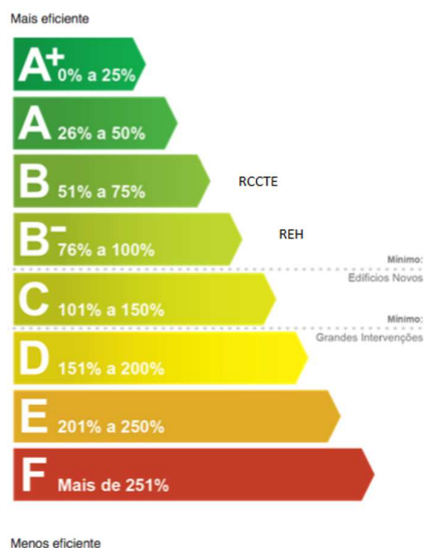


Fig. 3.44 – Classe energética

Nas figuras 3.45 e 3.46 apresentam-se as análises gráficas com a percentagem das necessidades de energia primária pelas parcelas destinadas a aquecimento, arrefecimento e AQS para cada uma das regulamentações.

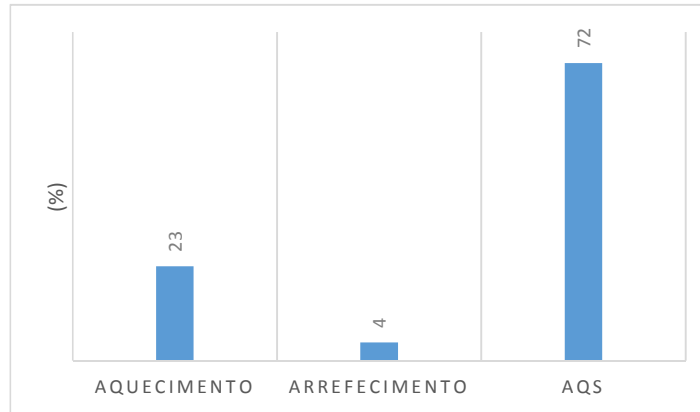


Fig. 3.45 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – RCCTE

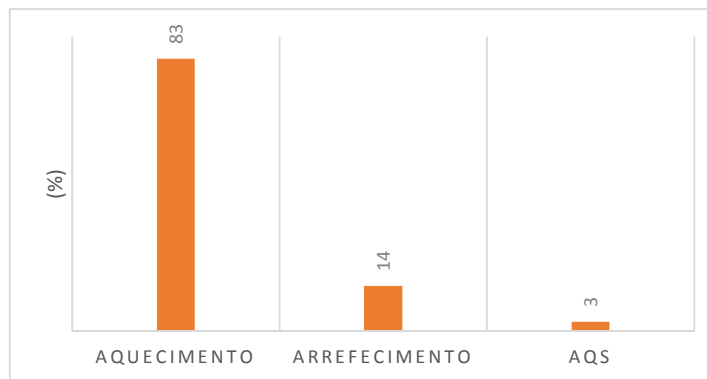


Fig. 3.46 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária – REH

Verifica-se que as parcelas das necessidades não têm a mesma expressão em ambas as regulamentações.

Mais uma vez verifica-se que no RCCTE os maiores consumos são relativos ao AQS enquanto no REH correspondem à estação de aquecimento. Já os menores consumos correspondem ao arrefecimento no RCCTE e AQS no REH.

Os cálculos apesar de corresponderem à mesma fração não abrangem as mesmas áreas.

À semelhança do caso de estudo 1 os requisitos energéticos no RCCTE indicam um pior desempenho na estação de aquecimento, o que indicaria maiores gastos na mesma, mas analisando a percentagem das parcelas das necessidades de energia primária verifica-se que os maiores gastos são nas necessidades de produção de AQS.

No REH é indicado que as maiores necessidades ocorrem na estação de aquecimento, contudo foi verificado que tanto no aquecimento como no arrefecimento a fração tinha necessidades superiores aos valores de referência.

3.2.8. ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS

Tal como no caso de estudo 1, procedeu-se a alterações de modo a avaliar os fatores que influenciam a classificação energética:

- i. aumento da espessura de isolamento térmico das paredes exteriores e em contacto com edifício adjacente em mais 6 cm, assim como em todas as pontes térmicas planas;
- ii. aumento da espessura de isolamento térmico das coberturas exteriores em mais 6 cm;
- iii. aumento da espessura de isolamento térmicos do pavimento térreo em mais 6 cm;
- iv. alteração sistema de apoio de AQS atual (termoacumulador elétrico) por um esquentador a gás propano com eficiência de 0,881;
- v. alteração dos sistemas de climatização por defeito para sistemas de climatização split ou multi split com eficiências COP 3,66 e EER 3,37.

Seguidamente apresentam-se os resultados obtidos nos requisitos energéticos para cada um dos cálculos iniciais e para cada uma das alterações mencionadas acima.

Quadro 3.75 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Nic	42,72	102,47	39,10	59,69	39,40	98,67	42,72	101,28	42,72	102,47	42,72	28,00
Ni	58,90	96,24	58,90	96,24	58,90	96,24	58,90	96,24	58,90	96,24	58,90	30,07
Nvc	24,76	17,12	24,59	15,61	23,79	16,94	24,76	17,24	24,76	17,12	24,76	14,23
Nv	32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94
Nac	13,46		13,46		13,46		13,46		14,54		13,46	
Na	55,14		55,14		55,14		55,14		55,14		55,14	
Preparação AQS		3,62		3,62		3,62		3,62		1,53		3,62
Referência Preparação AQS		44,10		44,10		44,10		44,10		19,49		44,10
Ntc	5,38	123,22	5,27	78,93	5,28	119,54	5,38	122,14	2,73	121,13	4,45	45,85
Nt	8,26	157,28	8,26	157,28	8,26	157,28	8,26	157,28	8,26	132,66	8,26	91,11
Rácio	0,65	0,78	0,64	0,50	0,64	0,76	0,65	0,78	0,33	0,91	0,54	0,50
Classe Energética	B	B-	B	A	B	B-	B	B-	A	B-	B	A

O aumento da espessura de isolamento térmico das paredes e a colocação de isolamento térmico nas paredes existentes conduz a uma melhoria muito significativa no REH, tanto ao nível das necessidades de aquecimento, como de arrefecimento e conseqüentemente nas necessidades nominais anuais globais de energia primária, verificando-se uma alteração da classe energética de B- para A. No RCCTE o aumento da espessura de isolamento denota uma melhoria significativa nas necessidades de aquecimento, mas que praticamente não se repercute nas necessidades nominais anuais globais de energia primária.

O aumento da espessura de isolamento térmico das coberturas também melhora as necessidades de aquecimento e arrefecimento, tanto no RCCTE como no REH, contudo esta melhoria pouco influencia as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Mais uma vez, verificou-se que o aumento da espessura do pavimento térreo tem apenas uma ligeira influência nas necessidades de aquecimento no REH. No RCCTE não se verificaram quaisquer diferenças.

No RCCTE a alteração do sistema de apoio de AQS de um termoacumulador elétrico para um esquentador a gás propano provocou um aumento das necessidades para preparação de AQS, dado que a eficiência do esquentador a gás propano é inferior à do termoacumulador, contudo nas necessidades nominais anuais globais de energia primária teve um impacte positivo no RCCTE, verificando-se uma alteração significativa da classe energética de B para A. No REH esta alteração traduziu-se negativamente, apesar de não ter conduzido à diminuição da classe energética.

A aplicação de um sistema de climatização do tipo ar condicionado (split ou multi split ar-ar) com eficiências de COP 3,66 e EER 3,37 traduziu-se numa melhoria significativa do rácio para ambas as regulamentações. No REH levou a uma alteração de classe energética que passou de B- para A, enquanto no RCCTE não resultou em alteração da classe.

Na figura seguinte apresenta-se a alteração do rácio da classe energética.

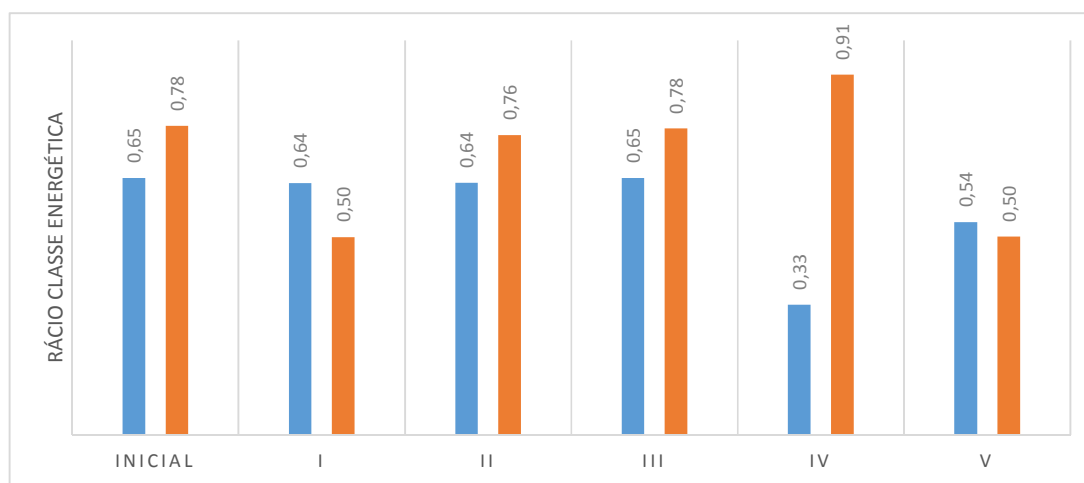


Fig. 3.47 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização

Deste modo é possível concluir que no RCCTE a alteração do sistema de AQS é a variação mais significativa e que se traduziu numa melhoria da classe energética. No REH a implementação de sistema de climatização é a alteração que conduziu a uma melhor classe energética.

3.3. CASO DE ESTUDO 3 – EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

O presente caso de estudo corresponde a um edifício multifamiliar a construir, situado em Quarteira, a uma altitude de 5 metros, a uma distância da costa inferior a 5 km, situada em zona muito exposta, constituída por dez pisos. As frações em estudo são de tipologia T1. A

produção de água quente sanitária é assegurada por um coletor solar com o apoio de um esquentador a gás propano. Não estão previstos sistemas de aquecimento nem arrefecimento ambiente. A ventilação processa-se de forma natural.

Vão ser analisadas três frações, a fração do 1º andar, a fração do 5º andar e a fração do 9º andar, exatamente iguais, mudando as confrontações ao nível inferior e ao nível superior.

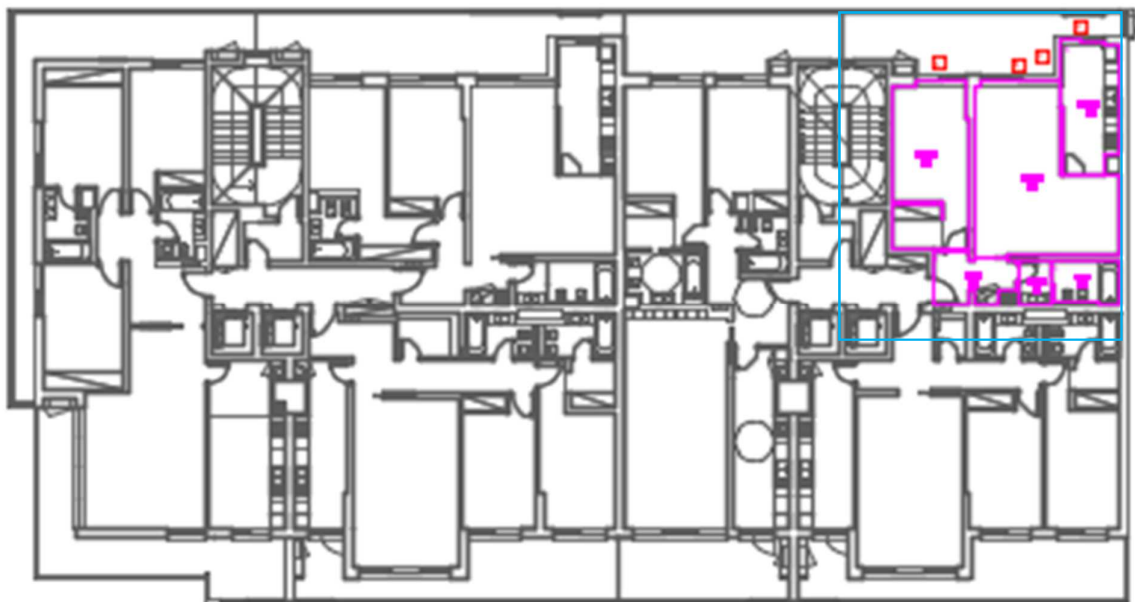
A fração do rés-do-chão encontra-se sobre uma loja de comércio/serviços e circulação comum e sob uma fração exatamente igual. Esta fração será a designada como A.

A fração do 5º andar encontra-se entre pisos, sob e sobre frações exatamente iguais. Esta será designada como B.

A fração do 9º andar encontra-se no último piso, sobre fração exatamente igual. Esta será designada de C.

Na figura 3.48 é apresentada a planta de arquitetura do piso tipo do edifício.

No anexo III encontram-se as peças desenhadas relativas a este caso de estudo, assim como os documentos de cálculo.



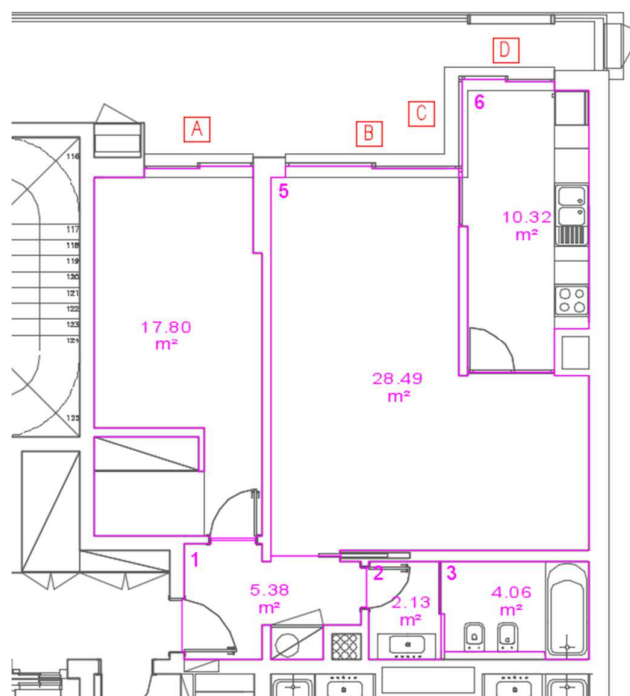


Fig. 3.48 – Planta de arquitetura do piso tipo e da fração em estudo, com a indicação da numeração dos espaços, áreas úteis e vãos envidraçados (sem escala)

À semelhança do caso de estudo 1 e 2, serão feitos cálculos segundo o RCCTE e REH.

Após uma primeira análise serão feitas as seguintes alterações:

- aumento da espessura de isolamento das paredes;
- aumento da espessura de isolamento das coberturas;
- aumento da espessura de isolamento dos pavimentos;
- alteração do sistema de produção de AQS;
- alteração dos sistemas de climatização.

São avaliadas as diferenças entre cálculos ao nível dos seguintes itens:

- zonamento climático;
- parâmetros térmicos;
- requisitos da qualidade térmica da envolvente;
- requisitos de ventilação;
- requisitos dos sistemas técnicos;
- requisitos energéticos;

- classe energética.

3.3.1. LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

As frações apresentam a mesma área útil e o mesmo pé-direito. No quadro seguinte é apresentada a área útil e o pé-direito das frações em estudo:

Quadro 3.76 – Levantamento dimensional caso de estudo 3

ZONA	ÁREA ÚTIL (m ²)	PÉ-DIREITO (m)	Área*PD
1	5,38	2,65	14,26
2	2,13	2,65	5,64
3	4,06	2,65	10,76
4	17,80	2,65	47,17
5	28,49	2,65	75,50
6	10,32	2,65	27,35
ÁREA ÚTIL TOTAL	68,18		VOLUME
PÉ-DIREITO MÉDIO		2,65	180,68

3.3.2. ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

Existem vários espaços não úteis a confrontar com as frações em estudo. A fração A confronta com a loja do piso inferior, com a circulação comum do piso inferior, com as escadas comuns do edifício, com a circulação comum do piso do 1º andar e com a courette da cozinha.

A fração B contacta com a circulação comum do 5º andar, com as escadas comuns do edifício e com a courette da cozinha.

A fração C contacta com a circulação comum do 9º andar, escadas comuns e courette da cozinha.

Todos os espaços não úteis mencionados não apresentam aberturas de ventilação permanentes à exceção dos arrumos que se encontram na varanda de cada uma das frações.

Nos quadros seguintes apresentam-se as determinações dos coeficientes de redução de perdas para cada uma das regulamentações.

Quadro 3.77 – Coeficiente de redução de perdas pelo RCCTE (τ)

DESCRIÇÃO	Designação	Tipo	Ai (m ²)	Au (m ²)	Ai/Au	btr
τ_1	Escadas comuns	1,1	218,23	133,92	1,63	0,30
τ_2	Patamar 1º andar / 5º andar	1,1	14,31	0,00	1431000,00	0,00
τ_3	Courette da cozinha	7,2	35,06	15,15	2,31	0,70
τ_4	Arrumos varanda	4	2,12	4,63	0,46	0,95
τ_5	Loja R/C	2	50,91	54,49	0,93	0,80
τ_6	Circulação comum R/C	1,1	9,56	6,57	1,46	0,30
τ_7	Patamar 9º andar	1,1	14,31	11,27	1,27	0,30

Quadro 3.78 – Coeficiente de redução de perdas pelo REH (b_{tr})

DESCRIÇÃO	Designação	Venu (m3)	Ai (m2)	Au (m2)	Ai/Au	btr
b_{tr1}	Escadas comuns	616,22	218,23	133,92	1,63	0,80
b_{tr2}	Patamar 1º andar / 5º andar	29,60	14,31	0,00	1431000,00	0,30
b_{tr3}	Courette da cozinha	7,05	35,06	15,15	2,31	0,40
b_{tr4}	Arrumos varanda	1,22	2,12	4,63	0,46	1,00
b_{tr5}	Loja R/C	184,92	50,91	54,49	0,93	0,80
b_{tr6}	Circulação comum R/C	93,54	9,56	6,57	1,46	0,70
b_{tr7}	Patamar 9º andar	29,60	14,31	11,17	1,28	0,60

Obtém-se valores diferentes para os coeficientes de redução de perdas para os mesmos espaços não úteis, dado a diferente metodologia adotada por cada uma das regulamentações.

As escadas comuns apresentam um valor de coeficiente de redução de perdas substancialmente diferente, conduzindo a valores diferentes de perdas nas envolventes em contacto com as mesmas.

O coeficiente de redução de perdas (τ) do patamar do 1º e 5º andar pelo RCCTE é nulo, o que leva à não consideração de perdas das frações para este espaço não útil nesta regulamentação. No REH já não se consideram coeficientes de redução de perdas nulos, dado que o menor valor de coeficiente de redução de perdas no REH (b_{tr}) previsto é de 0,30, e deste modo, são sempre previstas perdas para os espaços não úteis.

Na courette da cozinha também se verifica que o coeficiente de redução de perdas obtido é bastante diferente, enquanto o RCCTE traduz um espaço não útil com perdas elevadas o REH prevê menores perdas para este espaço.

Os arrumos exteriores existentes na varanda de cada uma das frações apresentam coeficientes de redução de perdas muito semelhantes.

Para a loja do rés-do-chão o coeficiente de redução de perdas obtido foi igual em ambas as regulamentações.

À semelhança da courette da cozinha também para a circulação comum do rés-do-chão e para o patamar do 9º andar se obtiveram coeficientes de redução de perdas muito diferentes, sendo o REH quem prevê maiores perdas.

Estas diferenças terão influência direta nas perdas térmicas pela envolvente em contacto com espaço não útil.

3.3.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

Para a avaliação térmica e de acordo com a arquitetura foram definidas as seguintes envolventes opacas:

- parede exterior;

- pilar;
- viga;
- caixa de estore;
- pavimento exterior;
- cobertura exterior;
- parede em contacto com espaços não úteis;
- pilar em contacto com espaços não úteis;
- viga em contacto com espaços não úteis;
- porta em contacto com espaços não úteis;
- pavimento em contacto com espaços não úteis;
- parede de compartimentação;
- parede entre frações;
- pavimento entre frações.

As envolventes opacas exteriores apresentam a face exterior pintada de cor clara.

3.3.3.1. Constituição da envolvente opaca

Nos quadros seguintes são apresentados todos os dados relativos à constituição da envolvente opaca. As soluções adotadas são iguais para ambas as regulamentações.

Quadro 3.79 – Parede exterior

PAREDE EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,015	0,01	28,50		
pano de tijolo furado 11 cm		1400	0,11	0,27	154,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
pano de tijolo furado 15 cm		1400	0,15	0,39	210,00	210,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	2,50	409,45	225	0,40

Quadro 3.80 – Pilares ou vigas

PILAR OU VIGA 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial exterior				0,04			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,015	0,01	28,50		
pano de tijolo furado 3 cm		1400	0,03	0,07	42,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,04	1,08	1,30		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,25	0,10	600,00	600,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,47	686,80	615	0,68

Quadro 3.81 – Caixa de estore

CAIXAS DE ESTORE 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m2)	e (m)	R (m2.°C/W)	Mt (kg/m3)	Mi (kg/m2)	U (W/m2.°C)
Resistência superficial interior				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais			0,015				
caixa de estore			0,28	1,04			
pano de tijolo furado 4 cm		1400	0,04	0,10	56,00	56,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,44	71,00	71	0,70

Quadro 3.82– Pavimento exterior (fluxo descendente)

PAVIMENTO EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m2)	e (m)	R (m2.°C/W)	Mt (kg/m3)	Mi (kg/m2)	U (W/m2.°C)
Resistência superficial superior				0,17			
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300	0,008	0,01	18,40	18,40	
betonilha	1,650	2150,0	0,03	0,02	64,50	64,50	
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,000	0,1	0,56	50,00	50,00	
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,03	0,81	0,98		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00		
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,01	0,01	19,00		
Resistência superficial inferior				0,04			
TOTAL			0,38	1,69	632,88	132,9	0,59

Quadro 3.83 – Cobertura exterior plana (fluxo ascendente)

COBERTURA EXTERIOR 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m2)	e (m)	R (m2.°C/W)	Mt (kg/m3)	Mi (kg/m2)	U (W/m2.°C)
Resistência superficial superior				0,04			
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300	0,008	0,01	18,40		
betonilha	1,650	2150,0	0,03	0,02	64,50		
membranas flexíveis impregnadas com betume	0,230	1050,0	0,006	0,03	6,30		
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,000	0,1	0,56	50,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,03	0,81	0,98		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00	480,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,01	0,03	10,00	10,00	
Resistência superficial inferior				0,1			
TOTAL			0,38	1,66	630,18	490	0,60

Quadro 3.84 – Parede em contacto com espaços não úteis

PAREDE ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m2)	e (m)	R (m2.°C/W)	Mt (kg/m3)	Mi (kg/m2)	U (W/m2.°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00		
pano de tijolo furado 11 cm		1400	0,11	0,27	154,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,06	1,62	1,95		
pano de tijolo furado 15 cm		1400	0,15	0,39	210,00	210,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	2,62	395,95	225	0,38

Quadro 3.85 – Pilar ou viga em contacto com espaço não útil

PILAR ENU OU VIGA ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
argamassas e rebocos tradicionais	1,300	1900	0,015	0,01	28,50		
pano de tijolo furado 4 cm		1400	0,04	0,10	56,00		
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,03	0,81	0,98		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,25	0,10	600,00	600,00	
estruque tradicional	0,400	1000	0,015	0,04	15,00	15,00	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,35	1,32	700,48	615	0,76

Quadro 3.86 – Pavimento em contacto com espaço não útil (fluxo descendente)

PAVIMENTO ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial superior				0,17			
cerâmica vidrada / grés cerâmico	1,300	2300	0,008	0,01	18,40	18,40	
betonilha	1,650	2150,0	0,03	0,02	64,50	64,50	
betão de inertes de poliestireno expandido	0,180	500,000	0,1	0,56	50,00	50,00	
poliestireno expandido extrudido - XPS	0,037	32,5	0,03	0,81	0,98		
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2,500	2400	0,2	0,08	480,00		
estruque tradicional	0,400	1000	0,01	0,03	10,00		
Resistência superficial inferior				0,17			
TOTAL			0,38	1,84	623,88	132,9	0,54

Quadro 3.87 – Porta em contacto com espaço não útil

PORTA ENU 1							
CONSTITUIÇÃO	λ (W/m.°C)	ρ (Kg/m ²)	e (m)	R (m ² .°C/W)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	U (W/m ² .°C)
Resistência superficial ENU				0,13			
madeiras densas	0,23	810	0,02	0,09	16,20	16,20	
aço	50	7800	0,0015	0,00	11,70	11,70	
painéis de fibras de madeira (MDF)	0,1	400	0,041	0,41	16,40	16,40	
aço	50	7800	0,0015	0,00	11,70	11,70	
madeiras densas	0,23	810	0,02	0,09	16,20	16,20	
Resistência superficial interior				0,13			
TOTAL			0,08	0,84	72,20	72,2	1,18

Quadro 3.88 – Parede de compartimentação interior

PAREDE INTERIOR 1					
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
pano de tijolo furado 11 cm	1400	0,11	154	154	
estruque tradicional	1000	0,02	20	20	
TOTAL		0,15	194	194	

Quadro 3.89 – Parede entre frações

PAREDE INTERIOR 2				
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)
argamassas e rebocos tradicionais	1900	0,015	28,5	28,5
pano de tijolo furado 11 cm	1400	0,11	154	154
lã de rocha	67,5	0,06	4,05	4,05
pano de tijolo furado 15 cm	1400	0,15	210	210
estruque tradicional	1000	0,015	15	15
TOTAL		0,35	411,55	411,55

Quadro 3.90 – Pavimento entre frações

PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				
CONSTITUIÇÃO	ρ (Kg/m ²)	e (m)	Mt (kg/m ³)	Mi (kg/m ²)
betonilha	2150,0	0,03	64,5	64,5
betão de inertes de poliestireno expandido	500,000	0,1	50	50
betão armado com mais de 2% de armadura (em volume)	2400	0,2	480	480
estruque tradicional	1000	0,01	10	10
TOTAL		0,34	604,5	604,5

3.3.3.2. Constituição da envolvente não opaca

Foi prevista uma única solução para os vãos envidraçados. Nos quadros seguintes são apresentados os dados relativos aos vãos envidraçados, necessários para o cálculo por cada uma das regulamentações:

Quadro 3.91 – Soluções vãos envidraçados pelo RCCTE

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	g_{\perp}	g_{inv}	$g_{100\%}$	$g_{verão}$
1 A, B, C, D	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (cozinha), Sul (quarto, sala, cozinha), em caixilharia metálica de correr, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 12 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,63	0,09	0,29

Quadro 3.92 – Soluções vãos envidraçados pelo REH

Nome (s)	Descrição	Protecções	U (W/m ² .°C)	$g_{\perp,vi}$	g_T
1 A, B, C, D	Vão(s) simples, inserido(s) na(s) fachada(s) Este (cozinha), Sul (quarto, sala, cozinha), em caixilharia metálica de correr, com corte térmico, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor com 4 a 8 mm + 4 mm (exterior + interior) de espessura, lâmina de ar com 12 mm de espessura, com coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m ² .°c.	Protecção solar exterior com persiana plástica de cor escura	2,70	0,75	0,09

Verificam-se novamente as diferenças dos fatores solares já constatadas nos anteriores casos de estudo.

3.3.3.3. Medições de envolventes

Neste ponto apresentam-se as medições de envolventes necessárias para a determinação do comportamento térmico.

As medições correspondem essencialmente a:

- áreas de envolventes opacas verticais exteriores por cada tipo de envolvente (quadro 3.93);
- ângulos de sombreamento das envolventes verticais opacas exteriores (quadro 3.94);
- áreas de envolventes horizontais opacas exteriores (quadro 3.95 e 3.96);
- áreas das envolventes verticais em contacto com espaços não úteis (quadro 3.97 a 3.102);
- áreas de envolventes horizontais opacas em contacto com espaços não úteis (quadro 3.103 a 3.106);
- áreas de elementos de compartimentação interior à fração (quadros 3.107 a 3.110);
- comprimentos lineares das pontes térmicas lineares exteriores (quadros 3.111 a 3.116);
- comprimentos lineares das pontes térmicas lineares para espaços não úteis (quadros 3.117 a 3.122);
- áreas de vãos envidraçados (quadro 3.123);
- ângulos de sombreamento dos vãos envidraçados (quadro 3.123).

As frações em estudo são iguais, contudo mudam algumas das confrontações. Nos quadros seguintes apresentam-se todas as medições referentes às frações A, B e C.

Quadro 3.93 – Áreas de envolvente opaca vertical exterior por orientação (frações A, B e C) (m²)

Elemento	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
TOTAL	0,00	0,00	3,98	0,00	19,61	0,00	23,37	0,00
PILAR 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	0,00
VIGA 1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	0,00	2,28	0,00
CAIXAS DE ESTORE 1	0,00	0,00	0,45	0,00	1,95	0,00	0,00	0,00
PAREDE EXTERIOR 1	0,00	0,00	0,37	0,00	2,45	0,00	17,57	0,00

Quadro 3.94 – Ângulos de sombreamento considerados no REH (frações A, B, C) (°)

	Norte	Nordeste	Este	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos	Ângulos
Pala Horizontal			60		54		0	
Pala Esquerda			60		11		0	
Pala Direita			0		23		0	

Quadro 3.95 – Área de pavimento exterior da fração A

PAVIMENTOS EXTERIORES	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO EXTERIOR 1	4,22

Quadro 3.96 – Área de cobertura exterior da fração C

COBERTURAS EXTERIOES	ÁREA (m ²)
COBERTURA EXTERIOR 1	68,18

Quadro 3.97 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ superior a 0,7 da fração A, B e C (m²)

Elemento	τ_4
TOTAL	2,12
PILAR ENU 1	0,00
VIGA ENU 1	0,24
PORTA ENU 1	0,00
PAREDE ENU 1	1,88

Quadro 3.98 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} superior a 0,7 da fração A, B e C (m²)

Elemento	$b_{r,1}$	$b_{r,4}$
TOTAL	11,53	2,12
PILAR ENU 1	9,17	0,00
VIGA ENU 1	1,31	0,24
PORTA ENU 1	0,00	0,00
PAREDE ENU 1	1,06	1,88

Quadro 3.99 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração A e B (m²)

Elemento	τ_1	τ_3
TOTAL	11,53	4,00
PILAR ENU 1	9,17	0,00
VIGA ENU 1	1,31	0,00
PORTA ENU 1	0,00	0,00
PAREDE ENU 1	1,06	4,00

Quadro 3.100 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração C (m²)

Elemento	τ_1	τ_3	τ_7
TOTAL	11,53	4,00	12,32
PILAR ENU 1	9,17	0,00	0,00
VIGA ENU 1	1,31	0,00	1,01
PORTA ENU 1	0,00	0,00	3,78
PAREDE ENU 1	1,06	4,00	7,54

Quadro 3.101 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração A e B (m^2)

Elemento	b_{e2}	b_{e3}
TOTAL	12,32	4,00
PILAR ENU 1	0,00	0,00
VIGA ENU 1	1,01	0,00
PORTA ENU 1	1,89	0,00
PAREDE ENU 1	9,43	4,00

Quadro 3.102 – Áreas de envolvente opaca vertical em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração C (m^2)

Elemento	b_{e7}	b_{e3}
TOTAL	12,32	4,00
PILAR ENU 1	0,00	0,00
VIGA ENU 1	1,01	0,00
PORTA ENU 1	1,89	0,00
PAREDE ENU 1	9,43	4,00

Quadro 3.103 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com τ igual ou superior a 0,7 da fração A

	$\tau 5$
PAVIMENTOS ENU	ÁREA (m^2)
PAVIMENTO ENU 1	54,40

Quadro 3.104 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com b_{tr} igual ou superior a 0,7 da fração A

	b_{e5}
PAVIMENTOS ENU	ÁREA (m^2)
PAVIMENTO ENU 1	54,40

Quadro 3.105 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com τ igual ou inferior a 0,7 da fração A

	$\tau 6$
PAVIMENTOS ENU	ÁREA (m^2)
PAVIMENTO ENU 1	9,56

Quadro 3.106 – Áreas de envolvente opaca horizontal em contacto com ENU com b_{tr} igual ou inferior a 0,7 da fração A

	b_{e6}
PAVIMENTOS ENU	ÁREA (m^2)
PAVIMENTO ENU 1	9,56

Quadro 3.107 – Área de parede de compartimentação (fração A, B e C)

PAREDES COMPARTIMENTAÇÃO	ÁREA (m ²)
PAREDE INTERIOR 1	47,54

Quadro 3.108 – Área de parede entre frações (fração A, B e C)

PAREDES EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES AUTÓNOMAS	ÁREA (m ²)
PAREDE INTERIOR 1	14,18

Quadro 3.109 – Área de pavimento entre frações (fração A e C)

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1	68,18

Quadro 3.110 – Área de pavimento entre frações (fração B)

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES	ÁREA (m ²)
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1	136,36

Quadro 3.111 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração A - RCCTE

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. - Pavimentos	8,82
C) F. - Pavimentos Intermédios	8,82
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	0,00
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	8,90
G) F. - com caixa de Estore	8,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	32,80
F) Duas paredes verticais	2,65
Outras	
F. - Pavimento	8,90
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.112 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração B - RCCTE

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. -Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermediários	17,64
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	0,00
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	17,80
G) F. - com caixa de Estore	8,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	32,80
F) Duas paredes verticais	2,65
Outras	
F. -Pavimento	0,00
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. -Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.113 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração C - RCCTE

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. -Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermediários	8,82
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	17,72
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	8,90
G) F. - com caixa de Estore	8,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	32,80
F) Duas paredes verticais	2,65
Outras	
F. -Pavimento	0,00
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. -Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.114 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração A - REH

PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	17,72
Fachada com pavimento intermédio		8,82
Fachada com varanda		8,90
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	32,80
Zona de caixas de estore		8,00
Duas paredes salientes		2,65

Quadro 3.115 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração B - REH

PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		17,64
Fachada com varanda		17,80
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	32,80
Zona de caixas de estore		8,00
Duas paredes salientes		2,65

Quadro 3.116 – Pontes térmicas lineares exteriores da fração C - REH

PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		8,82
Fachada com varanda		8,90
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	17,72
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	32,80
Zona de caixas de estore		8,00
Duas paredes salientes		2,65

Quadro 3.117 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração A - RCCTE

τ_4	
PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. - Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermediários	0,00
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	0,00
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	0,80
G) F. - com caixa de Estore	0,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	0,00
F) Duas paredes verticais	
Outras	
F. - Pavimento	0,80
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.118– Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração B - RCCTE

τ_4	
PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. - Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermediários	0,00
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	0,00
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	1,60
G) F. - com caixa de Estore	0,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	0,00
F) Duas paredes verticais	
Outras	
F. - Pavimento	0,00
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.119 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração C - RCCTE

PTL's	Isolamento térmico na caixa de ar
Pavimento em contacto com o terreno (-1,20 a 0,00)	0,00
Pavimento em contacto com o terreno (0,05 a 1,50)	0,00
Paredes em contacto com o terreno 0,00 a -1,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -1,05 a -3,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno -3,05 a -6,00	0,00
Paredes em contacto com o terreno > -6,00	0,00
A) F. - Pav. Térreos	0,00
B) F. - Pavimentos	0,00
C) F. - Pavimentos Intermediários	0,00
D1) F. - Cobertura inclinada	0,00
D2) F. - Cobertura plana	0,80
D3) F. - Cobertura ENU	0,00
E) F. - varanda	0,80
G) F. - com caixa de Estore	0,00
H) F. - com padieira, ombreira ou peitoril	0,00
F) Duas paredes verticais	
Outras	
F. - Pavimento	0,00
F. - Duas paredes verticais	0,00
F. - Varanda	0,00
F. - Cobertura	0,00

Quadro 3.120 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração A - REH

b _{r,1}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	4,35
Fachada com pavimento intermédio		4,35
Fachada com varanda		0,00
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		1,33

b _{r,4}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,80
Fachada com pavimento intermédio		0,00
Fachada com varanda		0,80
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		

Quadro 3.121 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração B - REH

b _{tr,1}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		8,70
Fachada com varanda		0,00
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		1,33

b _{tr,4}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		0,00
Fachada com varanda		1,60
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,00
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		

Quadro 3.122 – Pontes térmicas lineares em contacto com espaços não úteis da fração C - REH

b _{tr,1}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		4,35
Fachada com varanda		0,00
Fachada com cobertura	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	4,35
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		1,33

b _{tr,4}		
PTL's		Isolamento térmico na caixa de ar
Fachada com pavimentos térreos		0,00
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob pavimento	0,00
	Isolamento sobre pavimento	0,00
Fachada com pavimento intermédio		0,00
Fachada com varanda		0,80
Fachada com pavimentos exterior ou enu	Isolamento sob cobertura	0,00
	Isolamento sobre cobertura	0,80
Fachada com caixilharia	Isolamento contacta com a caixilharia	0,00
	Isolamento não contacta com a caixilharia	0,00
Zona de caixas de estore		0,00
Duas paredes salientes		

Quadro 3.123 – Vãos envidraçados exteriores (fração A, B e C)

ORIENTAÇÃO		NOME	Aenv	Sombreamento	Sombreamento	Sombreamento Pala	Sombreamento
			(m ²)	Horizonte (°)	Pala Hor. (°)	Ver. Esq. (°)	Pala Ver. Dta. (°)
E	1	C	3,15	0	60	60	0
S	2	A	3,99	0	61	30	17
S	3	B	6,30	0	61	17	42
S	4	D	3,36	0	31	0	0

3.3.4. REQUISITOS MÍNIMOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Na verificação dos requisitos mínimos observaram-se as diferenças mencionadas nos casos de estudo 1 e 2. Nos quadros 3.124 e 3.125 apresentam-se os requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente de acordo com cada uma das regulamentações. A azul estão assinaladas as diferenças entre regulamentos.

Quadro 3.124 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo RCCTE

PAREDES EXTERIORES		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAREDE EXTERIOR 1		0,40	1,8	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PILAR 1		0,68	0,80	Cumpre
VIGA 1		0,68	0,80	Cumpre
CAIXAS DE ESTORE 1		0,70	0,80	Cumpre
PAVIMENTOS EXTERIORES		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAVIMENTO EXTERIOR 1		0,59	1,25	Cumpre
COBERTURAS EXTERIORES		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1		0,60	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAREDE ENU 1		0,38	1,8	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAREDE ENU 1		0,38	2,00	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PILAR ENU 1		0,76	0,76	Cumpre
VIGA ENU 1		0,76	0,76	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PILAR ENU 1		0,76	0,76	Cumpre
VIGA ENU 1		0,76	0,76	Cumpre
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAVIMENTO ENU 1		0,54	1,25	Cumpre
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr <= 0,7)		U (W/m2.°C)	Umáx. (W/m2.°C)	
PAVIMENTO ENU 1		0,54	1,65	Cumpre
PORTAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)		U (W/m2.°C)		
PORTA ENU 1		1,18		
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAREDE INTERIOR 1				
PAREDE INTERIOR 2				
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES				
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1				

Quadro 3.125 – Requisitos mínimos da qualidade térmica da envolvente pelo REH

PAREDES EXTERIORES	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE EXTERIOR 1	0,40	1,75	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EXTERIORES	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR 1	0,68	0,90	Cumpre
VIGA 1	0,68	0,90	Cumpre
CAIXAS DE ESTORE 1	0,70	0,90	Cumpre
PAVIMENTOS EXTERIORES	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAVIMENTO EXTERIOR 1	0,59	1,25	Cumpre
COBERTURAS EXTERIORES	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
COBERTURA EXTERIOR 1	0,60	1,25	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 1	0,38	1,75	Cumpre
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr ≤ 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAREDE ENU 1	0,38	2,00	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 1	0,76	0,90	Cumpre
VIGA ENU 1	0,76	0,90	Cumpre
PONTES TÉRMICAS PLANAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr ≤ 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PILAR ENU 1	0,76	0,90	Cumpre
VIGA ENU 1	0,76	0,90	Cumpre
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAVIMENTO ENU 1	0,54	1,25	Cumpre
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr ≤ 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PAVIMENTO ENU 1	0,54	1,65	Cumpre
PORTAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr > 0,7)	U (W/m ² .°C)	Umáx. (W/m ² .°C)	
PORTA ENU 1	1,18	1,25	Cumpre
PORTAS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (Btr ≤ 0,7)	U (W/m ² .°C)		
PORTA ENU 1	1,18		
PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO E EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES			
PAREDE INTERIOR 1			
PAVIMENTOS INTERMÉDIOS E PAVIMENTOS EM CONTACTO COM OUTRAS FRACÇÕES			
PAVIMENTO INTERMÉDIO 1			

3.3.5. SISTEMA DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)

A preparação de AQS foi feita através de coletores solares que servem a totalidade do edifício, com 32° de inclinação orientado a Sul instalados na cobertura do edifício. Os painéis encontram-se associados a cada um dos depósitos de 100l instalados na posição vertical em cada uma das frações.

Para além do depósito cada uma das frações dispõe de um esquentador a gás com cerca de 20 kW de potência nominal, alimentado a gás propano canalizado com uma eficiência de 0,75, para apoio ao sistema de preparação de AQS.

De acordo com o estipulado no RCCTE, a eficiência do esquentador seria de 0,65, dado que a tubagem de AQS não possui isolamento térmico.

Segundo a metodologia adotada pelo REH a eficiência mínima do esquentador é de 0,84, não sendo aceitável um equipamento com eficiência inferior. Este regulamento impõe também isolamento térmico nas tubagens com 20 a 30 mm, dependendo do diâmetro das tubagens de transporte de AQS.

Relativamente ao Esolar o valor obtido é de 822 kWh e de 812 kWh, para o RCCTE e REH, respetivamente, e para cada uma das frações.

Relativamente ao Esolar padrão também se verificam diferenças nos resultados como já foi explicado nos casos de estudo anteriores. Para o RCCTE o valor obtido foi de 729 kWh e para o REH foi de 652 kWh, para cada uma das frações.

A principal diferença, relativamente aos restantes casos de estudo, verifica-se nos requisitos de eficiência que o REH tem, que impede a utilização de um esquentador a gás com uma eficiência inferior a 0,84 para potências superiores a 10kW.

3.3.6. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Não foram previstos sistemas de climatização, deste modo são considerados os sistemas por defeito referidos em cada regulamentação.

No RCCTE os sistemas por defeito correspondiam a uma resistência elétrica com eficiência de 1 e de uma máquina frigorífica com COP de 3, no inverno e verão, respetivamente.

Os sistemas por defeito no REH correspondem a um sistema com valor de eficiência de 1 para o inverno e no verão a um sistema de ar condicionado tipo split ou multi split com permuta ar-ar e com COP de 2,8.

3.3.7. COMPARAÇÃO DOS CÁLCULOS EFETUADOS PELO RCCTE E PELO REH

3.3.7.1. Dados climáticos

No quadro seguinte são apresentados os dados climáticos definidos por cada uma das regulamentações para Quarteira:

Quadro 3.126 – Dados climáticos

DADOS CLIMÁTICOS	RCCTE	REH	DADOS CLIMÁTICOS
Graus-dia (°C.dia)	1330,00	728,00	Graus-dia (°C.dia)
Zona climática de Inverno	I1	I1	Zona climática de Inverno
Zona climática de Verão	V2	V3	Zona climática de Verão
Duração da estação de aquecimento (meses)	5,00	4,80	Duração da estação de aquecimento (meses)
		4,00	Duração da estação de arrefecimento (meses)
		12,20	Temperatura média exterior Inverno (°C)
		23,10	Temperatura média exterior Verão (°C)
Norte / Sul	Sul		
Temperatura externa do projeto (°C)	33,00		
Amplitude Térmica (°C)	14,00		

De acordo com o já referido nos casos de estudo anteriores verificam-se diferenças nos dados climáticos, que se devem a diferentes valores adotados por cada uma das regulamentações.

Mais uma vez a zona climática de inverno é igual para as duas regulamentações, o número de graus-dias (GD) é que é diferente. A zona climática de verão é diferente como já se tinha verificado anteriormente.

3.3.7.2. Perdas associadas à envolvente opaca exterior

Neste ponto para além de se avaliarem as diferenças entre regulamentações também se avaliam as diferenças de perdas entre frações, dado que têm diferentes confrontações.

Nas figuras seguintes são apresentados os valores obtidos das perdas pela envolvente exterior por cada uma das regulamentações e para cada uma das frações.

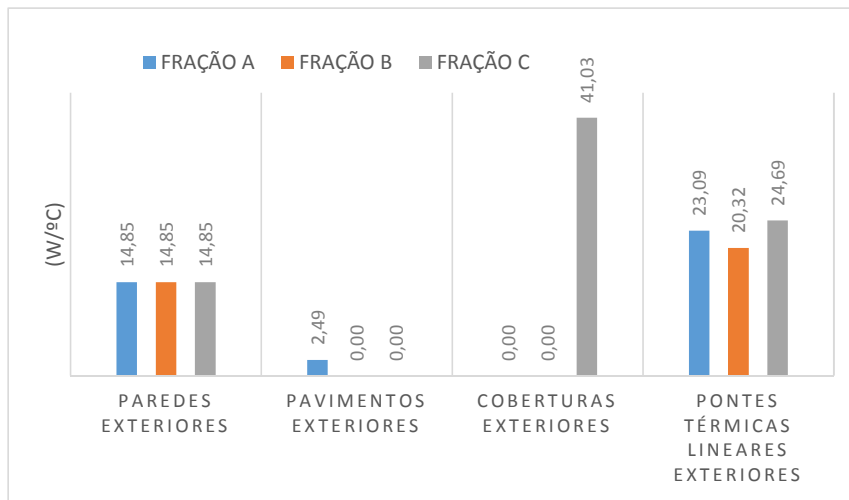


Fig. 3.49 – Perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE

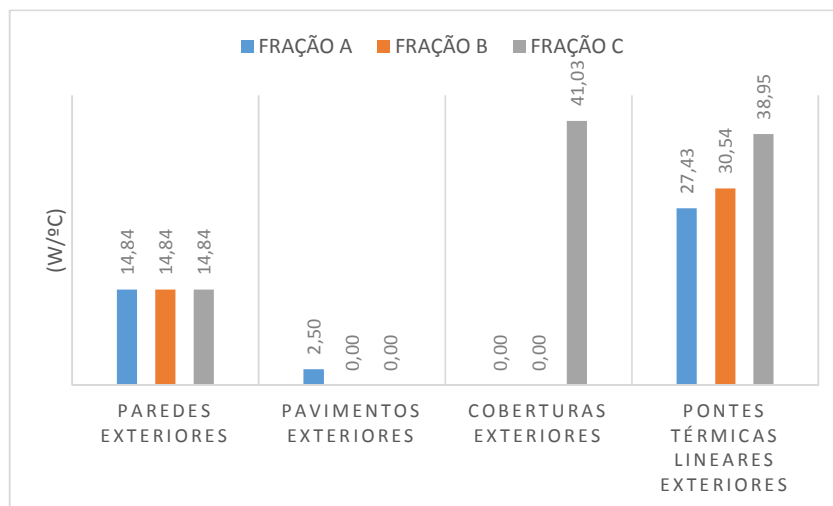


Fig. 3.50 – Perdas da envolvente opaca exterior pelo REH

Quer no RCCTE quer no REH verifica-se que a cobertura exterior e as pontes térmicas lineares exteriores representam as maiores perdas.

As pontes térmicas lineares exteriores variam ligeiramente de fração para fração, sendo a fração que se encontra entre pisos (fração B) a que apresenta menores perdas no RCCTE, enquanto no REH é a fração A. A fração do último piso (fração C) é a que apresenta maiores perdas pelas pontes térmicas lineares exteriores para ambas as regulamentações

Nas figuras 3.51 e 3.52 apresenta-se a percentagem relativa a cada uma das perdas mencionadas acima e para cada um dos regulamentos.

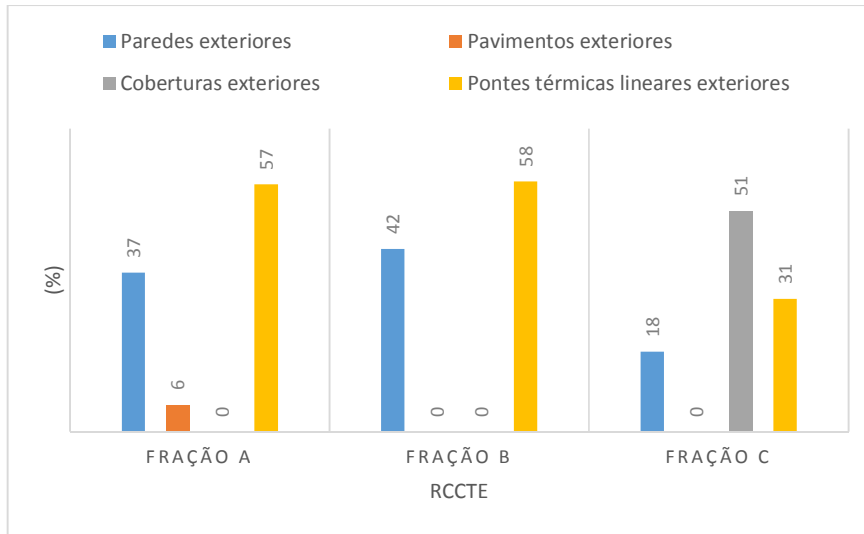


Fig. 3.51 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE

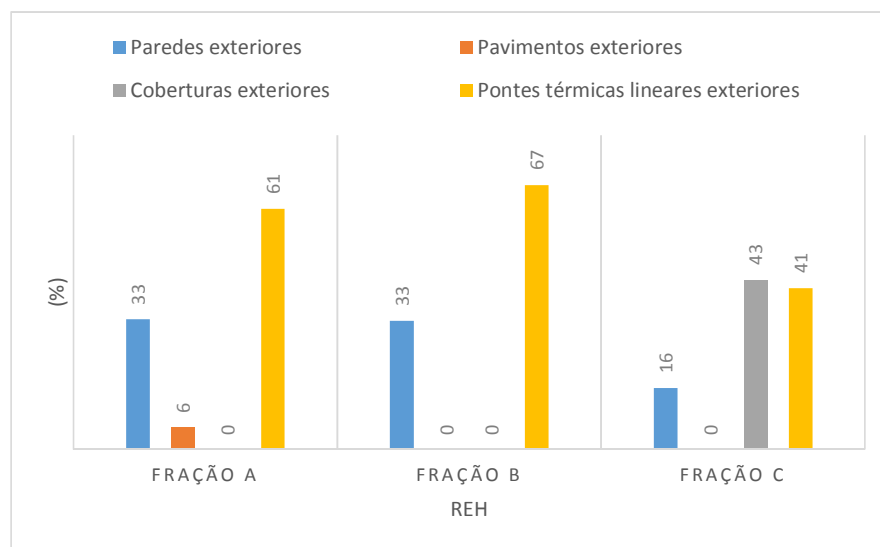


Fig. 3.52 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo REH

De uma forma geral, a expressão gráfica para cada uma das perdas é semelhante para ambas as regulamentações e nas frações A e B. Na fração C e pelo RCCTE verificam-se maiores perdas pela cobertura enquanto no REH as perdas pela cobertura e pelas pontes térmicas lineares exteriores representam perdas proporcionais.

3.3.7.3. Perdas associadas à envolvente em contacto com espaços não úteis

Nas figuras seguintes apresentam-se as perdas pela envolvente em contacto com espaços não úteis.

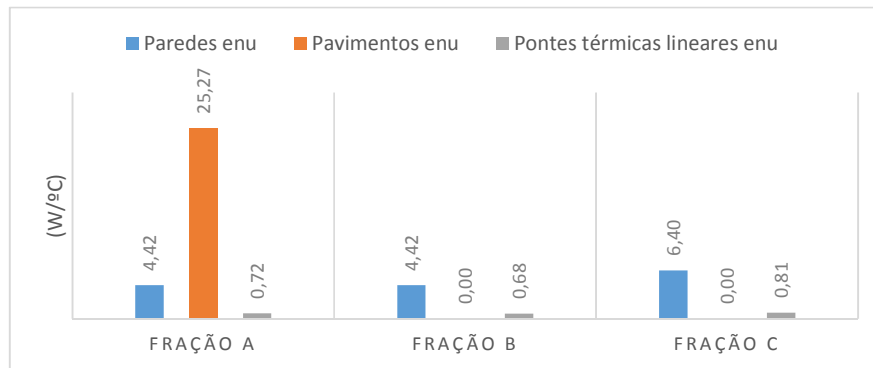


Fig. 3.53 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU pelo RCCTE

A maior perda verifica-se na fração A pelo pavimento em contacto com a fração comercial/serviços e com a circulação comum do rés-do-chão, como seria expectável.

As perdas pelas paredes são semelhantes, verificando-se uma alteração na fração C, dadas as perdas para o patamar de piso, que nas frações A e B não são consideradas em virtude de o coeficiente de redução de perdas (τ) do patamar do 5º e 9º andar ser nulo.

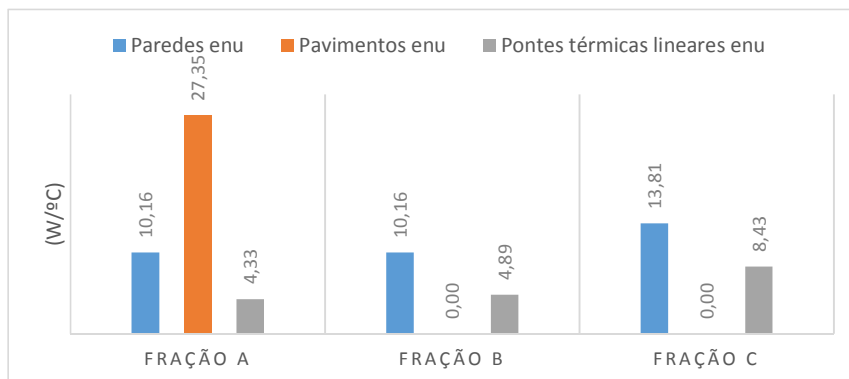


Fig. 3.54 – Perdas da envolvente opaca em contacto com ENU pelo REH

No REH verificam-se perdas pelas paredes superiores às previstas pelo RCCTE, dado que são também consideradas as perdas para os patamares do piso, cujo coeficiente de redução de perdas (b_{tr}) não é nulo. A maior perda verifica-se na fração A pelo pavimento em contacto com a fração de serviços e com a circulação comum do rés-do-chão. Também se verifica um aumento significativo das perdas pelas pontes térmicas lineares.

As figuras 3.55 e 3.56 mostra a percentagem relativa a cada uma das perdas mencionadas acima e para cada um dos regulamentos.

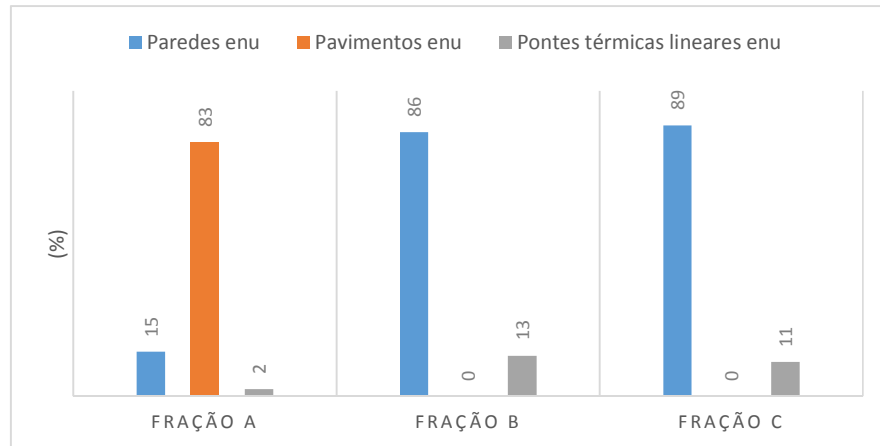


Fig. 3.55 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo RCCTE

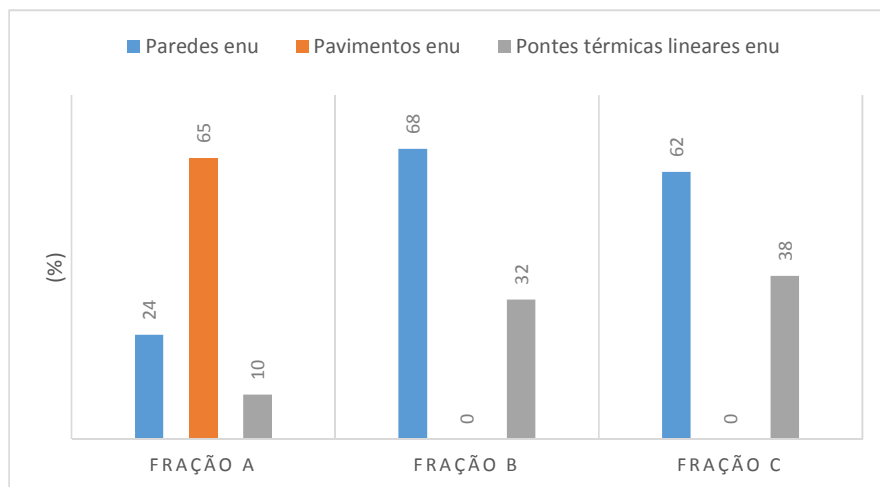


Fig. 3.56 – Percentagem das perdas da envolvente opaca exterior pelo REH

Verifica-se que na fração A as maiores perdas são efetivamente pelo pavimento, e nas frações B e C são sobretudo pelas paredes.

Tanto no RCCTE como no REH verifica-se que as pontes térmicas lineares sofrem um aumento significativo nas frações B e C.

3.3.7.4. Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Neste ponto não se verificam quaisquer diferenças. As perdas são iguais para todas as frações e para cada uma das regulamentações. Na figura seguinte apresentam-se os resultados obtidos para cada uma das frações e para cada um dos regulamentos.

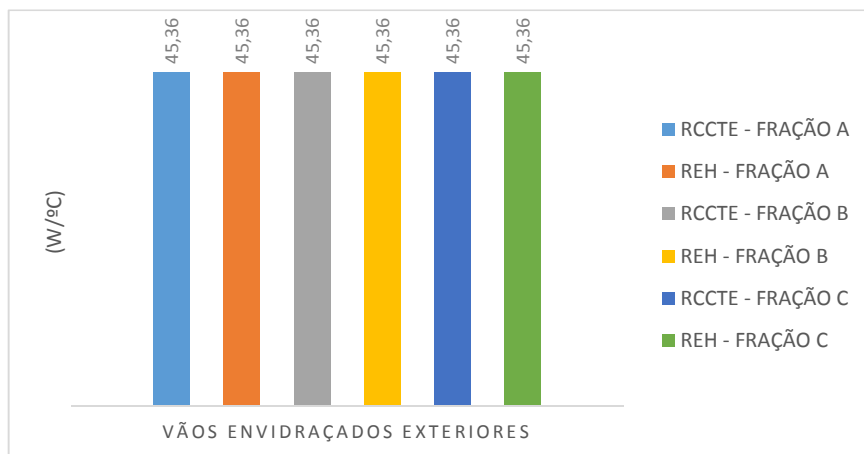


Fig. 3.57 – Perdas pelos vãos envidraçados exteriores

3.3.7.5. Perdas associadas à ventilação

No RCCTE foi obtida a classe de exposição 3 para a fração A e classe de exposição 4 para as frações B e C, não foram considerados dispositivos de admissão de ar, a caixilharia não possui classificação de permeabilidade ao ar e a fração possui caixas de estore em todos os vãos envidraçados.

Para o cumprimento do REH verificou-se que apesar de se considerarem 1 conduta de exaustão e 1 conduta de admissão (diâmetros inferiores a 125 mm) é ainda necessário colocar aberturas de admissão de ar na fachada com um caudal 55 m³/h na fração A e 50 m³/h na fração B e C (auto-reguláveis a 2 Pa).

Seguidamente apresentam-se os quadros com as perdas obtidas por ventilação para cada uma das regulamentações e para cada uma das frações.

Quadro 3.127 – Perdas associadas à ventilação da fração A

PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR	RCCTE	REH	PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR
Rph	1,20	2,00	Rph i
		2,00	Rph v
		0,40	Rph estimado
Perdas por renovação de ar (W/°C)	73,72	122,86	Perdas por renovação de ar (W/°C)

Quadro 3.128 – Perdas associadas à ventilação da fração B

PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR	RCCTE	REH	PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR
R _{ph}	1,25	2,00	R _{ph} i
		2,00	R _{ph} v
		0,40	R _{ph} estimado
Perdas por renovação de ar (W/°C)	76,79	122,86	Perdas por renovação de ar (W/°C)

Quadro 3.129 – Perdas associadas à ventilação da fração C

PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR	RCCTE	REH	PERDAS ASSOCIADAS À RENOVAÇÃO DE AR
R _{ph}	1,25	2,00	R _{ph} i
		2,00	R _{ph} v
		0,40	R _{ph} estimado
Perdas por renovação de ar (W/°C)	76,79	122,86	Perdas por renovação de ar (W/°C)

Verificam-se perdas superiores pelo REH, dado que a renovação do ar da estação de aquecimento e arrefecimento são superiores à renovação do ar determinada pelo RCCTE.

Observa-se ainda que a taxa de renovação horária (R_{ph}) no RCCTE aumenta com a altura da fração, dado que a classe de exposição passa de 3 para 4.

No REH verifica-se uma diminuição do caudal necessário da admissão de ar para dar cumprimento à taxa de renovação do ar mínima com o aumento da altura da fração.

3.3.7.6. Ganhos totais úteis na estação de aquecimento

Seguidamente apresentam-se os ganhos totais brutos na estação de aquecimento para cada uma das frações e de acordo com cada uma das regulamentações.

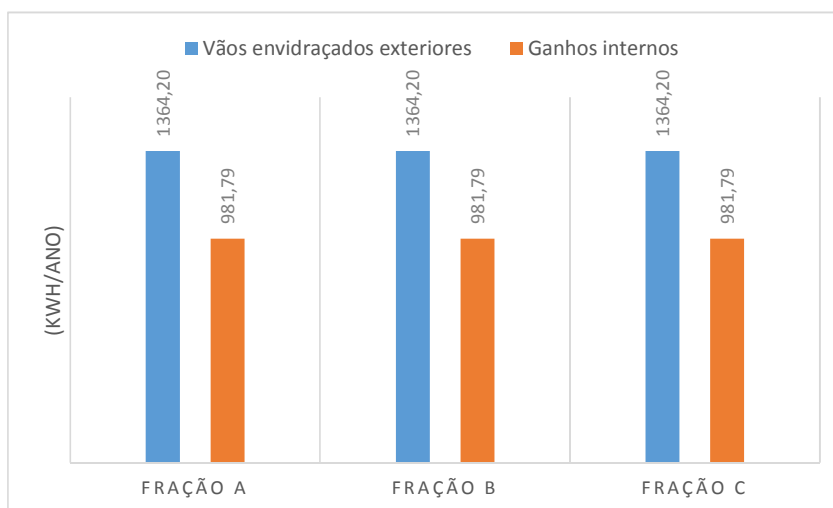


Fig. 3.58 – Ganhos brutos na estação de aquecimento pelo RCCTE

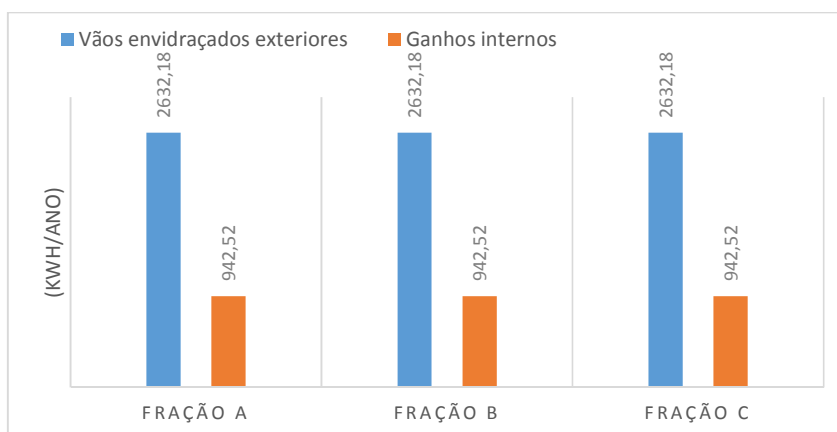


Fig. 3.59 – Ganhos brutos na estação de aquecimento pelo REH

Não se verificam quaisquer diferenças ao nível dos ganhos brutos pelos vãos envidraçados nem nos ganhos internos entre frações. Verificam-se diferenças entre regulamentações que se explicam pelas diferenças de fatores solares adotadas e pela duração da estação de aquecimento.

Nos quadros seguintes apresentam-se os resultados obtidos para o fator de utilização de ganhos e os ganhos úteis totais relativos a cada fração.

Quadro 3.130 – Ganhos úteis totais da fração A

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	RCCTE	REH	GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
	kWh/ano	kWh/ano	
GANHOS BRUTOS TOTAIS	2345,99	3574,70	GANHOS BRUTOS TOTAIS
Fator de utilização de ganhos (adimensional)	0,989	0,88	Fator de utilização de ganhos (adimensional)
GANHOS ÚTEIS TOTAIS	2319,13	3162,79	GANHOS ÚTEIS TOTAIS

Quadro 3.131 – Ganhos úteis totais da fração B

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	RCCTE	REH	GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
	kWh/ano	kWh/ano	
GANHOS BRUTOS TOTAIS	2345,99	3574,70	GANHOS BRUTOS TOTAIS
Fator de utilização de ganhos (adimensional)	0,980	0,90	Fator de utilização de ganhos (adimensional)
GANHOS ÚTEIS TOTAIS	2290,28	3037,26	GANHOS ÚTEIS TOTAIS

Quadro 3.132 – Ganhos úteis totais da fração C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	RCCTE	REH	GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
	kWh/ano	kWh/ano	
GANHOS BRUTOS TOTAIS	2345,99	3574,70	GANHOS BRUTOS TOTAIS
Fator de utilização de ganhos (adimensional)	0,992	0,91	Fator de utilização de ganhos (adimensional)
GANHOS ÚTEIS TOTAIS	2327,34	3270,20	GANHOS ÚTEIS TOTAIS

Os fatores de utilização de ganhos térmicos variam de fração para fração e entre regulamentações. O RCCTE apresenta um valor superior relativamente ao REH, o que indica ganhos brutos totais superiores relativamente às perdas totais.

A fração C é a que apresenta um maior fator de utilização de ganhos para cada uma das regulamentações e mais ganhos úteis totais pelo REH, enquanto a fração B é a que apresenta menor valor no RCCTE e a fração A no REH.

No REH os ganhos úteis totais são consideravelmente superiores para todas as frações em estudo.

3.3.7.7. Ganhos totais brutos na estação de arrefecimento

Nas figuras seguintes apresentam-se os valores obtidos para os ganhos brutos na estação de arrefecimento.

Apesar de os resultados obtidos para cada umas das regulamentações não se encontrarem em unidades comparáveis, é possível analisar a expressão gráfica de cada uma das componentes.

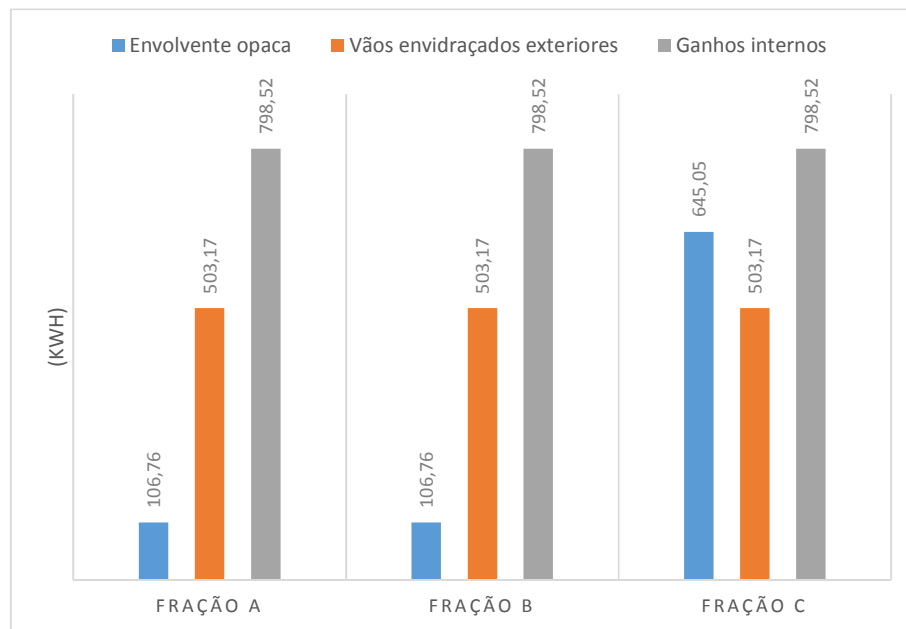


Fig. 3.60 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo RCCTE

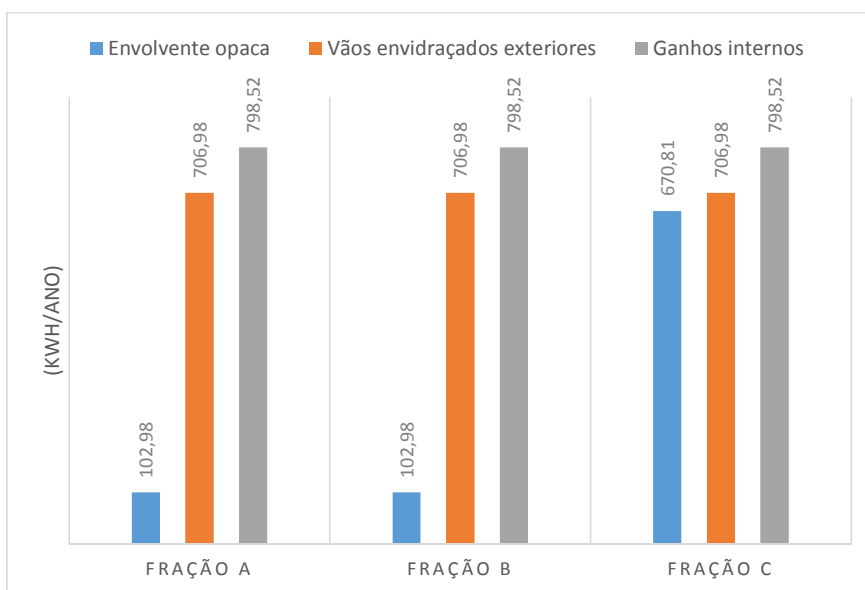


Fig. 3.61 – Ganhos brutos na estação de arrefecimento calculadas pelo REH

Em qualquer dos regulamentos verifica-se que a diferença é exclusivamente nos ganhos solares pela envolvente opaca na fração C. Esta diferença deve-se sobretudo ao contributo dos ganhos solares da cobertura exterior.

Entre regulamentos, mais uma vez, as diferenças na envolvente opaca devem-se aos efeitos de sombreamento por palas verticais e horizontais considerados pelo REH, que o RCCTE não previa.

Nos envidraçados as diferenças devem-se à diferente metodologia de cálculo do fator solar para a estação de arrefecimento, como já foi explicado nos casos de estudo anteriores.

Salienta-se novamente que a intensidade da radiação solar também é diferente, devido às alterações dos dados climáticos.

Nas figuras 3.62 e 3.63 apresenta-se a percentagem de ganhos solares de cada componente, para uma das frações e para cada regulamento.

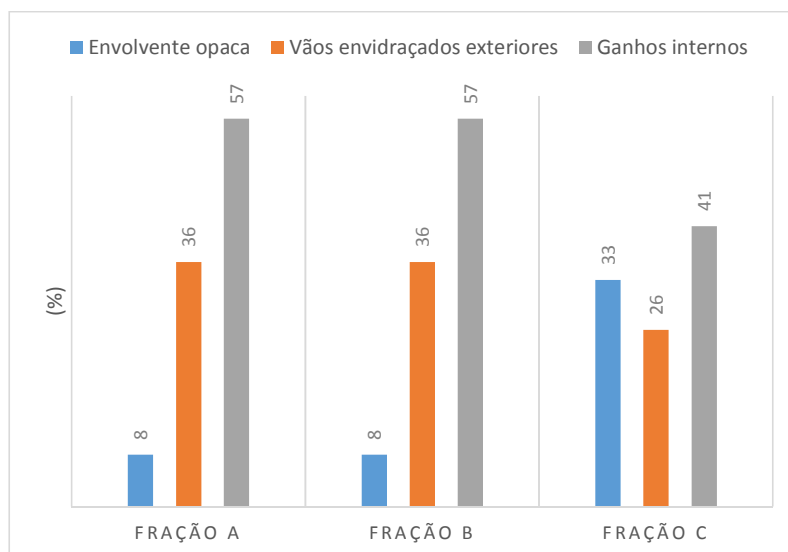


Fig. 3.62 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento obtidas pelo RCCTE

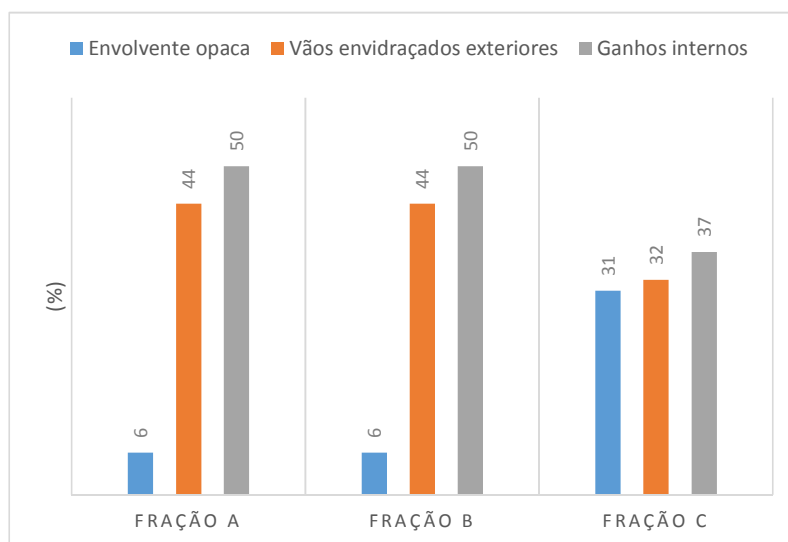


Fig. 3.63 – Percentagem de ganhos brutos na estação de arrefecimento obtidas pelo REH

Verifica-se assim que nas frações A e B os ganhos solares dão-se sobretudo pelos ganhos internos, tanto no RCCTE como no REH.

Na fração C os ganhos são relativamente uniformes por cada um dos componentes.

Em ambas as regulamentações os fatores solares máximos são cumpridos sem qualquer problema. No RCCTE o fator solar máximo é de 0,56, dado que o edifício se encontra em zona climática V2 e tem uma inércia térmica forte. No REH o fator solar máximo é de 0,50,

dado que a zona climática é V3, no entanto, para dar cumprimento à legislação é necessário determinar o fator solar global máximo que contabiliza também os efeitos do sombreamento por palas verticais e horizontais, deste modo o fator solar máximo é variável para cada vão envidraçado.

Nos quadros seguintes são apresentados os fatores solares máximos para cada vão envidraçado para cada umas das regulamentações.

Quadro 3.133 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo RCCTE

ORIENTAÇÃO		NOME	$g_{100\%}$	$g_{máx}$
E	1	C	0,09	0,56
S	2	A	0,09	0,56
S	3	B	0,09	0,56
S	4	D	0,09	0,56

Quadro 3.134 – Fator solar do vão envidraçado e fator solar máximo pelo REH

ORIENTAÇÃO		NOME	$g_{T\text{corrigido}}$	$g_{Tmáx}$
E	1	C	0,05	0,12
S	2	A	0,04	0,33
S	3	B	0,04	0,34
S	4	D	0,06	0,12

Como se pode verificar novamente, o fator solar considerado para comparação com o fator solar máximo é diferente, dado que no RCCTE considerava-se o fator solar com as proteções 100% ativas, enquanto no REH são contabilizados os efeitos do sombreamento das palas verticais e horizontais.

Apesar de o fator solar considerado para efeitos de comparação ter diminuído, não diminuiu na proporção que diminuiu o fator solar máximo que é bastante inferior atualmente.

3.3.7.8. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e valor máximo das necessidades de aquecimento (N_i)

Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos para as necessidades anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i), para cada uma das regulamentações e para cada fração.

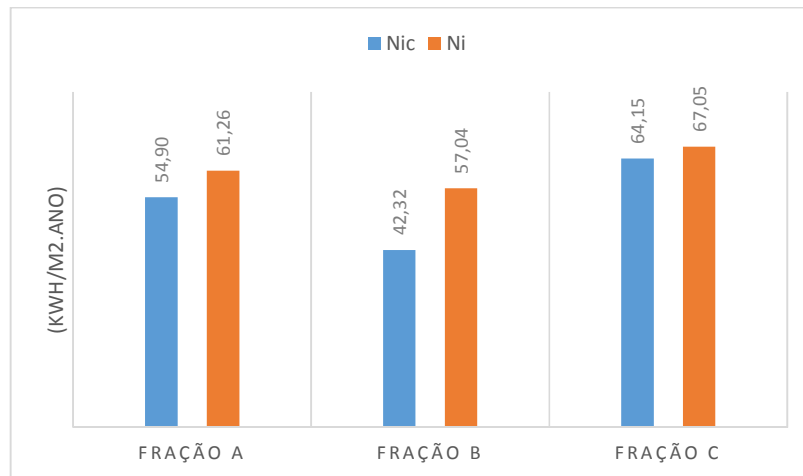


Fig. 3.64 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i) pelo RCCTE

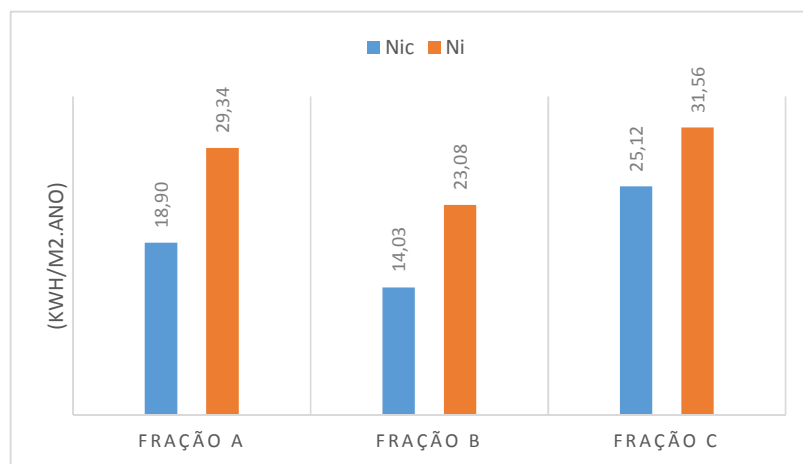


Fig. 3.65 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e respetivo valor máximo (N_i) pelo REH

Os valores entre regulamentos não são comparáveis dadas as alterações de metodologia já explicadas nos casos de estudo anteriores.

Quando se comparam os resultados obtidos por cada regulamento para a mesma fração concluiu-se outra vez que não parece tratar-se da mesma fração, dado que no RCCTE é indicado um pior desempenho na estação de aquecimento do que o previsto no REH.

Relativamente às frações com pior e melhor desempenho o RCCTE e o REH são consensuais, a fração C apresenta maiores necessidades do que as outras frações, enquanto a fração B é a que apresenta um melhor desempenho.

3.3.7.9. Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e valor máximo das necessidades de arrefecimento (N_v)

À semelhança da estação de aquecimento e pelos motivos já mencionados os resultados são naturalmente diferentes.

Nas figuras 3.66 e 3.67 são apresentados os resultados obtidos para a estação de arrefecimento, para cada fração e para cada uma das regulamentações.

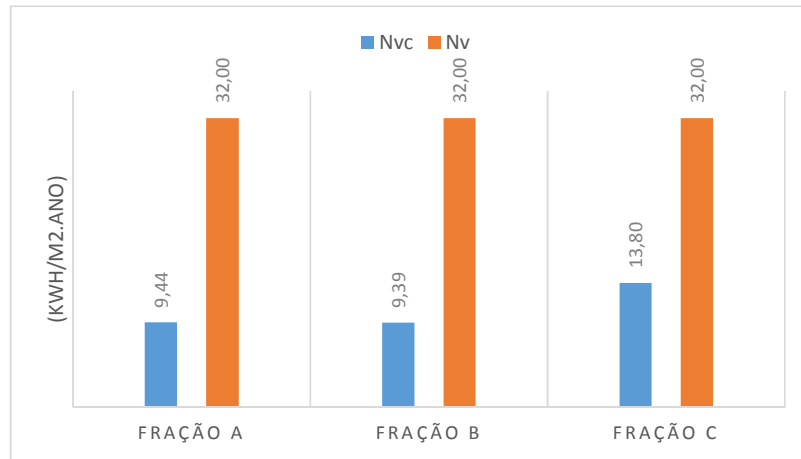


Fig. 3.66 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v) pelo RCCTE

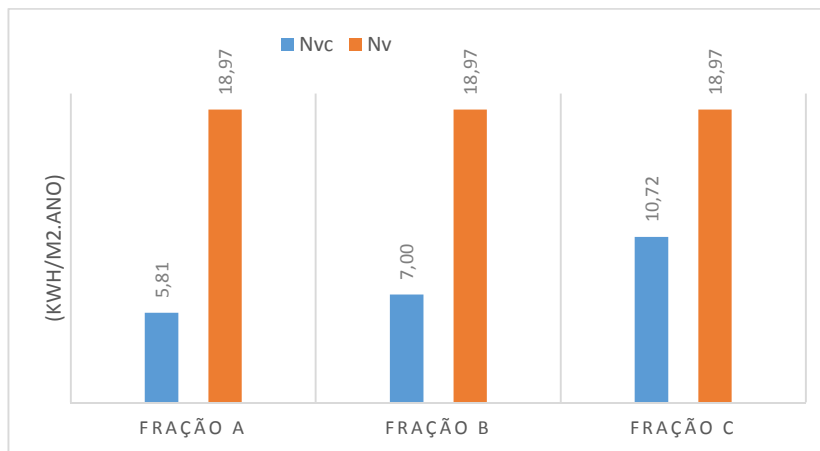


Fig. 3.67 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) e respetivo valor máximo (N_v) pelo REH

De uma forma geral todas as frações e para cada uma das regulamentações apresentam valores de necessidades de arrefecimento bastante inferiores ao valor máximo respetivo, indicando um bom desempenho térmico nesta estação.

No RCCTE a fração com melhor desempenho é a fração B, enquanto no REH é a fração A. A fração C é a fração com pior desempenho na estação de arrefecimento.

3.3.7.10. Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}) e respetivo valor máximo (N_a)

Nas figuras seguintes constam os valores obtidos para estas frações (valores iguais para fração A, B e C) e para cada regulamento.

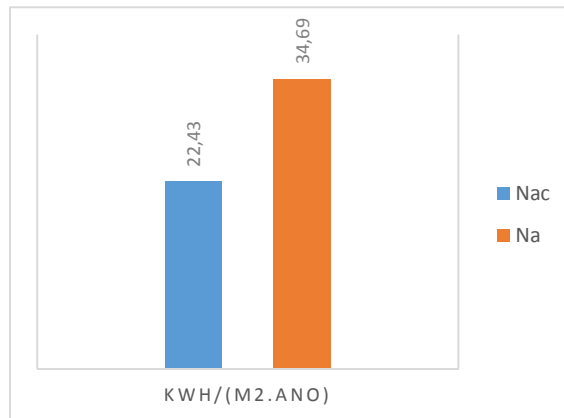


Fig. 3.68 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS (N_{ac}) e valor máximo (N_a) - RCCTE

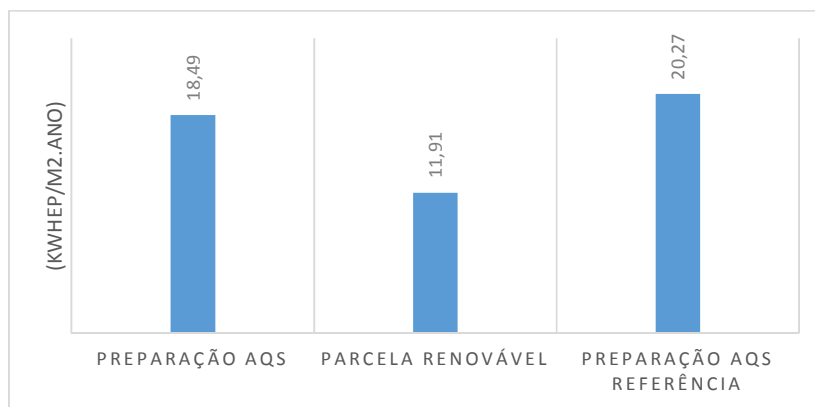


Fig. 3.69 – Necessidades nominais anuais de energia primária para preparação de AQS, parcela de energia renovável e valor de referência - REH

Os valores obtidos para cada regulamentação não são comparáveis entre si, dado que se encontram em unidades diferentes.

O equipamento utilizado, esquentador a gás, não apresenta a mesma eficiência, de forma que não se espera que os resultados obtidos traduzam a mesma realidade.

Na figura 3.70 apresenta-se a percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS relativamente ao valor máximo para que se possa comparar os valores.

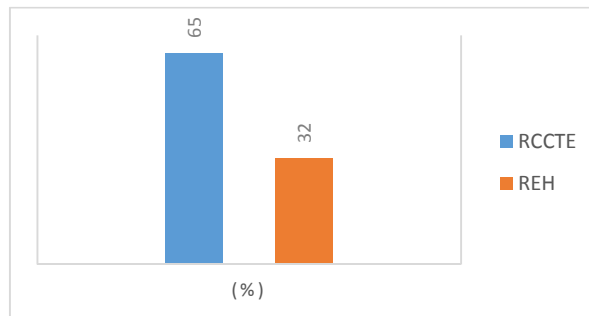


Fig. 3.70 – Percentagem das necessidades do sistema de apoio de AQS em cada uma das regulamentações (frações A, B e C)

Como se verifica o RCCTE apresenta maiores necessidades para preparação de AQS, o que se pode explicar pela menor eficiência do equipamento considerado no RCCTE, dado que o REH impõe requisitos de eficiência e de isolamento na tubagem. Esta diferença também é influenciada pelos motivos já mencionados nos anteriores casos de estudo.

3.3.7.11. Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t)

Dadas as diferenças avaliadas nos pontos acima, não é de esperar que nas necessidades nominais anuais globais de energia primária os resultados sejam iguais ou até semelhantes.

Nas figuras 3.71 e 3.72 apresentam-se os resultados obtidos para cada uma das regulamentações em estudo e para cada uma das frações.

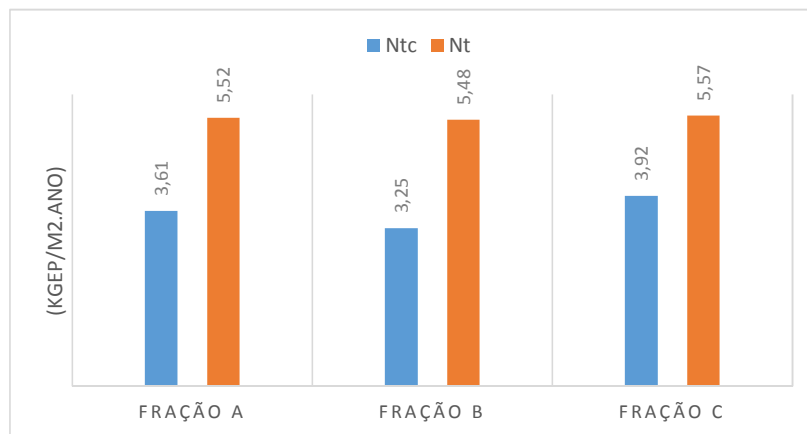


Fig. 3.71 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo RCCTE

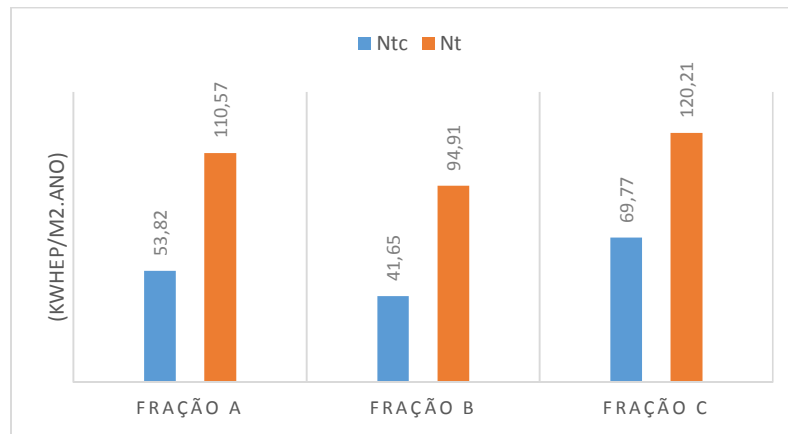


Fig. 3.72 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) e respetivo valor máximo (N_t) pelo REH

Como se verifica os resultados não podem ser comparados, dado que estão em unidades diferentes.

Na figura 3.73 e para uma melhor comparação apresenta-se o rácio (N_{tc}/N_t) para determinação da classe energética.

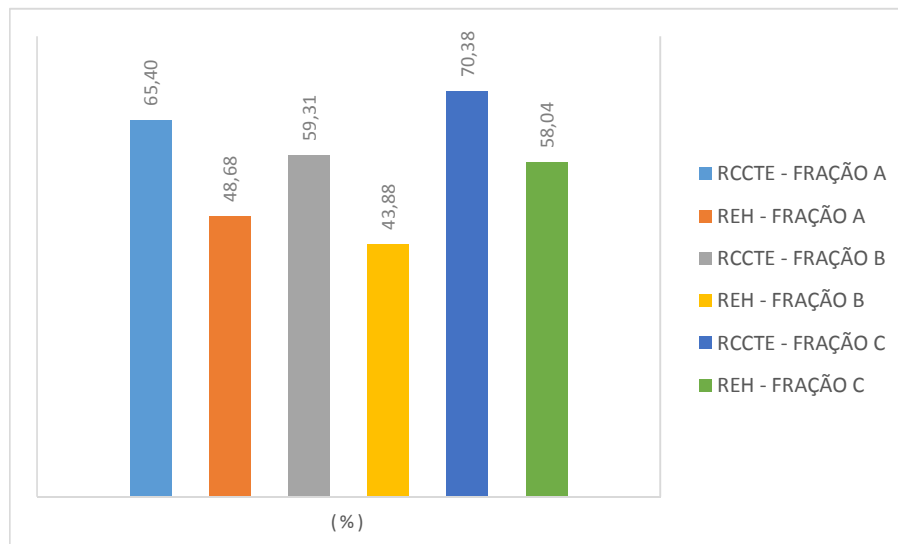


Fig. 3.73 – Percentagem do rácio N_{tc}/N_t para determinação da classe energética

Qualquer uma das frações avaliadas neste caso de estudo apresenta um pior desempenho energético pelo RCCTE. No RCCTE a

Verifica-se que tanto a fração A, como a B e como a C apresenta pior desempenho energético pelo RCCTE. No RCCTE a classe energética conseguida é B, enquanto no REH é A nas

frações A e B, e classe B para a fração C (figura 3.74). Verifica-se que apenas a fração C apresenta a mesma classe energética para ambos os regulamentos.

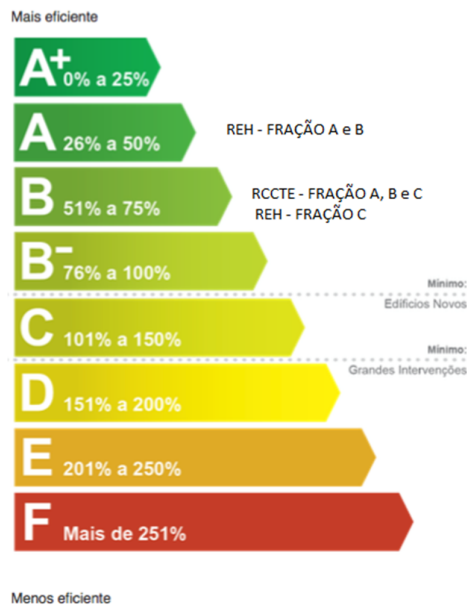


Fig. 3.74 – Classe energética

Nas figuras 3.75 a 3.76 apresentam-se as análises gráficas com a percentagem das necessidades de energia primária pelas parcelas destinadas a aquecimento, arrefecimento e AQS, para as frações A a C, respetivamente.

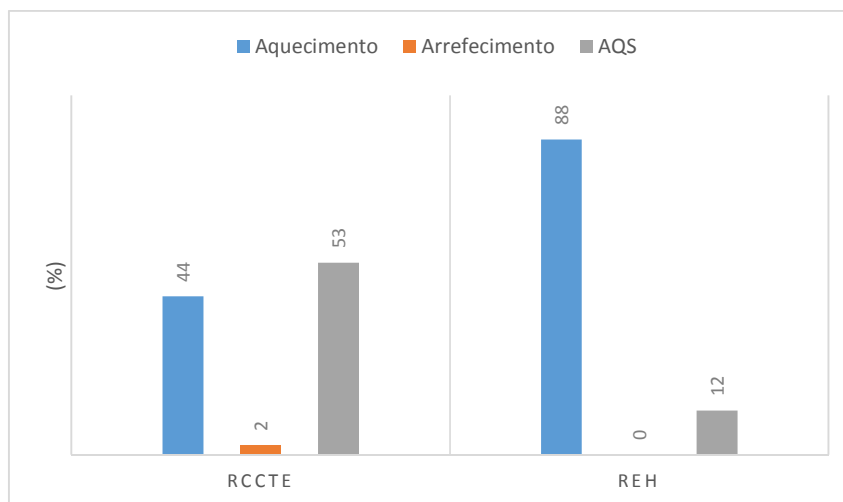


Fig. 3.75 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração A

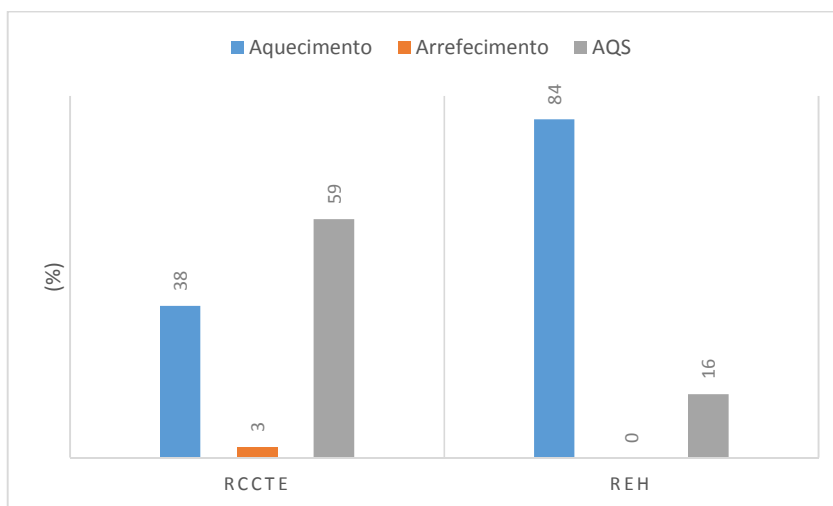


Fig. 3.76 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração B

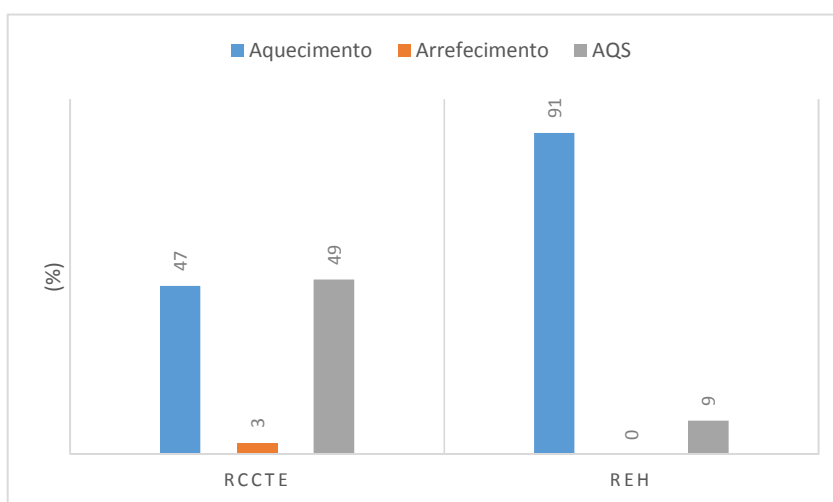


Fig. 3.77 – Percentagem das parcelas das necessidades de energia primária da fração C

Como se pode verificar as parcelas de cada uma das necessidades não têm uma expressão semelhante em cada uma das regulamentações.

No RCCTE verifica-se que os maiores consumos são relativos ao AQS enquanto no REH correspondem ao aquecimento. Já os menores consumos correspondem ao arrefecimento tanto no RCCTE como no REH.

Analisando estes resultados nem parece que se trata da mesma fração, pois o RCCTE indica que o edifício tem um bom comportamento na estação de arrefecimento e um pior desempenho ao nível do AQS e da estação de aquecimento. No REH os resultados indicam

que a fração tem um pior desempenho na estação de aquecimento, tendo um bom comportamento na estação de arrefecimento e no AQS.

Pelos requisitos energéticos é possível perceber que a maior dificuldade no cumprimento dos requisitos é ao nível da estação de aquecimento, contudo nos resultados obtidos pelo RCCTE das parcelas das necessidades de energia primária indicam que os maiores gastos correspondem à parcela de AQS o que não é expectável.

3.3.8. ALTERAÇÕES AOS CÁLCULOS INICIAIS

Para avaliar os fatores que influenciam a classificação energética em cada uma das regulamentações procedeu-se às seguintes alterações:

- i. aumento da espessura de isolamento térmico das paredes exteriores e em contacto com espaços não úteis em mais 6 cm, assim como em todas as pontes térmicas planas na fração A, B e C;
- ii. aumento da espessura de isolamento térmico das coberturas exteriores em mais 6 cm na fração C;
- iii. aumento da espessura de isolamento térmicos do pavimento exterior e em contacto com espaços não úteis em mais 6 cm na fração A;
- iv. alteração do sistema de apoio de AQS atual (esquentador) por um termoacumulador elétrico com eficiência de 0,93;
- v. alteração dos sistemas de climatização por defeito para sistemas de climatização split ou multi split com eficiências COP 3,66 e EER 3,37.

Apresentam-se nos quadros seguintes os resultados obtidos nos requisitos energéticos quer para os cálculos iniciais quer para cada uma das alterações acima mencionadas e para cada uma das frações.

Quadro 3.135 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração A

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Nic	54,90	47,25	50,83	44,00			48,90	40,55	54,90	47,25	54,90	12,91
Ni	61,26	73,36	61,26	73,36			61,26	73,36	61,26	73,36	61,26	22,92
Nvc	9,44	0,00	9,26	0,00			9,52	0,00	9,44	0,00	9,44	0,00
Nv	32,00	16,94	32,00	16,94			32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94
Nac	22,43		22,43				22,43		14,95		22,43	
Na	34,69		34,69				34,69		34,69		34,69	
Preparação AQS		18,49		18,49				18,49		26,75		18,49
Referência Preparação AQS		20,27		20,27				20,27		45,88		20,27
Ntc	3,61	53,82	3,49	50,57			3,44	47,13	6,02	62,08	2,45	19,48
Nt	5,52	110,57	5,52	110,57			5,52	110,57	5,52	136,18	5,52	60,14
Rácio	0,65	0,49	0,63	0,46			0,62	0,43	1,09	0,46	0,44	0,32
Classe Energética	B	A	B	A			B	A	C	A	A	A

Quadro 3.136 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração B

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Nic	42,32	35,08	38,82	32,17					43,32	35,08	42,32	9,58
Ni	57,04	57,70	57,04	57,70					57,04	57,70	57,04	18,03
Nvc	9,39	0,00	9,22	0,00					9,39	0,00	9,39	0,00
Nv	32,00	16,94	32,00	16,94					32,00	16,94	32,00	16,94
Nac	22,43		22,43						14,95		22,43	
Na	34,69		34,69						34,69		34,69	
Preparação AQS		18,49		18,49						26,75		18,49
Referência Preparação AQS		20,27		20,27						45,88		20,27
Ntc	3,25	41,65	3,13	38,75					5,65	49,91	2,35	16,15
Nt	5,48	94,91	5,48	94,91					5,48	120,52	5,48	55,24
Rácio	0,59	0,44	0,57	0,41					1,03	0,41	0,43	0,29
Classe Energética	B	A	B	A					C	A	A	A

Quadro 3.137 – Valores obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização para a fração C

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Nic	64,15	62,81	59,80	59,26	54,78	52,30			64,15	62,81	64,15	17,16
Ni	67,05	78,90	67,05	78,90	67,05	78,90			67,05	78,90	67,05	24,66
Nvc	13,80	0,00	13,63	0,00	11,62	0,00			13,80	0,00	13,80	0,00
Nv	32,00	16,94	32,00	16,94	32,00	16,94			32,00	16,94	32,00	16,94
Nac	22,43		22,43		22,43				14,95		22,43	
Na	34,69		34,69		34,69				34,69		34,69	
Preparação AQS		18,49		18,49		18,49				26,75		18,49
Referência Preparação AQS		20,27		20,27		20,27				45,88		20,27
Ntc	3,92	69,38	3,80	65,83	3,63	58,87			6,33	77,64	2,56	23,73
Nt	5,57	116,11	5,57	116,11	5,57	116,11			5,57	141,72	5,57	61,87
Rácio	0,70	0,60	0,68	0,57	0,65	0,51			1,14	0,55	0,46	0,38
Classe Energética	B	B	B	B	B	B			C	B	A	A

Verifica-se que a implementação de maiores espessuras de isolamento nas paredes e nos pavimentos se traduz numa melhoria mais significativa no REH do que no RCCTE, no entanto não se verificou qualquer alteração na classe energética.

A alteração do sistema de apoio de AQS de um esquentador a gás propano para um termoacumulador elétrico teve um impacto negativo no RCCTE, obtendo-se uma classe energética C, classe que nem cumpre a legislação. No REH esta alteração traduziu-se numa ligeira melhoria, contudo a classe energética não sofreu qualquer alteração.

A aplicação de um sistema de climatização do tipo ar condicionado (split ou multi split ar-ar) com eficiências de COP 3,66 e EER 3,37 traduz-se numa melhoria do rácio significativa nas duas regulamentações em estudo. No RCCTE levou a uma alteração de classe energética que passou de B para A em todas as frações. No REH esta variação melhorou a classe energética da fração C, que passou da classe B para A, mas as frações A e B mantiveram a mesma classe energética.

Nas figuras seguintes apresentam-se as representações gráficas da alteração do rácio da classe energética para uma melhor percepção da variação do mesmo de acordo com as alterações mencionadas.

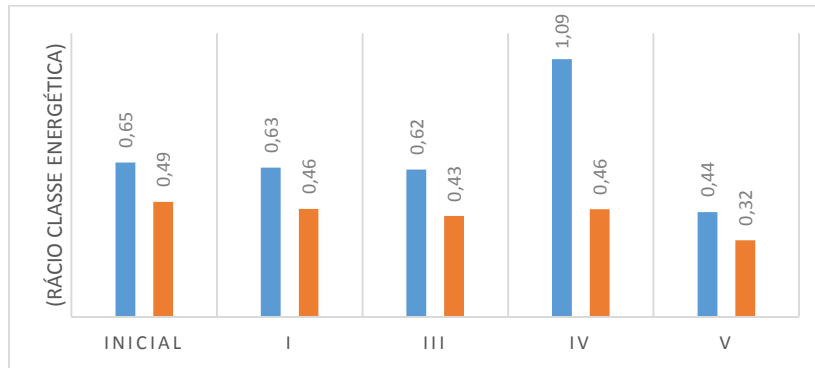


Fig. 3.78 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração A

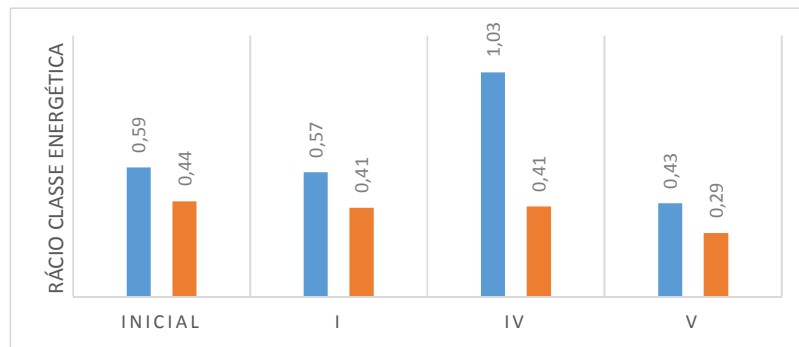


Fig. 3.79 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração B

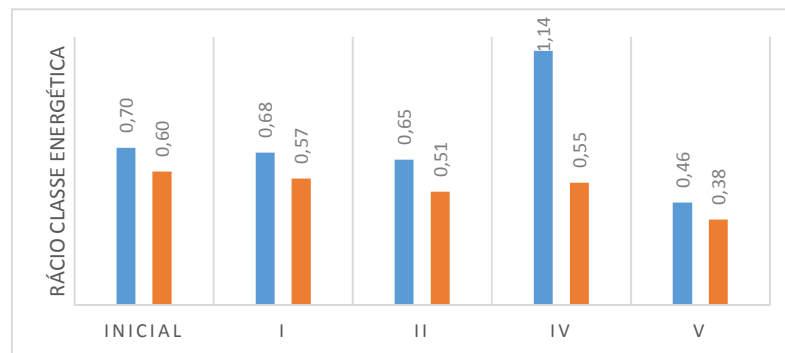


Fig. 3.80 – Rácios obtidos nos cálculos iniciais e cálculos com alterações no isolamento térmico, sistemas de AQS e climatização - fração C

No RCCTE a alteração do sistema de AQS foi a variação mais significativa e que se traduziu numa pior classe energética, enquanto no REH a alteração dos sistemas de climatização foi a que teve um melhor impacto no rácio da determinação da classe energética.

3.4. ANÁLISE CRÍTICA

Ao longo deste trabalho verificou-se que os resultados dos casos de estudo são diferentes, contudo os fundamentos são os mesmos, existindo diferenças ao nível da metodologia de cálculo, ao nível de alguns dos parâmetros térmicos e ainda de algumas das considerações regulamentares.

Verificou-se que houve alteração nos dados climáticos adotados por cada uma das regulamentações, dado que o RCCTE define as zonas climáticas de inverno a partir do número de graus-dia (GD) na base de 20°C e o REH define a partir do número de graus-dia (GD) na base de 18°C. As zonas climáticas da estação de arrefecimento são definidas de acordo com a temperatura média exterior. Nos casos de estudo avaliados, todos localizados no Algarve, verificou-se que estas alterações não tiveram impacto na zona climática de inverno, mas alteraram a zona climática de verão, que passou de V2 para V3.

Os coeficientes de redução de perdas - τ e b_{tr} , RCCTE e REH, respetivamente, são diferentes na maioria das vezes, dado que cada legislação se baseia em tabelas de valores de coeficientes de redução de perdas diferentes. No REH deixaram de estar previstos espaços com coeficientes de redução de perdas inferiores a 0,30. Esta alteração veio então prever perdas para os espaços não úteis que não possuíam contacto com o exterior ou cuja área de contacto com o exterior era muito pequena relativamente à área em contacto com espaços úteis. No terceiro caso de estudo verificou-se que em alguns casos as diferenças eram elevadas, dado que numa regulamentação o coeficiente de redução de perdas era superior a 0,7, enquanto na outra regulamentação era inferior.

Na medição das áreas de pavimentos úteis os critérios mantêm-se iguais, a grande diferença verifica-se nas ampliações. Enquanto no RCCTE o regulamento aplicava-se apenas à zona ampliada, o REH aplica-se à totalidade do edifício, considerando-se também para efeitos de cálculo as zonas existentes não intervencionadas. Esta alteração leva a que exista uma maior “uniformidade” da fração, não havendo a existência de zonas com um comportamento térmico completamente distinto de outras e promovendo a reabilitação térmica das zonas existentes.

Ao nível das envolventes opacas verificam-se diferenças na consideração para efeitos de cálculo dos elementos em contacto com o solo e a introdução de ângulos de sombreamento para a contabilização dos ganhos solares pela envolvente opaca na estação de arrefecimento.

Nas pontes térmicas lineares verificam-se diferenças nos coeficientes de transmissão térmica, tomando valores superiores na regulamentação atual.

Nos vãos envidraçados verificam-se diferenças na determinação dos fatores solares para a estação de aquecimento e arrefecimento. O RCCTE considerava que nas habitações de inverno todos os vãos envidraçados possuíam uma cortina muito transparente no verão o fator

solar era contabilizado considerando 30% do vão sem proteção e 70% com a proteção ativa. Caso existissem proteções permanentes era contabilizado o seu efeito nas duas estações. Atualmente pelo REH no inverno o fator solar corresponde ao fator solar do vidro e de verão o fator solar contabiliza o vidro as proteções móveis em função de uma fração de tempo em que estão ativas de acordo com a orientação. Caso existam as proteções estas são permanentes são consideradas em ambas as estações.

Os fatores de sombreamento são considerados de forma muito idêntica, alterando o critério do ângulo que no RCCTE se fazia pela face da parede exterior, enquanto agora se prevê que seja pela face exterior do vão envidraçado.

O efeito dos fatores de sombreamento é agora contabilizado para a análise do fator solar máximo, o que permite contabilizar os elementos passivos da arquitetura que provocam sombreamento. Por este facto este parâmetro atualmente está mais exigente que na regulamentação anterior.

O REH permite também a contabilização dos ganhos solares dos vãos envidraçados em contacto com marquises, solários, ou espaços não úteis que permitem a passagem de luz através dos seus compartimentos até às zonas úteis.

Ao nível dos sistemas térmicos solares a contabilização da contribuição solar é superior quando feita pelo RCCTE, dado que o REH prevê que o ΔT é de 35°C, enquanto no RCCTE era de 45°C.

O REH introduziu requisitos mínimos ao nível dos sistemas técnicos e obriga à implementação de isolamentos térmicos em tubagens de transporte e fluído térmico, incluindo sistemas de acumulação, para que não existam tantas perdas e conseqüente não seja necessária mais energia para colmatar essas perdas.

No quadro seguinte apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos da classe energética bem como os rácios de determinação da classe energética para o caso de estudo 1:

Quadro 3.138 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 1

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Rácio	0,754	0,500	0,730	0,458	0,733	0,461	0,754	0,499	0,423	0,579	0,577	0,357
Classe Energética	B-	A	B	A	B	A	B-	A	A	B	B	A

Verifica-se que a fração apresenta um melhor desempenho térmico e energético no REH, tendo uma classe energética superior, à exceção da alteração iv, em que se verifica um melhor desempenho do RCCTE.

Na figura seguinte apresenta-se o impacte de cada uma das alterações no cálculo inicial.

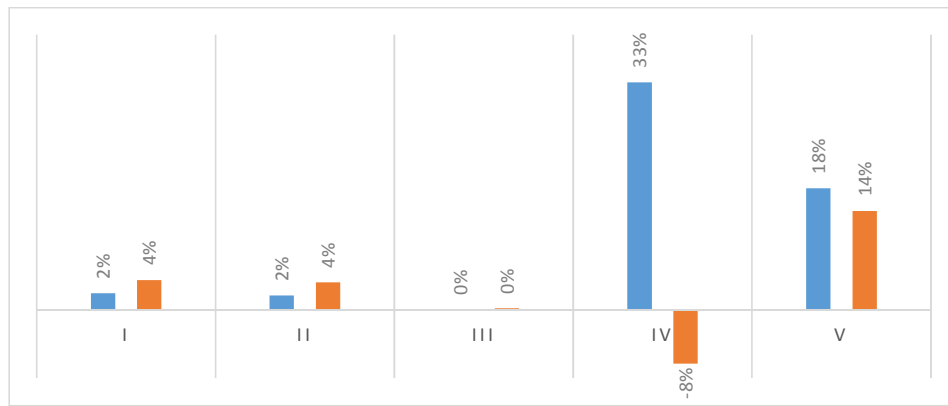


Fig. 3.81 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 1

No RCCTE a alteração de um termoacumulador elétrico para um esquentador a gás propano, embora menos eficiente, traduzia a melhoria mais notória e que normalmente se traduziu numa melhor classe energética. Nenhuma das alterações propostas provocou variações negativas neste regulamento.

No REH a variação que conduziu a um melhor desempenho foi a colocação de um sistema de climatização sendo a alteração do termoacumulador elétrico para um esquentador a gás propano a que apresentou pior resultado.

Relativamente ao caso de estudo 2 apresenta-se um quadro síntese com os resultados da classe energética e rácios de determinação da mesma e uma figura representativa do impacte das alterações feitas aos cálculos iniciais.

Quadro 3.139 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 2

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Rácio	0,65	0,78	0,64	0,50	0,64	0,76	0,65	0,78	0,33	0,91	0,54	0,50
Classe Energética	B	B-	B	A	B	B-	B	B-	A	B-	B	A

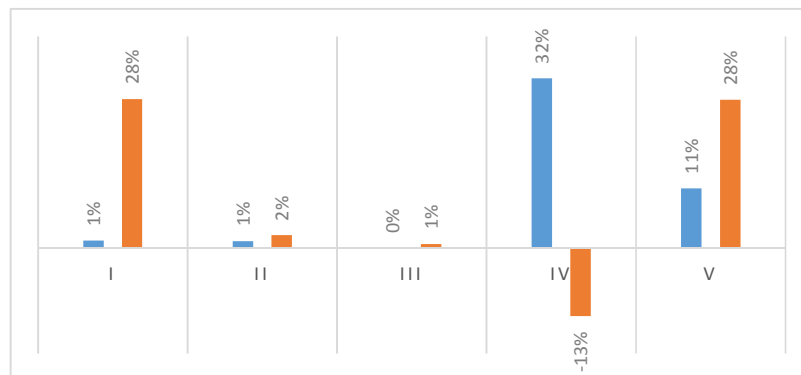


Fig. 3.82 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 2

Pelo RCCTE obtém-se uma melhor classe energética, pois apenas se aplica à zona ampliada, contudo se se optar por intervir na envolvente da zona existente o REH obtém uma melhor classe energética.

Neste caso de estudo os resultados traduzem uma realidade muito semelhante à exposta para o caso de estudo 1, com a diferença que o aumento da espessura do isolamento térmico das paredes a construir e a colocação de isolamento térmico nas paredes existentes também conduz a um melhor desempenho.

Para o caso de estudo 3 apresentam-se os resultados obtidos, os rácios de determinação da classe energética e a classe energética nos quadros seguintes, para as três frações objeto de análise.

Quadro 3.140 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração A

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Rácio	0,65	0,49	0,63	0,46			0,62	0,43	1,09	0,46	0,44	0,32
Classe Energética	B	A	B	A			B	A	C	A	A	A

Quadro 3.141 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração B

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Rácio	0,59	0,44	0,57	0,41					1,03	0,41	0,43	0,29
Classe Energética	B	A	B	A					C	A	A	A

Quadro 3.142 – Classe energética e classe energética do caso de estudo 3 fração C

	INICIAL		i		ii		iii		iv		v	
	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH	RCCTE	REH
Rácio	0,70	0,60	0,68	0,57	0,65	0,51			1,14	0,55	0,46	0,38
Classe Energética	B	B	B	B	B	B			C	B	A	A

As frações A e B obtêm uma melhor classe energética pelo REH. Na fração C o rácio de determinação da classe energética é inferior, revelando uma maior proximidade à classe A do que o RCCTE.

Nas figuras seguintes apresenta-se a percentagem obtida com as alterações feitas aos cálculos iniciais, de forma a avaliar o seu impacte.

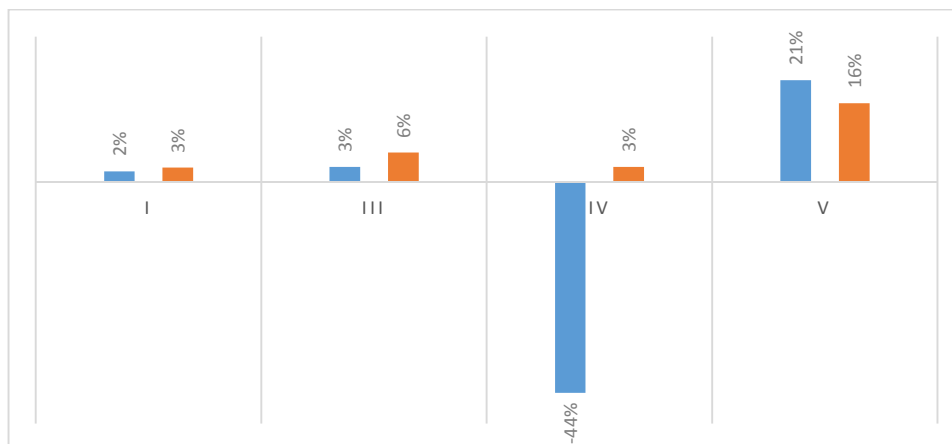


Fig. 3.83 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração A

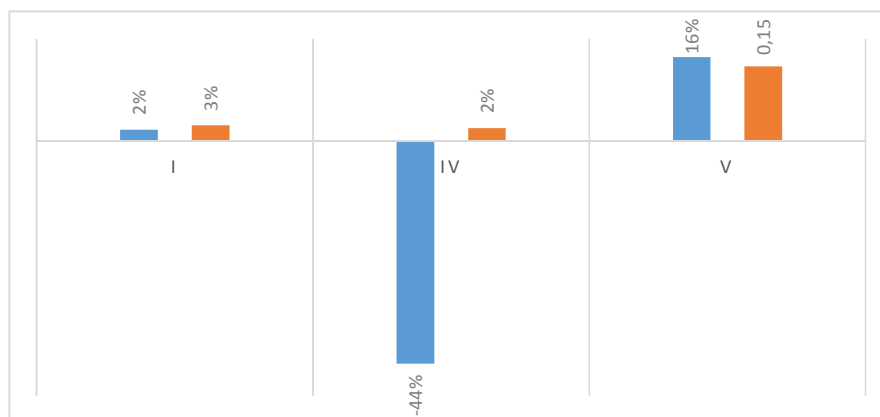


Fig. 3.84 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração B

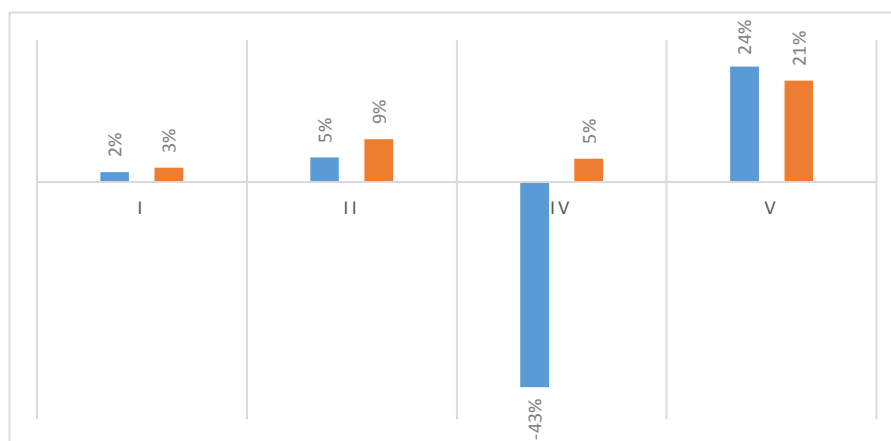


Fig. 3.85 – Percentagem das alterações feitas aos cálculos iniciais para o caso de estudo 3 fração C

Verifica-se que a alteração do esquentador a gás propano para um termoacumulador elétrico é bastante prejudicial no RCCTE, levando mesmo a incumprimento regulamentar.

Tanto no RCCTE como REH a colocação de um sistema de climatização melhora o desempenho energético da fração. Concluindo-se portanto que os equipamentos de climatização têm uma influência significativa na determinação da classe energética.

4. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

4.1. CONCLUSÕES

A regulamentação atual surgiu como um processo evolutivo da regulamentação anterior. Contudo as semelhanças ficam-se pela estruturação, pois tanto a metodologia como inúmeros parâmetros sofreram alteração que conduzem a resultados substancialmente diferentes.

No estudo efetuado em que se aplica cada um dos regulamentos à mesma fração e analisando os resultados obtidos verificou-se que o desempenho térmico é distinto, não parecendo por vezes tratar-se da mesma fração.

Tanto no RCCTE como no REH verifica-se, na maior parte das vezes, que a maior dificuldade se prende com o cumprimento regulamentar na estação de aquecimento, que é conseguido com a redução de perdas pela envolvente e das pontes térmicas lineares e com maiores ganhos úteis, o que implica menores coeficientes de transmissão térmica e maiores fatores solares. No REH as pontes térmicas lineares traduzem perdas mais elevadas do que no RCCTE, contudo não é perceptível se este aumento traduz uma melhor aproximação à realidade do que a feita anteriormente pelo RCCTE.

Na estação de arrefecimento a dificuldade verificada é sobretudo ao nível do cumprimento do fator solar máximo dos vãos envidraçados, que no REH ficou consideravelmente mais exigente, obrigando à instalação de proteções solares com fatores solares muito baixos. Em arquiteturas em que não estejam previstas proteções exteriores é necessário aplicar vidros com fatores solares muito baixos para evitar o sobreaquecimento da fração, contudo esta opção compromete os ganhos solares na estação de aquecimento.

Na verificação das necessidades nominais anuais para preparação de AQS pelo RCCTE era determinante a contribuição solar E_{solar} mantendo-se REH, e para além disso, o REH facilitou a quantificação e contabilização do contributo de outros sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis. Não se verificando dificuldades no cumprimento deste requisito por parte de qualquer das regulamentações. O REH introduziu sobretudo os requisitos mínimos da eficiência dos equipamentos e de espessuras de isolamentos térmicos para as tubagens de transporte de AQS, condutas e acessórios e equipamentos.

Nas necessidades nominais anuais globais de energia primária verificou-se uma alteração significativa sobretudo na formulação da metodologia utilizada por cada uma das regulamentações, pois o RCCTE considerava uma distribuição percentual: 10% das necessidades para aquecimento e arrefecimento e 100% o aquecimento e preparação de AQS. No REH esta distribuição é igual tornando os pesos destas necessidades mais equilibrados. Daí que no RCCTE a alteração de um sistema de preparação de AQS altera facilmente a classe energética da fração.

Nos casos de estudo avaliados verificou-se que no RCCTE facilmente se atingia uma boa classe energética pela implementação de um sistema de preparação de AQS a gás e sistemas de climatização eficientes. Esta circunstância despromovia a implementação de medidas passivas e até de sistemas de energias renováveis em prol do investimento em equipamentos mais eficientes.

No REH esta circunstância foi resolvida em parte, dado que o sistema de preparação de AQS já não tem uma influência tão significativa na alteração da classe energética, contudo os sistemas de climatização ainda o têm.

A existência de sistemas de energia renovável sempre foram bons elementos para a obtenção de uma melhor classe energética para ambas as regulamentações, tendo sido obrigatório pelo RCCTE a instalação de painéis solares. Contudo no RCCTE existiam dificuldades ao nível da determinação da contribuição destes sistemas quando não eram solares, atualmente o REH veio facilitar a implementação de outras formas de energia renovável.

Verifica-se uma evolução na promoção de uma melhor qualidade térmica na envolvente e na instalação de energia renovável nas frações por parte do REH, contudo ainda há algum trabalho a ser feito nesta área, pois facilmente se percebe que é mais económico o investimento e instalação de sistemas de climatização tradicionais do que sistemas de energia renovável para aquecimento ou arrefecimento, muito embora os custos de exploração sejam superiores nos tradicionais.

A qualidade do ar no interior de uma fração também é extremamente importante e tem sido esquecida, havendo atualmente Câmaras Municipais que nem exigem o projeto de ventilação. Ao se promover a qualidade de construção e consequentes aumentos da espessura de isolamento térmicos e a implementação de envolventes cada vez menos transmissoras termicamente leva a que cada vez as frações sejam mais estanques, estando dificultada a renovação do ar dos compartimentos. O REH também veio colmatar este problema que o RCCTE estava a implementar, dado que para cumprir a regulamentação é quase sempre necessário prever admissões de ar. Contudo a metodologia adotada atualmente não permite perceber até que ponto os dados obtidos traduzem resultados mais próximos da realidade que o RCCTE.

Verificou-se que a mesma fração apresenta, na maior parte das vezes e tanto nos cálculos iniciais como nas alterações introduzidas, uma classe energética diferente para cada um dos regulamentos.

Com a procura de edifícios com necessidades quase nulas de energia a partir de 2020, ou de 2018, no caso de edifícios novos de entidades públicas, seria importante a contabilização térmica de novos materiais, como por exemplo, os que recorrem à nanotecnologia, materiais com mudança de fase ou materiais com poder refletor, que neste momento não apresentam uma caracterização térmica que traduza os seus benefícios reais na regulamentação atual.

4.2. DESENVOLVIMENTOS DE CASOS FUTUROS

Dado o trabalho desenvolvido neste estudo pretende-se que o este dê origem a novos trabalhos de pesquisa, como:

- avaliação dos resultados obtidos, para edifícios de habitação pelo REH, entre os requisitos de qualidade térmica da envolvente e requisitos de eficiência dos sistemas técnicos atuais e atualização destes prevista para 1 de janeiro de 2016, dado que mais uma vez pode conduzir a diferentes classes energéticas para a mesma fração;
- análise dos resultados obtidos, para pequenos edifícios de comércio e serviços sem climatização, entre os requisitos de qualidade térmica da envolvente e requisitos de eficiência dos sistemas técnicos atuais e atualização destes prevista para 1 de janeiro de 2016, dado que mais uma vez pode conduzir classes energéticas diferentes para a mesma fração;
- estudar as principais diferenças entre a regulamentação atual prevista para os pequenos edifícios de comércio e serviços sem climatização – PES (RECS) e a regulamentação anterior (RCCTE), pois a metodologia sofreu grandes alterações;
- continuação da análise deste trabalho com a realização de casos de estudo fora da região do Algarve, para que se possa perceber quais as alterações noutras regiões e em que regiões é que se verifica um maior impacte;
- dado que foram abordados apenas três casos de estudo, seria importante realizar mais casos de estudo de forma a reforçar as conclusões obtidas neste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UALG; *Curso de Formação de Peritos Qualificados no âmbito SCE - vertente RCCTE*, 2009.
- [2] LNEC; *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, ITE 50*, Lisboa, 2006.
- [3] INETI; *Manual de apoio à aplicação do RCCTE*, Lisboa, 2006.
- [4] ADENE, AGÊNCIA PARA A ENERGIA; *Módulo Certificação RCCTE*, Lisboa, 2007.
- [5] Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto, *Revisão do Sistema de Certificação Nacional (SCE), Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)*, 2013.
- [6] Decreto-Lei 78/2006, de 4 de Abril, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*, 2006.
- [7] Ferreira, Susana Fernandes, *Validação de Aplicações Informáticas Aplicadas ao Novo RCCTE*, Faro, Novembro 2008.
- [8] Decreto-Lei 79/2006, de 4 de Abril, *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios*, 2006.
- [9] Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, 2006.
- [10] Despacho 15793-F/2013, de 3 de Dezembro, *Publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados*, 2013.
- [11] Despacho 15793-K/2013, de 3 de Dezembro, *Parâmetros térmicos*, 2013.
- [12] ADENE, AGÊNCIA PARA A ENERGIA; *Perguntas & Respostas – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, versão 1.3a*, Lisboa, Abril 2008.
- [13] Portaria 349-B/2013, de 29 de Novembro, *Metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE e Requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção*, 2013.
- [14] UALG; *Curso de Formação de Peritos Qualificados no âmbito SCE - vertente RCCTE*, 2007;

- [15] Despacho 15793-I/2013, de 3 de Dezembro, *Metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária*, 2013;
- [16] Despacho 15793-D/2013, de 3 de Dezembro, *Fatores de conversão entre energia útil e energia primária*, 2013;
- [17] Despacho 15793-J/2013, de 3 de Dezembro, *Determinação da classe energética*, 2013;
- [18] Corvacho, Helena, *Nova Regulamentação no Domínio da Térmica dos Edifícios*, 2014.

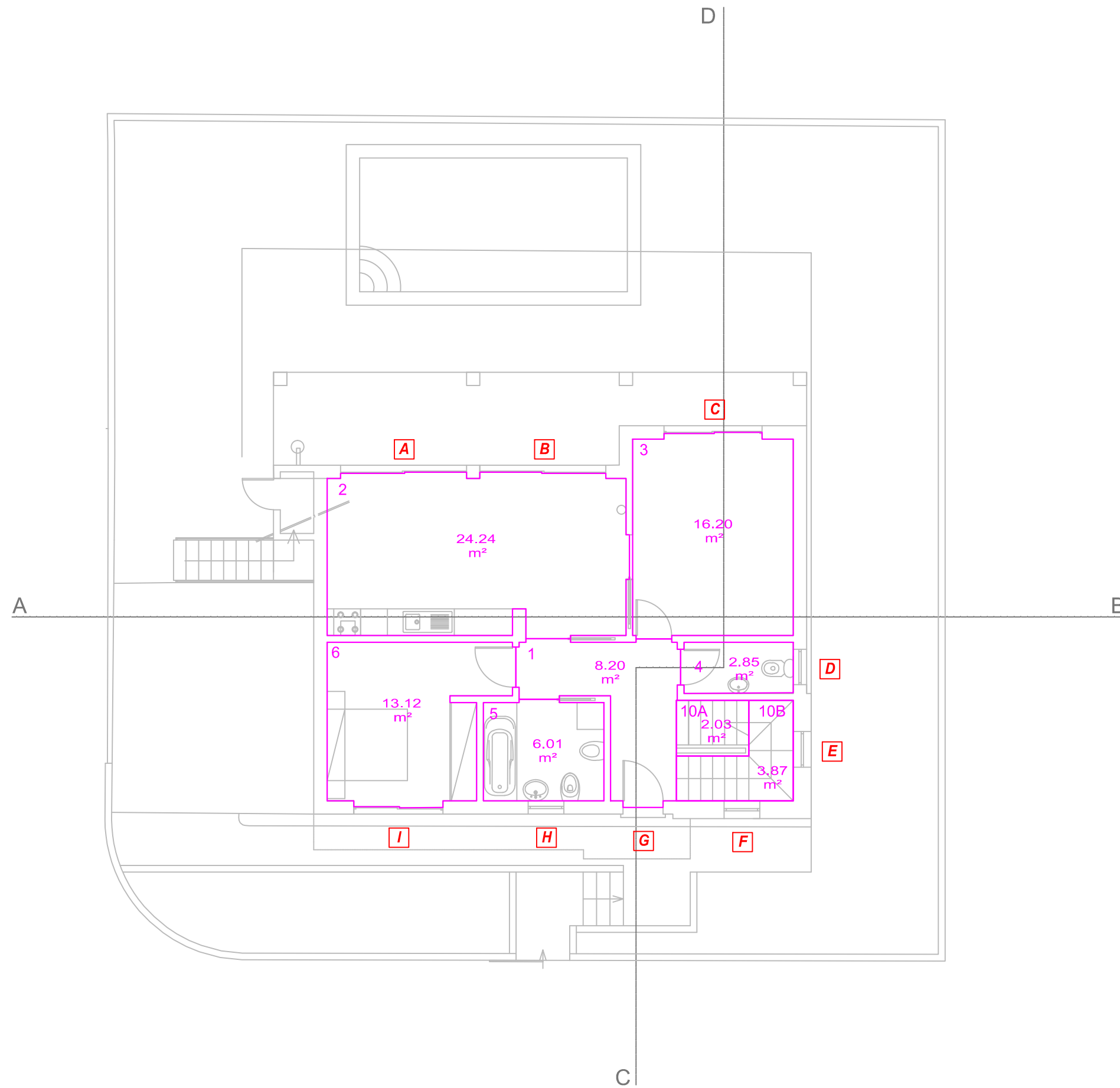
Sites:

- [19] www.adene.pt

ANEXOS

ANEXO I – CASO DE ESTUDO 1 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

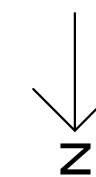
ANEXO I.1 – PLANTAS, ALÇADOS E CORTES DE ARQUITETURA



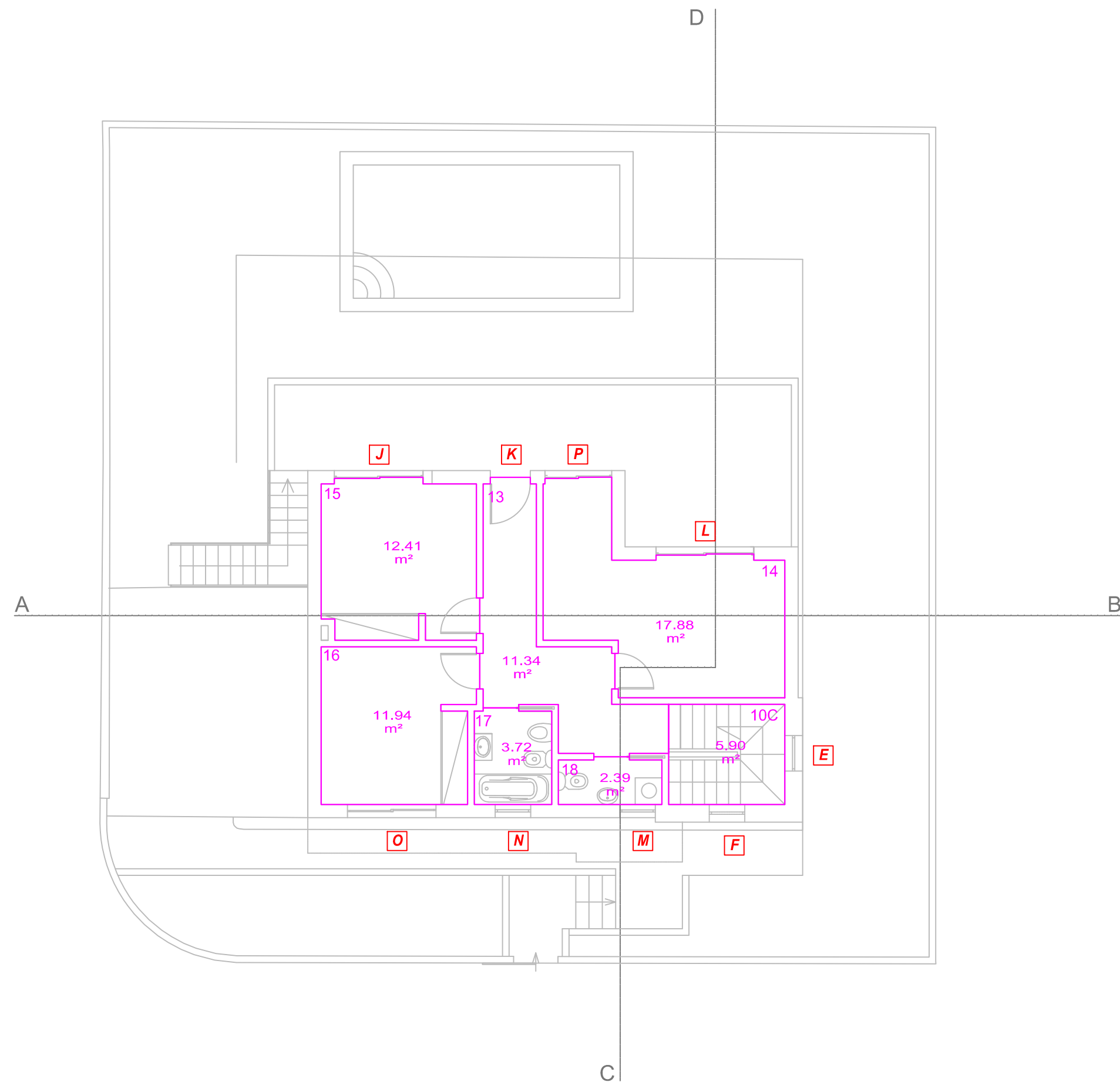
NOTAS

Áreas úteis

A a P Vãos envidraçados

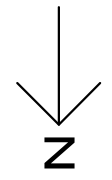


Designação	PLANTA DE ÁREAS ÚTEIS / ENVIDRAÇADOS RÉS-DO-CHÃO		
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_01		

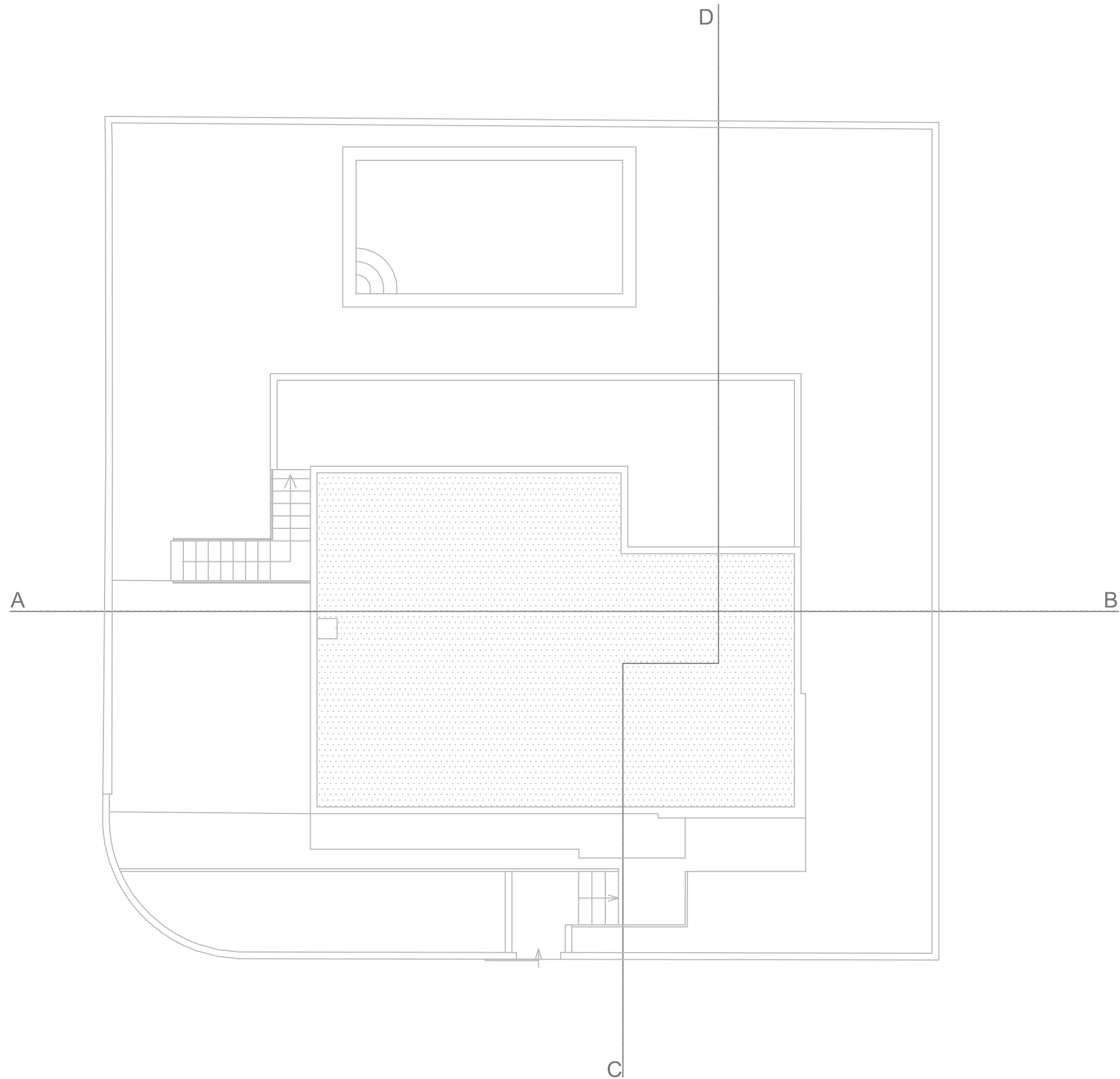


NOTAS

- Áreas úteis
- A a P Vãos envidraçados



Designação	PLANTA DE ÁREAS ÚTEIS / ENVIDRAÇADOS 1ºANDAR		
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_02		

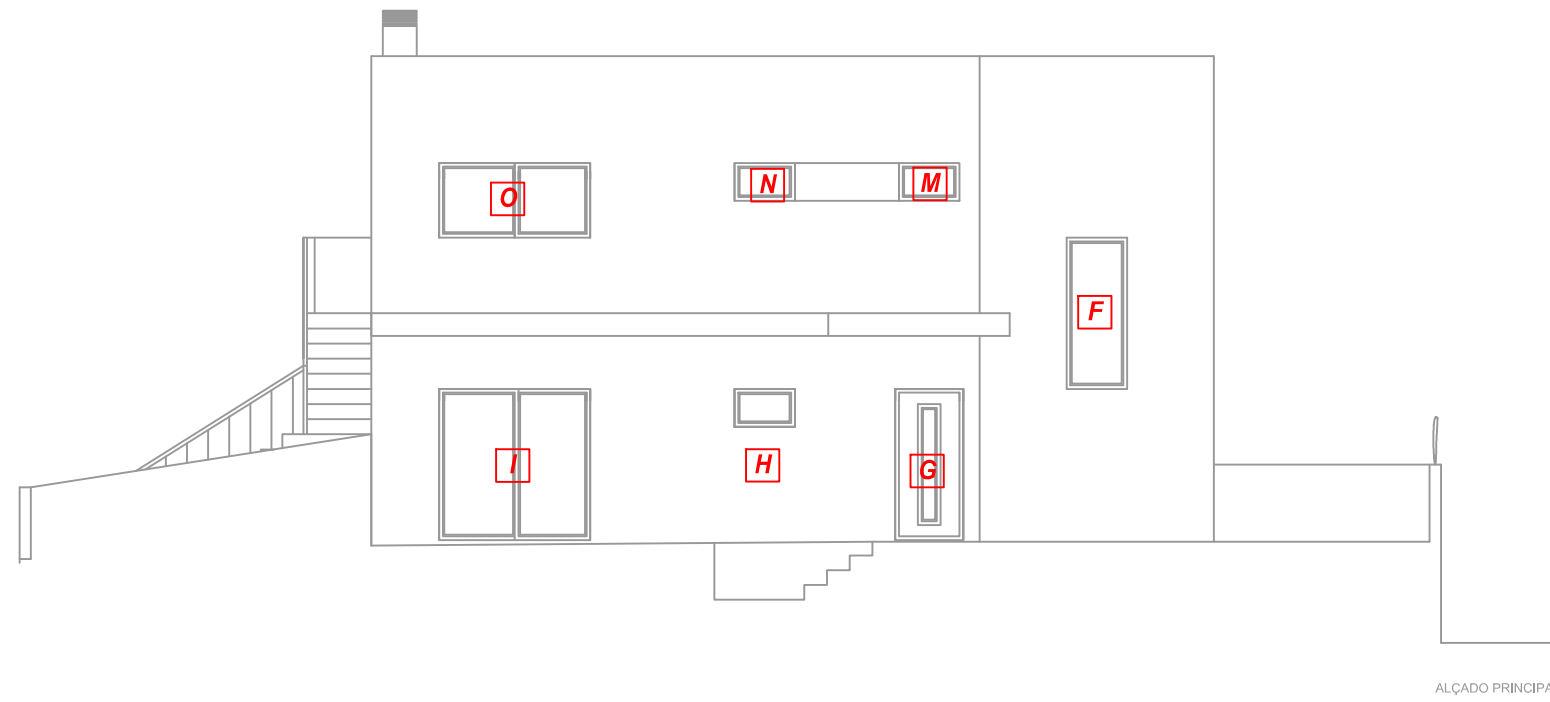


NOTAS

— Áreas úteis

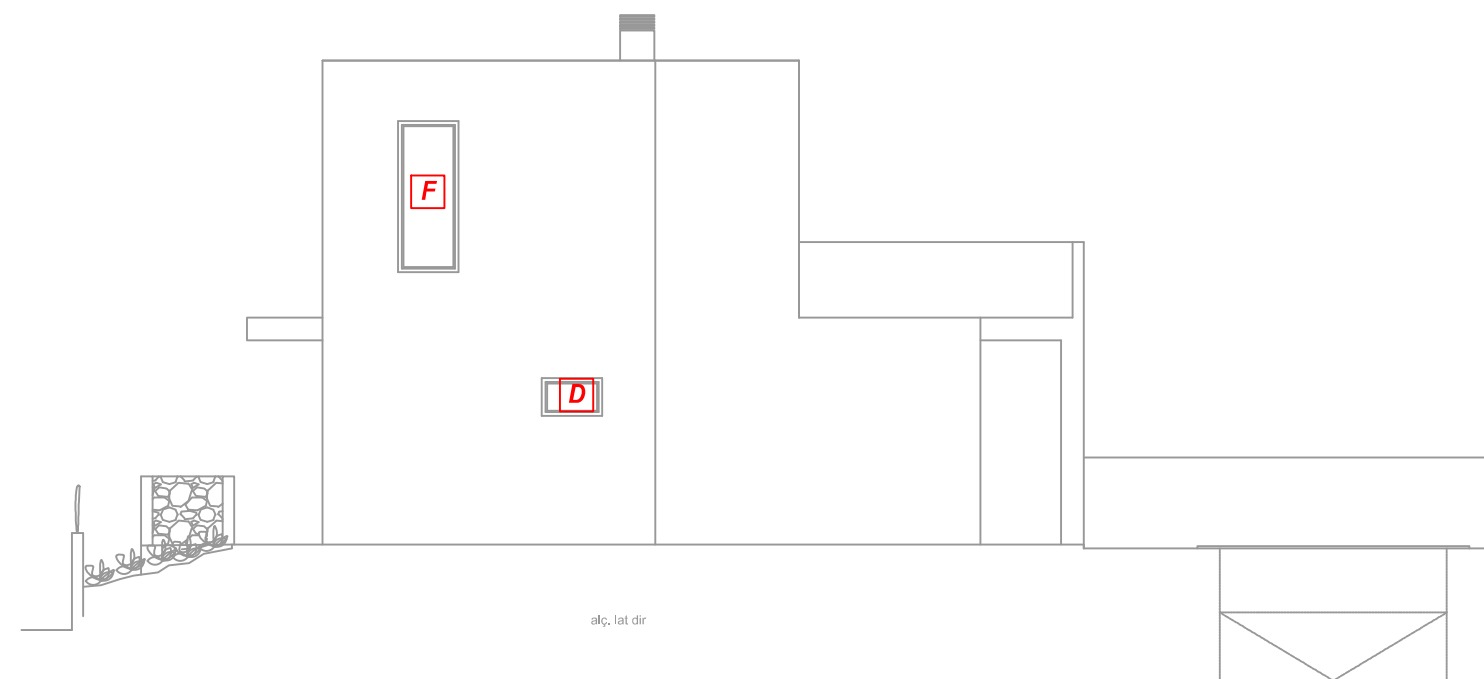
A a P Vãos envidraçados

Designação	PLANTA DE ÁREAS ÚTEIS / ENVIDRAÇADOS COBERTURA		
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_03		

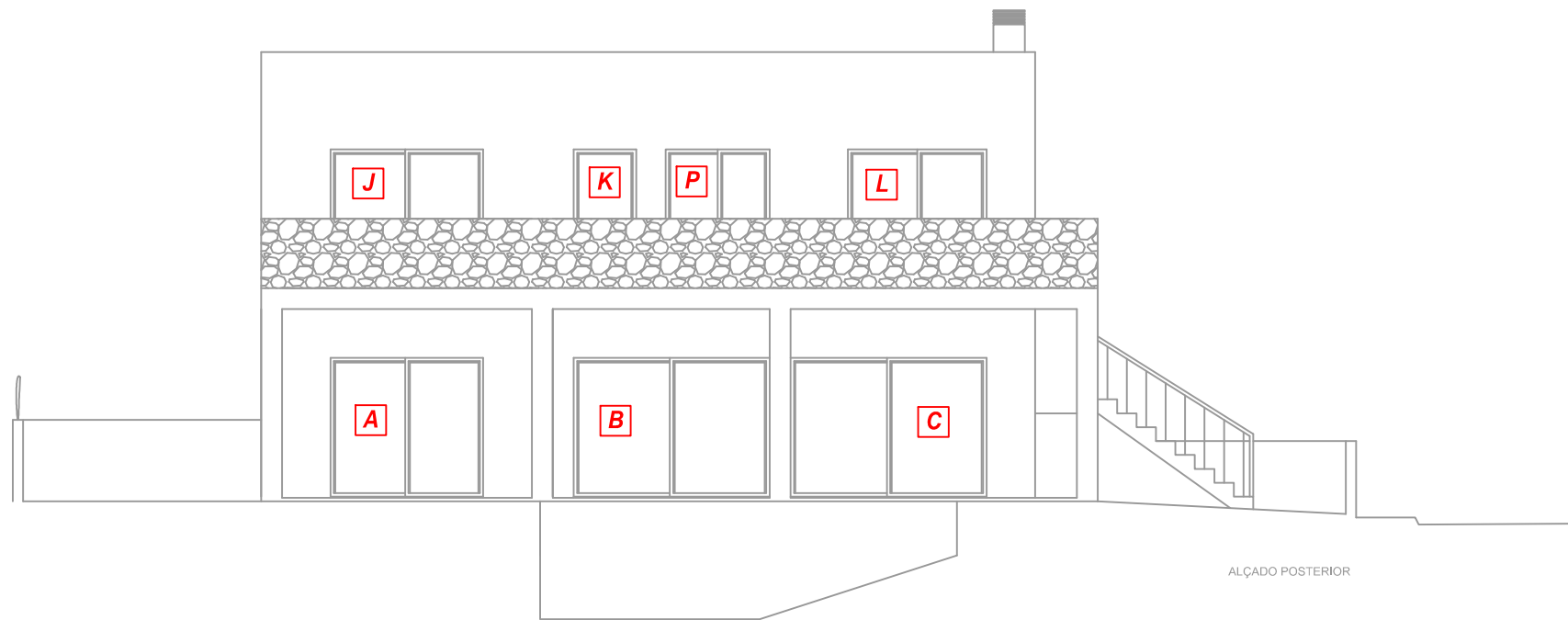


NOTAS

A a P Vãos envidraçados

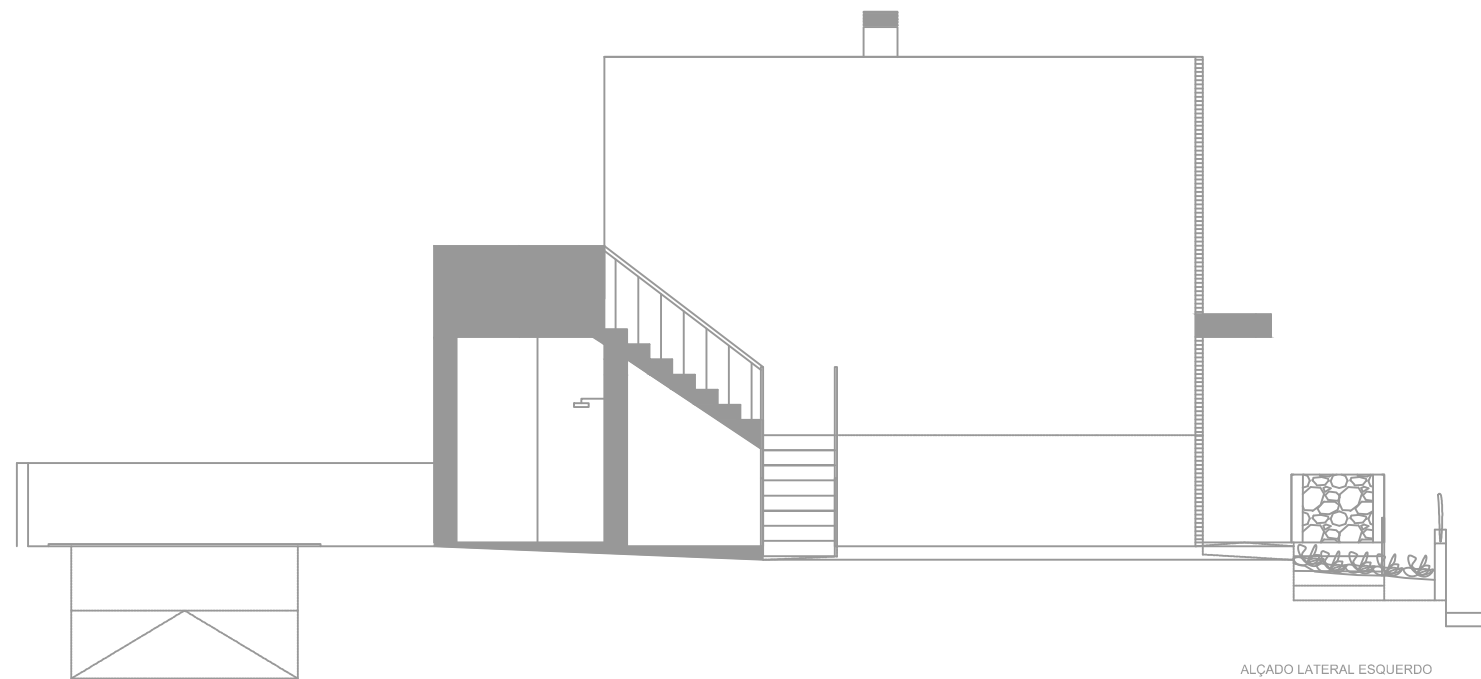


Designação	ALÇADOS DE ARQUITETURA		
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_04		

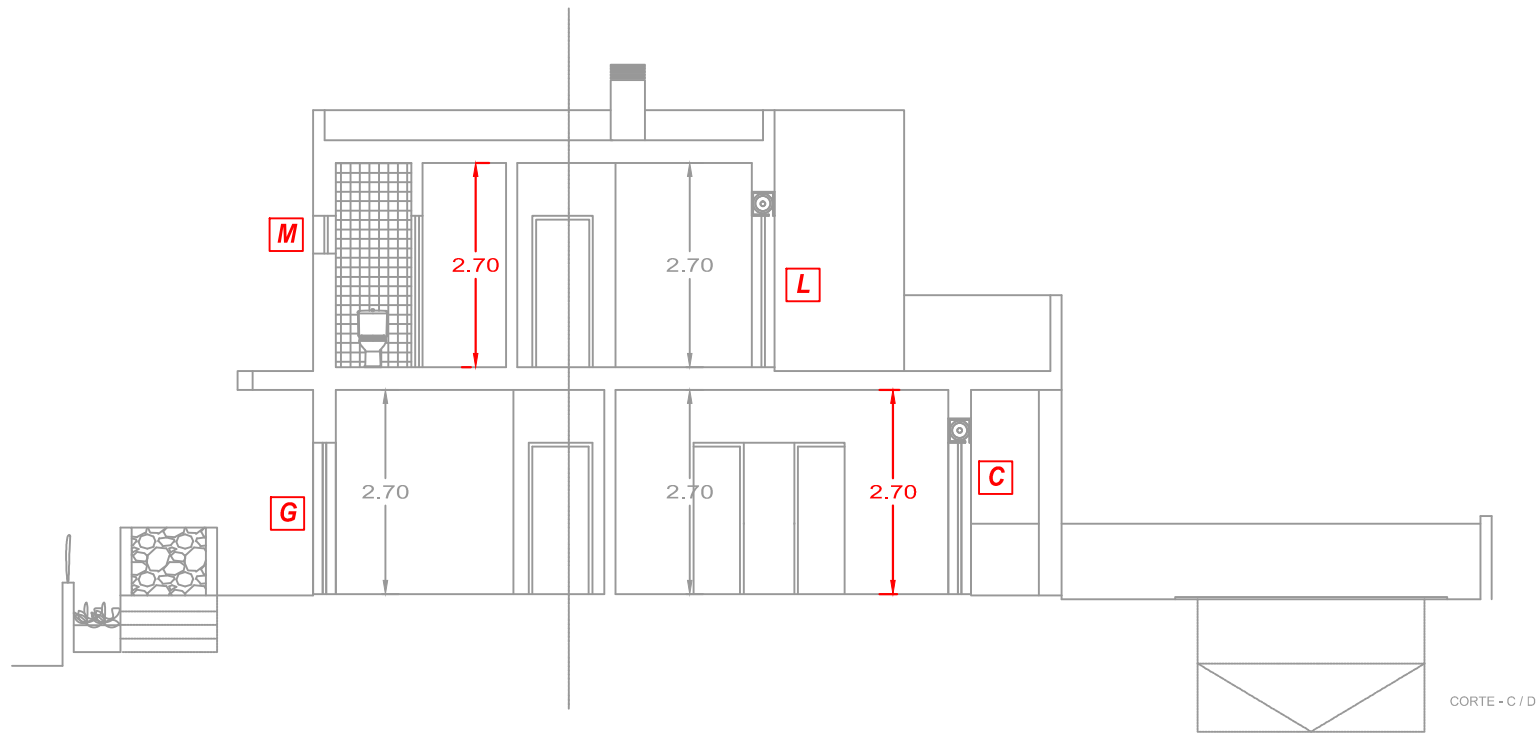


NOTAS

A a P Vãos envidraçados

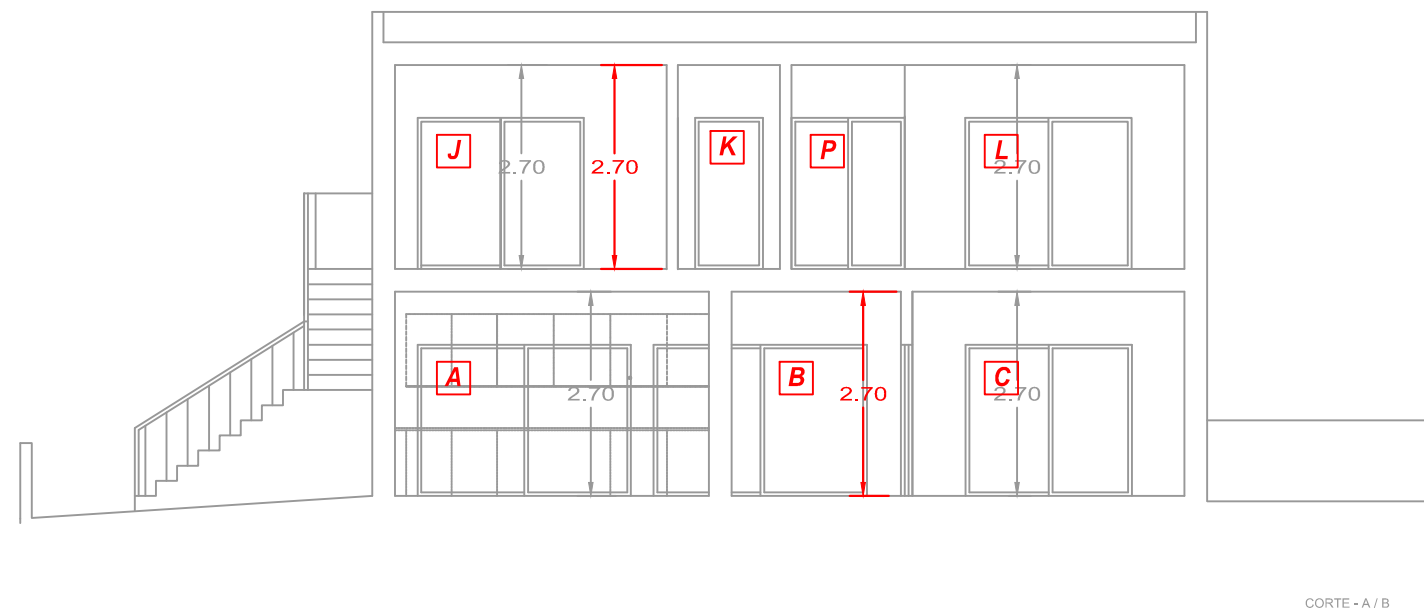


Designação	ALÇADOS DE ARQUITETURA		
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_05		



NOTAS

A a P Vãos envidraçados



Designação	CORTES DE ARQUITETURA	
Caso estudo	CASO ESTUDO 1 MORADIA UNIFAMILIAR	
Escala	1/100	Data ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE1_06	

ANEXO I.2 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE

Introdução de dados

Concelho

Altitude:

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1130	5,30	2	S

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

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)		<input type="text" value="142,10"/>	(m ²)
	x		
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,65"/>	(m)
		<input type="text"/>	(m ²)
		<input type="text"/>	(m)
	=		
Volume interior (V)		<input type="text" value="376,98"/>	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica		<input type="text" value="Natural"/>	

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumprir NP 1037-1? (S ou N) **se SIM:** RPH =

Se NÃO:

Classe da caixilharia (SIC, 1, 2 ou 3) Taxa de Renovação nominal:

Caixas de estore (Sim ou Não) RPH =

Caixas de estore em todos os vãos (Sim ou Não) Área dos vãos com caixa de estore (m²)

Classe de exposição (Quadro IV.1) (1, 2, 3 ou 4)

Disp. de admissão de ar na Fachada? (Sim ou Não)

Aberturas auto-reguladas? (Sim ou Não)

Área de Envidraçados > 15% Ap? (Sim ou Não) se Sim agrava 0,1

Portas exteriores bem vedadas? (Sim ou Não) Se Sim reduz 0,05 desde que Não cumpra NP1037-1

Ventilação Natural

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Volume		<input type="text" value="376,98"/>	
	x		
Taxa de Renovação nominal		<input type="text" value="1,05"/>	
	x		
		<input type="text" value="0,34"/>	
	=		
TOTAL		<input type="text" value="134,58"/>	(W/C)

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de Orientação Xi(-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução F _s (-) F _{h.Fo.Ff}	Fracção Envidraçada F _g (-)	Factor de Sel. Angular F _w (-)	Área Efectiva A _e (m ²)
NE	Duplo	4,00	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,45
NE	Duplo	0,40	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,05
NE	Duplo	0,48	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,05
NE	Duplo	1,60	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,18
NE	Duplo	2,00	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,23
NE	Duplo	0,40	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,05
NE	Duplo	0,40	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,05
SW	Duplo	5,64	0,84	0,63	0,476	0,70	0,90	0,89
SW	Duplo	5,64	0,84	0,63	0,468	0,70	0,90	0,88
SW	Duplo	4,40	0,84	0,63	0,608	0,70	0,90	0,89
SW	Duplo	4,00	0,84	0,63	0,792	0,70	0,90	1,06
SW	Duplo	1,80	0,84	0,63	0,792	0,70	0,90	0,48
SW	Duplo	3,00	0,84	0,63	0,792	0,70	0,90	0,79
SW	Duplo	4,40	0,84	0,63	0,760	0,70	0,90	1,11
NW	Duplo	0,40	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,05
NW	Duplo	1,60	0,33	0,63	0,864	0,70	0,90	0,18
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL(m²) 7,38

x

Radiação Incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})
no Continente
na Zona I 1 (kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III) 108

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses) 5,30

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano) 4224,15

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.3) Residencial 4 (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento 5,3 (meses)

x

Área Útil de pavimento 142,1 (m²)

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos 2169,01 (kWh/ano)

Ganhos Totais Úteis:

y = $\frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$ 6393,16

13695,17

Inércia do edifício: Forte $\gamma =$ 0,467

Factor de Utilização dos Ganhos Solares (h) 0,978

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos 6393,16

=

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) 6251,47

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	136,47
Coberturas Exteriores	73,86
Pavimentos Exteriores	
Envidraçados Exteriores	40,16
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	3,15
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	253,64
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	376,98
	=
FF	0,67
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1130
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)	56,36

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	257,03
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	4,65
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	108,72
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	134,58
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	504,98
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1130
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	13.695,17
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	6.251,47
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	7443,70
	/
Área Útil de pavimento (m²)	142,1
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	52,38
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	56,36

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	62,32	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	43,92	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	108,72	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	134,90	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	349,85	(W/°C)

Zona climática	V	2	S
----------------	---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
<i>Perdas específicas totais</i>	(Q1a)	<i>349,85</i>	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2048,74	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO

Orientação	NE	SE	SW	NW	NE	SE	SW	NW	NE	SE	SW	NW	NE	SW	NW	NE	-
Área, A (m ²)	37,34	25,18	16,49	33,37	1,49	0,47	1,28	1,30	4,07	2,00	3,00	2,19	2,16	4,33	0,48	1,32	
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,40	0,40	0,40	0,40	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70	0,70	1,33	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	
α U.A.	5,97	4,03	2,64	5,34	0,41	0,13	0,35	0,35	1,11	0,54	0,82	0,60	0,60	1,21	0,13	1,40	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	340	460	460	340	340	460	460	340	340	460	460	340	340	460	340	340	
	x	x	x	x	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	0,04	0,04	0,04	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	81,23	74,11	48,53	72,59	5,51	2,35	6,41	4,81	15,06	10,01	15,02	8,10	8,22	22,30	1,83	19,05	

POR ORIENTAÇÃO

Orientação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)																	
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
α U.A.																	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	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	0,04	0,04	0,04	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior																	

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO

Orientação	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)						
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x
α U.A.						
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior						

HORIZONTAL

Horiz.	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	73,86						
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x
	0,59						
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x	x
	0,4						
α U.A.	17,57						
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	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
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior							
TOTAL	576,20						971,35
							(kWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação Tipo de Vidro	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL																			
	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	NW Duplo	NW Duplo					
Área, A (m²)	4,00	0,40	0,48	1,60	2,00	0,40	0,40	5,64	5,64	4,40	4,00	1,80	3,00	4,40	0,40	1,60				
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,288	0,288	0,750	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288				
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,883	0,883	0,883	0,900	0,900	0,900	0,900	0,521	0,509	0,621	0,900	0,900	0,900	0,854	0,900	0,900				
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	0,85				
Área efectiva, Ae	0,61	0,06	0,19	0,25	0,31	0,06	0,06	0,50	0,49	0,47	0,62	0,28	0,46	0,64	0,06	0,25				
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.5)	340	340	340	340	340	340	340	460	460	460	460	460	460	460	340	340				
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	205,86	20,59	64,33	83,90	104,87	20,97	20,97	231,61	226,29	215,50	283,77	127,70	212,83	296,20	20,97	83,90				

Orientação Tipo de Vidro	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL																			
	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	NE Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	SW Duplo	NW Duplo	NW Duplo					
Área, A (m²)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Área efectiva, Ae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores																				TOTAL
																				2220,25

⁽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 actualada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, Fs, é obtido pelo produto FO.FI dos Quadros V.1 e V.2 (F₀=1)

(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m^2)	142,10
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	1664,28 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	2220,25	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	971,35	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	1664,28	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		4855,88	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="4855,88"/> (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<input type="text" value="2048,74"/> (kWh)
	=
Y	<input type="text" value="2,37"/>
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
<hr/>	
	<input type="text" value="1"/>
	-
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<input type="text" value="0,42"/>
	=
	<input type="text" value="0,58"/>
	x
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="4855,88"/> (kWh)
	=
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="2839,08"/> (kWh/ano)
	+
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text"/> (Ev=Pv*24*122/1000 (kWh))
	=
TOTAL	<input type="text" value="2839,08"/> (kWh/ano)
	/
Área útil de pavimento (m ²)	<input type="text" value="142,10"/>
	=
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	<input type="text" value="19,98"/> (kWh/m ² .ano)
	≤
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	<input type="text" value="32"/> (kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

	40		
	x		
n° de ocupantes (Quadro VI.1)	5		
	=		
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200		(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	3820,64		
	x		
	(
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de preparação de ASQ	1,00		
	/		
Eficiência de conversão do 1.º sistema convencional de preparação de AQS, ha_1	0,80		
)		
	=		
	4775,80		(kWh/ano)
	-		
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, Esolar	3249,00		
	-		
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, Eren			
	=		
	1526,80		
	/		
Área útil de pavimento, A_p	142,10		(m ²)
	=		
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	10,74		(kWh/m ² .ano)
	≤		
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	41,61		(kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
	(
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	52,38	(kWh/m ² .ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento ambiente, E_{solar}	/	(kWh/m ² .ano)
	142,10	
Área útil de pavimento, A_p)	
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de aquecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de aquecimento, h_1	100,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
)	
	x	
	19,98	(kWh/m ² .ano)
	x	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	19,98	(kWh/m ² .ano)
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de arrefecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de arrefecimento, h_v	300,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pv} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
)	
	x	
	10,74	(kWh/m ² .ano)
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária para o 1.º sistema	0,290	(kgep/kWh)
)	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac)	(kWh/m ² .ano)
	=	
	4,83	(kgep/m ² .ano)
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	6,41	(kgep/m ² .ano)
sabendo que:		
Necessidades nominais de aquec. máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	56,36	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv (kWh/m ² .ano)	32,00	
Limite máximo das necessides para preparação da AQS, Na (kWh/m ² .ano)	41,61	
CLASSE ENERGÉTICA DA FRACÇÃO	B-	(Ntc/Nt =

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Padrão padrão_antigo
5 módulos (5,0 m²)
Inclinação 32° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a1= 7,500 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento óptico: 69,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30°
35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96
0,94 0,93 0,91 0,89 0,87 0,84 0,81 0,76 0,70 0,61 0,44 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25°
30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99
0,99 0,99 0,98 0,96 0,94 0,90 0,87 0,80 0,73 0,61 0,48 0,24 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,01 l/s)

Depósito

Modelo: típico 200 l
Volume: 200 l
Área externa: 2,70 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical

18 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
 200 200
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
 200 200

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Albufeira
 Coordenadas nominais: 37,1°N, 8,2°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
 solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 32° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
111 Janeiro	67	106	2,	141	252
83 Fevereiro	83	113	4,	145	228
83 Março	118	141	14,	170	252
83 Abril	165	176	28,	199	244
45 Maio	205	198	34,	220	252
32 Junho	218	203	39,	226	244
18 Julho	231	219	58,	244	252
9 Agosto	217	223	71,	247	252
5 Setembro	153	176	40,	219	244
25					

Outubro	112	149	22,	198	252
54					
Novembro	77	117	5,	162	244
83					
Dezembro	65	106	2,	149	252
104					

Anual	1711	1927	319,	2320	2971
651					

Fracção solar: 78,1%

Rendimento global anual do sistema: 24%
colector]

Produtividade: 464 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

200 200
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
 200 200

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Albufeira
 Latitude 37,1°N (nominal)
 Longitude 8,2°W (nominal)
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
 LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt
 Inclinação do sistema: 32°
 Azimute do sistema: 0°
 Obstruções do horizonte: por defeito

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga
kWh	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh
118	68	105	3,	206	324
76	83	113	6,	217	293
68	118	141	12,	256	324
32	165	176	24,	282	314
14	205	198	35,	310	324
5	218	203	28,	309	314
4	231	219	35,	321	324
0	217	223	41,	324	324

Setembro	153	176	25,	298	314
16					
Outubro	113	149	25,	278	324
46					
Novembro	77	117	6,	236	314
78					
Dezembro	66	106	,	212	324
113					

Anual	1713	1925	241,	3249	3820
571					

Fracção solar: 85,1%

Rendimento global anual do sistema: 38%
colector]

Produtividade: 728 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

ANEXO I.3 – FOLHA DE CÁLCULO REH

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				0,00					0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fach. com pavimentos térreos	1,23	0,80	1,00	0,98	Fach. com pavimentos térreos	1,23	0,50	1,00	0,62
Fachada com pavimento intermédio	1,23	0,50	1,00	0,62	Fachada com pavimento intermédio	1,23	0,50	1,00	0,62
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,35	0,50	1,00	0,68	Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,35	0,40	1,00	0,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				2,27	TOTAL				1,77

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 3,59 W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 3,43 W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área m ²	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
PDET1	8,36	0,37	3,06	PDET1	8,36	0,50	4,18
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			3,06	TOTAL			4,18

PAVIMENTOS ENTERRADOS				PAVIMENTOS ENTERRADOS			
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>			
	Área m ²	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C		Área m	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C
PVET1	9,34	0,25	2,37	PVET1	9,34	0,50	4,67
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
		TOTAL	2,37			TOTAL	4,67

PAVIMENTOS TÉRREOS				PAVIMENTOS TÉRREOS			
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmicos perimetrais.</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmicos perimetrais.</i>			
	Área m ²	U _i W/m ² .°C	A.U _i W/°C		Área m	U _i W/m ² .°C	A.U _i W/°C
PVT1	67,18	0,23	15,56	PVT1	67,18	0,50	33,59
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
		TOTAL	15,56			TOTAL	33,59

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO
A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} + H_{isg} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} + H_{isg,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO
A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \frac{0}{0} \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 633,33 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 & \times \\
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 1,68 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 142,10 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,65 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 215,33 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,REF} &= 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 142,10 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,65 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,REF} &= 76,90 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \frac{0}{0} \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 633,33 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,v} &= 1,00 \\
 & \times \\
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 1,68 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 142,10 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,65 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 215,33 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

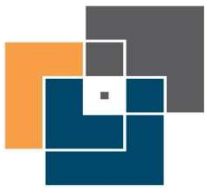
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0,72 \\ & \times \\ \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} &= \frac{\quad}{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 4,80 \text{ meses} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{142,1}{1} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} &= 1964,39 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{n,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Nordeste	0,68	4,00	0,86	0,70	1,63	0,33	0,54
2 (VE2)	Nordeste	0,68	0,40	0,86	0,70	0,16	0,33	0,05
3 (VE3)	Nordeste	0,68	0,48	0,86	0,70	0,20	0,33	0,06
4 (VE1)	Nordeste	0,68	1,60	0,86	0,70	0,65	0,33	0,22
5 (VE1)	Nordeste	0,68	2,00	0,86	0,70	0,82	0,33	0,27
6 (VE2)	Nordeste	0,68	0,40	0,86	0,70	0,16	0,33	0,05
7 (VE2)	Nordeste	0,68	0,40	0,86	0,70	0,16	0,33	0,05
8 (VE1)	Sudoeste	0,68	5,64	0,48	0,70	1,27	0,84	1,06
9 (VE1)	Sudoeste	0,68	5,64	0,47	0,70	1,25	0,84	1,05
10 (VE1)	Sudoeste	0,68	4,40	0,61	0,70	1,26	0,84	1,06
11 (VE1)	Sudoeste	0,68	4,00	0,79	0,70	1,50	0,84	1,26
12 (VE1)	Sudoeste	0,68	1,80	0,79	0,70	0,67	0,84	0,57
13 (VE1)	Sudoeste	0,68	3,00	0,79	0,70	1,12	0,84	0,94
14 (VE1)	Sudoeste	0,68	4,40	0,76	0,70	1,58	0,84	1,33
15 (VE2)	Noroeste	0,68	0,40	0,86	0,70	0,16	0,33	0,05
16 (VE1)	Noroeste	0,68	1,60	0,86	0,70	0,65	0,33	0,22
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento A_p m²

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 379,01 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 215,33 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} && 594,35 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 331,40 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 76,90 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} && 408,30 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 829 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 379,01 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} && 7.537,20 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 829 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 331,40 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} && 6590,32 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 829 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 215,33 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} && 4.282,20 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 829 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 76,90 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} && 1529,36 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} && 8500,71 && \text{kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} && 11819,40 && \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \psi_i && 0,72 \\
 &\text{parâmetro } a_i && 4,20 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i && 0,91 \\
 &x
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} && 0,6 \\
 &x
 \end{aligned}$$

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ kWh/ano
 (folha de cálculo 1.4)
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 379,01 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 215,33 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 594,35 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 379,01 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 2.108,52 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 215,33 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 1.197,94 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 5715,98 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad 3306,47 \text{ kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,73
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,45} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} & \quad \boxed{5715,98} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{142,10} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_c & \quad \boxed{18,00} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,34} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{7957,88} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{142,10} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{18,97} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_u / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano
		28,49	-	1	-	-	-	-			45,46	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	4048,00	71,22	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	113,65
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	
						4048,00		71,22						113,65	

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pvu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_u / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{pvu} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pvu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pvu} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano
		18,00	-	1	-	-	-	-			18,97	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		2,8	2,5	913,58	16,07	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	2,8	2,5	16,94
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	
						913,58		16,07						16,94	

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS									
consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="200"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="200"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="200"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="200"/>									
40	\times	40	\times	40	\times	40	\times								
nº convencional de ocupantes de cada fracção	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção	ocupantes								
5	\times	5	\times	5	\times	5	\times								
factor de eficiência hídrica		factor de eficiência hídrica		factor de eficiência hídrica		factor de eficiência hídrica									
1	\times	1	\times	1	\times	1	\times								
sumo médio diário de referência MAQS	<input type="text" value="200"/>	nº de dias de consumo	<input type="text" value="365"/>	nº de dias de consumo	<input type="text" value="365"/>	nº de dias de consumo	<input type="text" value="365"/>								
			\div		\div		\div								
			3600000		3600000		3600000								
			\div		\div		\div								
		Ap	<input type="text" value="142,1"/>	Ap	<input type="text" value="142,1"/>	Ap	<input type="text" value="142,1"/>								
			\times		\times		\times								
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p									
		<input type="text" value="20,91"/>				<input type="text" value="20,91"/>									
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pua} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,REF}$ kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pua} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_{u,REF} \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano
Sistema 2	Electricidade		0,10		0,93	2,5	308,18	5,42	Sistema 2	Electricidade		1,00	0,95	2,5	55,03
Sistema 1	Renovável Térmica	20,91	0,90	1	1,00	1	2685,00	18,90			20,91				

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-		
		0,00	0,95	2,5	0,00	0,00				0,00	0,95	2,5	0,00		
TOTAL							2993,18	TOTAL							55,03

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica V_{el} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²
 x
 Factor de Conversão F_{pv} kWh_{tp}/kWh
 =
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{tp}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{pv}	Energia primária $E_{prim-F_{pv}}$
		kWh/m ² .ano	kWh _{tp} /kWh	kWh _{tp} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	18,90	1	18,90
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
TOTAL				18,90

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{tp}/m².ano
 =
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh_{tp}/m².ano
 =
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_g kWh_{tp}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{tp}/m².ano
 =
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{tp}/m².ano

18 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
200 200
19
20
21
22
23
24
diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
200 200

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Albufeira
Coordenadas nominais: 37,1°N, 8,2°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balauço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
120					
93					
95					
62					
53					
45					
35					
26					
47					

Outubro	112	151	37,	176	252
76					
Novembro	77	120	16,	147	244
97					
Dezembro	65	108	10,	137	252
116					

Anual	1711	1924	465,	2107	2971
864					

Fracção solar: 70,9%

Rendimento global anual do sistema: 34%
colector]

Produtividade: 648 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

20
 21
 22
 23
 24
 diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
 200 200

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Albufeira
 Latitude 37,1°N (nominal)
 Longitude 8,2°W (nominal)
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
 LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt
 Inclinação do sistema: 32°
 Azimute do sistema: 0°
 Obstruções do horizonte: por defeito

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	
70	Janeiro	68	105	9,	183	252
34	Fevereiro	83	113	7,	194	228
31	Março	118	141	14,	221	252
18	Abril	165	176	30,	226	244
6	Maio	205	198	32,	246	252
1	Junho	218	203	32,	243	244
1	Julho	231	219	35,	252	252
0	Agosto	217	223	42,	252	252
5	Setembro	153	176	28,	239	244

Outubro	113	149	23,	228	252
25					
Novembro	77	117	12,	205	244
39					
Dezembro	66	106	9,	195	252
57					

Anual	1713	1925	274,	2685	2971
286					

Fracção solar: 90,4%

Rendimento global anual do sistema: 31%
colector]

Produtividade: 602 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)



Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS

Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12

1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	ALBUFEIRA
Região	B
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	57
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim
Altura do edifício (H _{edif}) em m	7,07
Altura da fração (H _{fra}) em m	7,07
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	7
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	12

Área útil (m ²):	142,1
Pd (m):	2,65
N.º de pisos da fração	2
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3,94) (m/s)	
Voi (m ³):	377
Texterior (°C)	11,8
Zref (m)	145
Aenv/Au:	28%
Proteção do edifício:	Normal
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:				
Área dos vãos (m ²)	39,68	0,48		
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação		
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta	Não tem		

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		235		

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	Sim	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão	Admissão		
Perda de carga	Alta	Alta		
Altura da conduta (m)	3	0		
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)			
Número de condutas semelhantes	5	4		

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m ³ /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 (m ³ /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício	
R _{ph,U} (h-1) - Aquecimento	1,68
R _{ph,V} (h-1) - Arrefecimento	1,68
W _{vm} (kWh)	0,0

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência	
R _{ph,REF} (h-1)	0,60

8.3 - Caudal mínimo de ventilação	
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,40
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório

Nota: No Cálculo de R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

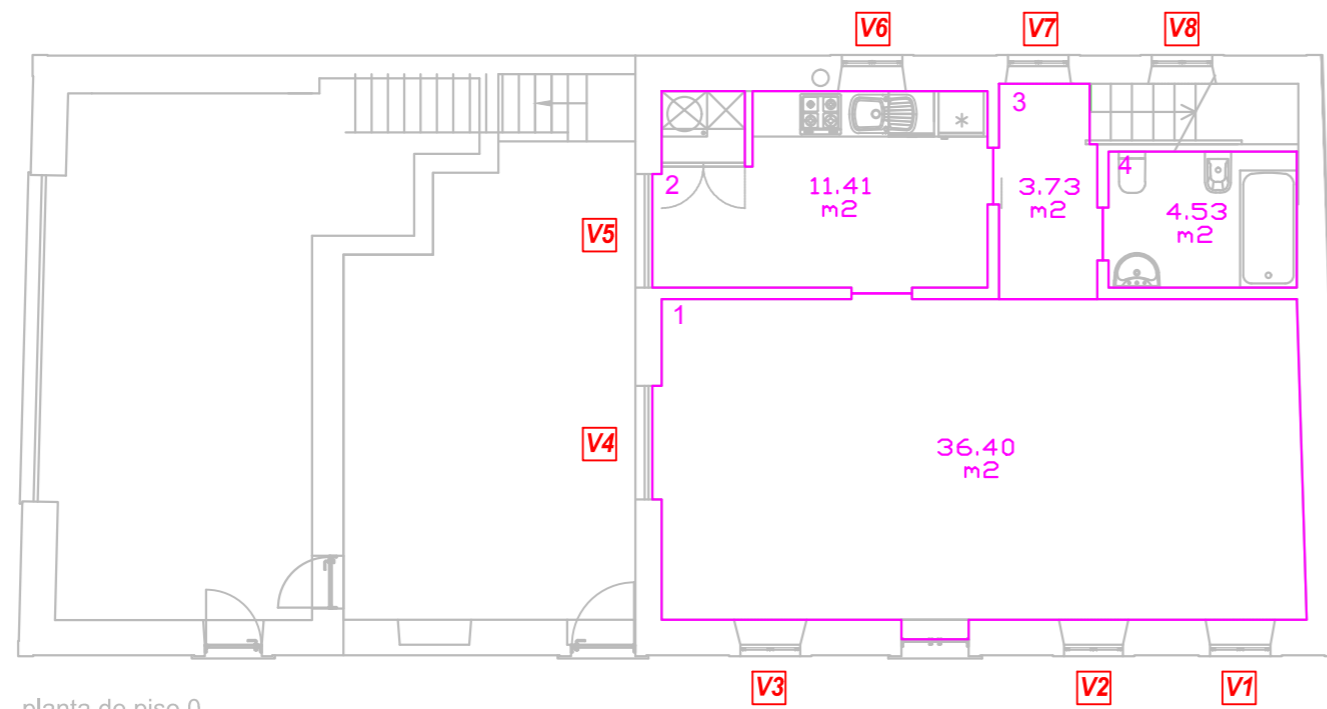
OK

Técnico: _____

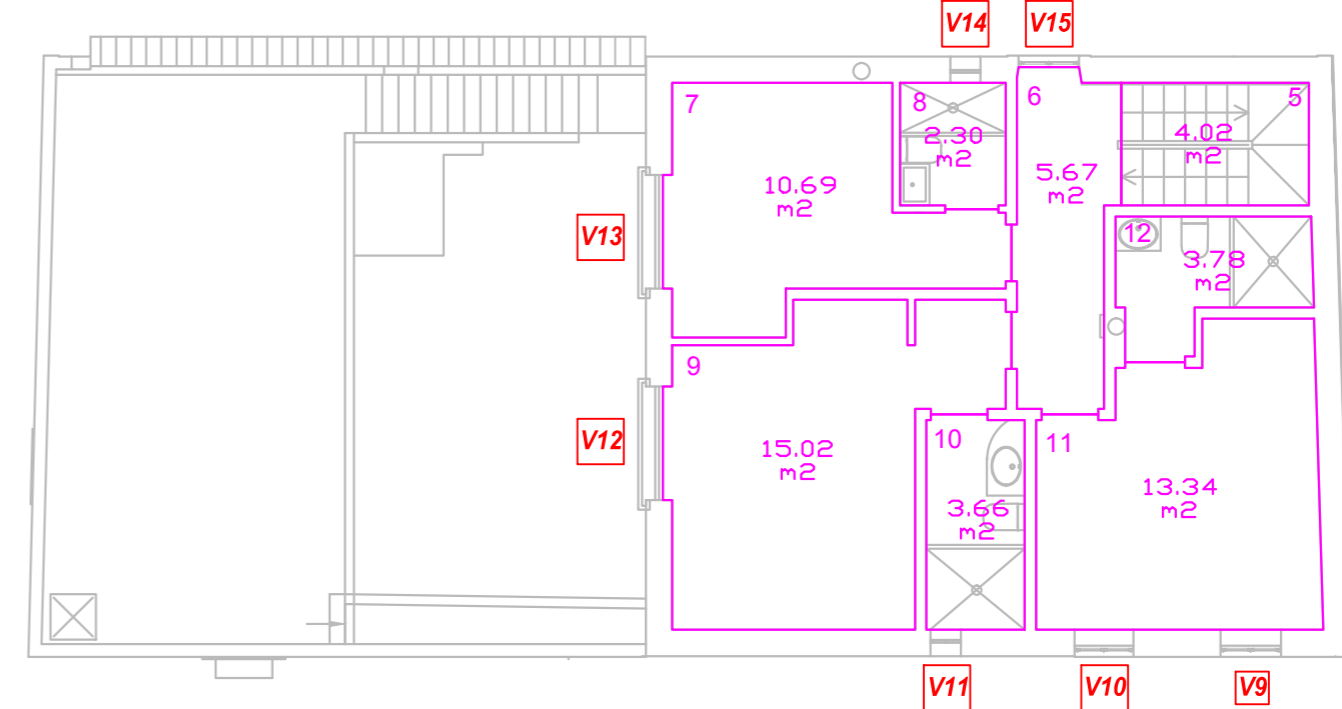
Data: 11/03/16

ANEXO II – CASO DE ESTUDO 2 – EDIFÍCIO UNIFAMILIAR SUJEITO A AMPLIAÇÃO

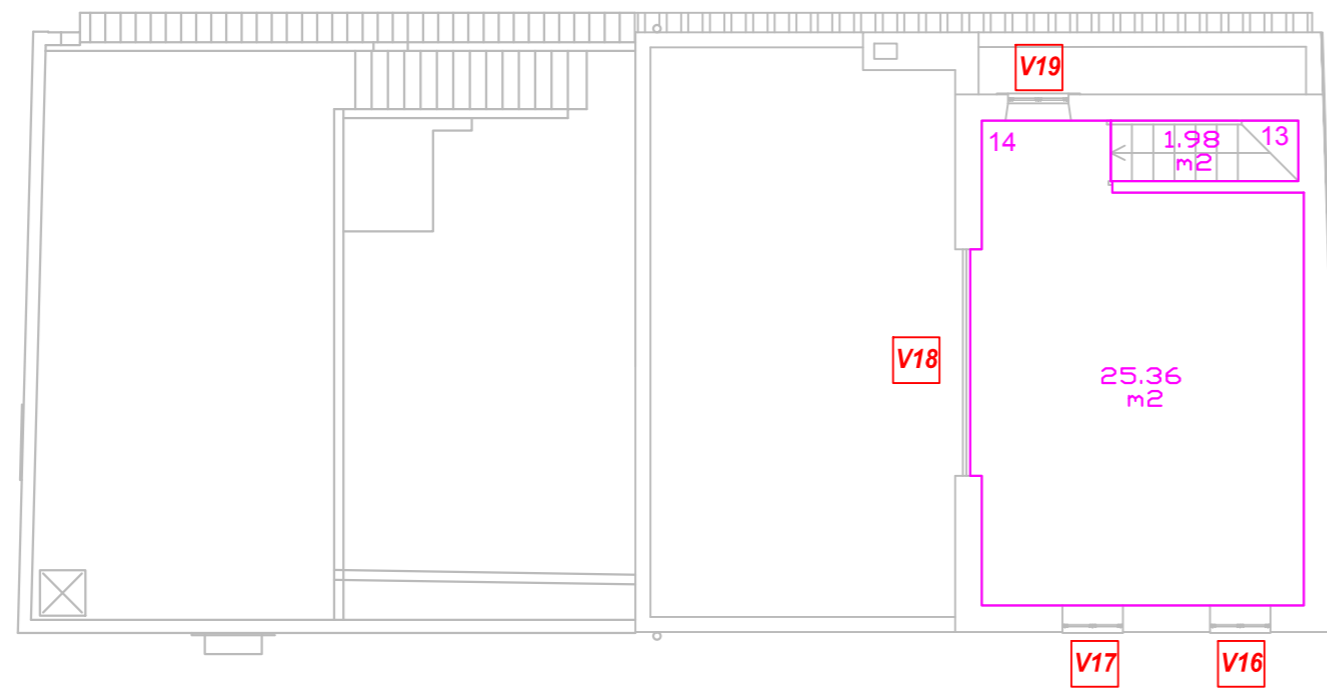
ANEXO II.1 – PLANTAS, ALÇADOS E CORTES DE ARQUITETURA



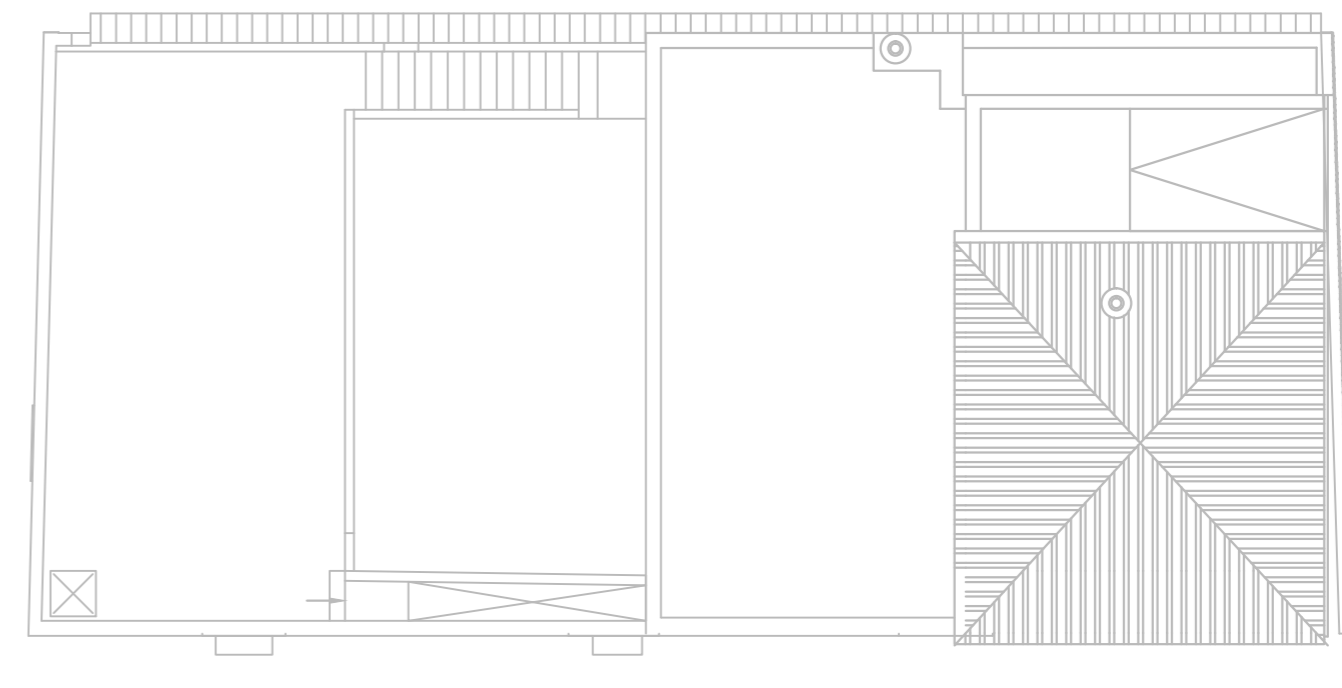
planta de piso 0



planta de piso 1



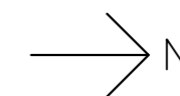
planta de piso 2



cobertura

NOTAS

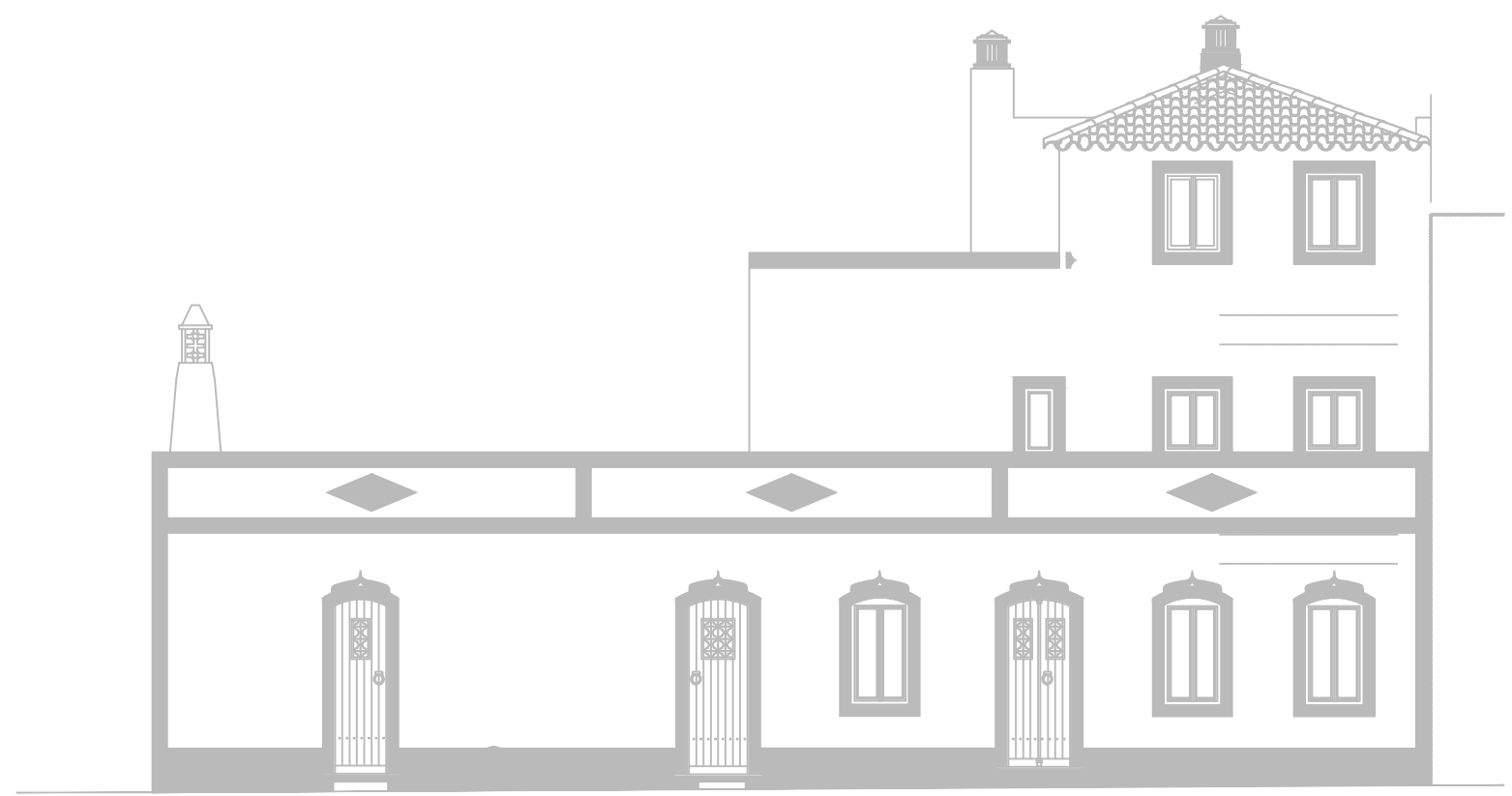
- Áreas úteis
- A a P** Vãos envidraçados



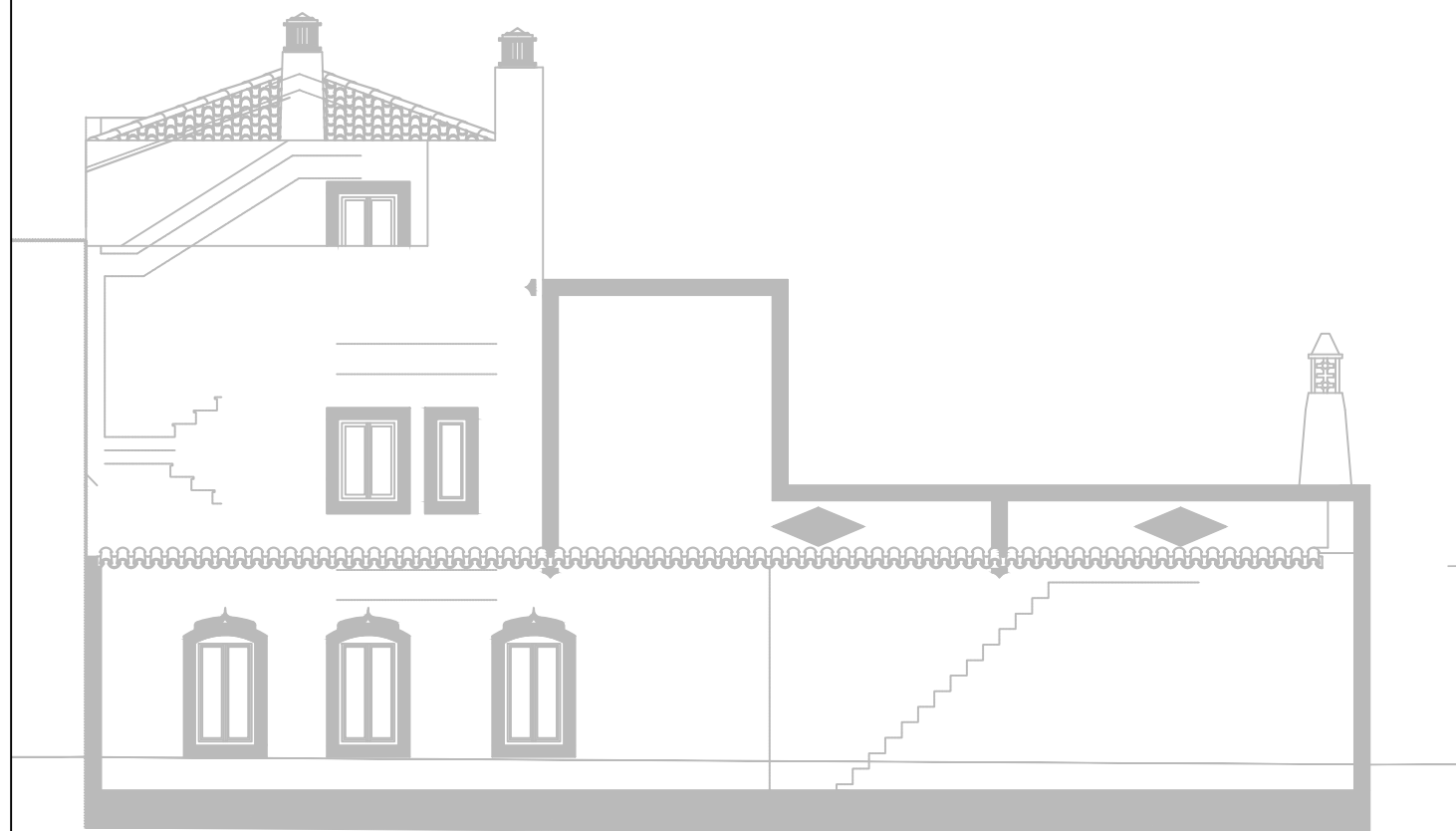
Designação	PLANTAS DE ÁREAS ÚTEIS ENVIDRAÇADOS		
Caso estudo	CASO DE ESTUDO 2 MORADIA UNIFAMILIAR GRANDE REABILITAÇÃO		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE2_01		



alçado Sul



alçado Este



alçado Oeste



corte A-A

Designação	ALÇADOS E CORTES		
Caso estudo	CASO DE ESTUDO 2 MORADIA UNIFAMILIAR GRANDE REABILITAÇÃO		
Escala	1/100	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE2_02		

ANEXO II.2 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE

Introdução de dados

Concelho

Altitude:

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1060	4,30	2	S

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

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)	<input type="text" value="50,75"/>	(m ²)
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,48"/>	(m)
	<input type="text" value=""/>	(m ³)
	<input type="text" value=""/>	(m)
Volume Interior (V)	<input type="text" value="252,58"/>	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica	<input type="text" value="Natural"/>	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumprir NP 1037-17	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,0"/>
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(SIC, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="SIC"/>	Taxa de Renovação nominal:
Caixas de estore	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	RPH = <input type="text" value="1,00"/>
		<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="1"/>	
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=""/>	
Área de Estrangulados > 15% Ap?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	se Sim aplica 0,1
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	Ver Quadro IV.1 Se Sim reduz 0,15 desde que Não cumpra NP1037-1.

Ventilação Natural	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

Volume	<input type="text" value="252,58"/>	(m ³)
Taxa de Renovação nominal	<input type="text" value="1,00"/>	
	<input type="text" value="0,34"/>	
TOTAL	<input type="text" value="72,28"/>	(m ³)

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de Orientação X(i)	Factor Solar do vidro g(i)	Factor de Obstrução F _i (i) F _{h,Fo,Ff}	Fracção Envidraçada F _g (i)	Factor de Sel. Angular F _e (i)	Área Efectiva A _e (m ²)
-								
-								
-								
E	Duplo	0,35	0,56	0,63	0,522	0,65	0,85	0,04
E	Duplo	0,70	0,56	0,63	0,522	0,65	0,85	0,07
E	Duplo	0,69	0,56	0,63	0,522	0,65	0,85	0,07
E	Duplo	0,88	0,56	0,63	0,521	0,65	0,85	0,09
E	Duplo	0,88	0,56	0,63	0,521	0,65	0,85	0,09
-								
-								
S	Duplo	3,00	1,00	0,63	0,405	0,65	0,75	0,37
S	Duplo	3,00	1,00	0,63	0,405	0,65	0,75	0,37
S	Duplo	6,00	1,00	0,63	0,405	0,65	0,75	0,75
-								
-								
-								
-								
W	Duplo	0,44	0,56	0,63	0,522	0,65	0,85	0,04
W	Duplo	0,88	0,56	0,63	0,522	0,65	0,85	0,09
W	Duplo	0,88	0,56	0,63	0,488	0,65	0,85	0,08
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								
-								

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m ²)		<input type="text" value="2,07"/>
	x	
Radiação Incidente num envidraçado a Sul (Gs _{ul}) no Continente		<input type="text" value="108"/>
na Zona I	<input type="text" value="1"/>	(kWh/m ² .mês) - do Quadro 8 (Anexo III)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	(meses)	<input type="text" value="4,30"/>
	=	
Ganhos Solares Brutos (kWh/año)		<input type="text" value="959,76"/>

Ganhos Internos:		
	Tipo de Edifício	
Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="Residencial"/>	<input type="text" value="4"/> (W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="4,3"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="85,79"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos		<input type="text" value="1062,42"/> (kWh/año)

Ganhos Totais Úteis:		
γ =	$\frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2022,18"/>
		<input type="text" value="5670,21"/>
Inércia do edifício:	<input type="text" value="Forte"/>	γ = <input type="text" value="0,357"/>
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)		<input type="text" value="0,991"/>
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		<input type="text" value="2022,18"/>
	=	
Ganhos Totais Úteis (kWh/año)		<input type="text" value="2004,98"/>

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	82,25
Coberturas Exteriores	58,62
Pavimentos Exteriores	
Envidraçados Exteriores	17,70
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	15,61
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	174,19
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	212,58
	=
FF	0,82
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1060
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)	58,90

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	104,30
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	7,36
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	38,95
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	72,28
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	222,89
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1060
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	5.670,21
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	2.004,98
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3665,23
	/
Área Útil de pavimento (m²)	85,79
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	42,72
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	58,90

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	31,96	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	26,60	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	38,95	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	72,28	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	169,79	(W/°C)

Zona climática

V	2	S
---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	169,79	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	994,29	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO																
	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	2,88	27,28	16,93	24,58	0,13	0,24	1,00	0,47	0,95	2,51	2,71	2,57					
U (W/m ² °C)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45					
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4					
α U.A	0,44	4,13	2,57	3,72	0,02	0,04	0,18	0,09	0,17	0,46	0,49	0,47					
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	470	380	470	200	470	380	470	200	470	380	470					
	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	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	3,49	77,72	39,00	70,03	0,19	0,82	2,76	1,61	1,38	8,58	7,49	8,79					

Orientação	POR ORIENTAÇÃO																
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)																	
U (W/m ² °C)																	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)																	
α U.A																	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)																	
	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	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior																	

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO						HORIZONTAL							TOTAL
	-	-	-	-	-	-	Horiz.	Horiz.	-	-	-	-	-	
Área, A (m ²)							36,56	22,06						
U (W/m ² °C)							0,40	0,54						
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)							0,4	0,4						
α U.A							5,91	4,73						
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)							820	820						
	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							193,99	155,05						
													570,90	

(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	-	-	-	E	E	E	E	E	-	-	S	S	S	-	-	-	-	-	W	W	
Tipo de Vidro				Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo			Duplo	Duplo	Duplo						Duplo	Duplo	
Área, A (m ²)				0,35	0,70	0,69	0,88	0,88			3,00	3,00	6,00						0,44	0,88	
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾				0,470	0,470	0,470	0,470	0,470			0,470	0,470	0,470						0,470	0,470	
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)				0,65	0,65	0,65	0,65	0,65			0,65	0,65	0,65						0,65	0,65	
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾				0,900	0,900	0,900	0,842	0,842			0,900	0,900	0,867						0,900	0,900	
x	x	x	x	x	x	x	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			0,75	0,75	0,75						0,85	0,85	
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae				0,08	0,16	0,16	0,19	0,19			0,62	0,62	1,19						0,10	0,21	
x	x	x	x	x	x	x	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)				470	470	470	470	470			380	380	380						470	470	
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores				38,66	77,33	75,40	90,40	90,40			235,08	235,08	452,96						48,33	96,66	

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro	Duplo																			
Área, A (m ²)	0,88																			
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,470																			
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,65																			
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,900																			
x	x	x	x	x	x	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																			
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae	0,21																			
x	x	x	x	x	x	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)	470																			
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	96,66																			
																				TOTAL
																				1536,96

(m²)

(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.F1 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)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m^2)	85,79
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	1004,77 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	1536,96	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	570,90	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	1004,77	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		3112,64	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	3112,64 (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	994,29 (kWh)
	=
Y	3,13
Inércia do edifício	Forte
<hr/>	
	1
	-
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0,32
	=
	0,68
	x
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	3112,64 (kWh)
	=
Necessidades brutas de arrefecimento	2123,97 (kWh/ano)
	+
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 122 / 1000$) (kWh)
	=
TOTAL	2123,97 (kWh/ano)
	/
Área útil de pavimento (m^2)	85,79
	=
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	24,76 (kWh/ m^2 .ano)
	\leq
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	32 (kWh/ m^2 .ano)

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

		<input type="text" value="40"/>	(litros)
		x	
nº de ocupantes (Quadro VI.1)		<input type="text" value="4"/>	
		=	
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}		<input type="text" value="160"/>	(litros)
		x	
		<input type="text" value="4187"/>	
		x	
Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, ΔT		<input type="text" value="45"/>	(°C)
		x	
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)		<input type="text" value="365"/>	
		/	
		<input type="text" value="3600000"/>	
		=	
Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a		<input type="text" value="3056,51"/>	
		x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de preparação de ASQ		<input type="text" value="1,00"/>	
		/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema convencional de preparação de AQS, ha_1		<input type="text" value="0,80"/>	
		<input type="text"/>	
)	
		=	
		<input type="text" value="3820,64"/>	(kWh/ano)
		-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, Esolar		<input type="text" value="2666,00"/>	
		-	
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, Eren		<input type="text"/>	
		=	
		<input type="text" value="1154,64"/>	
		/	
Área útil de pavimento, A_p		<input type="text" value="85,79"/>	(m ²)
		=	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac		<input type="text" value="13,46"/>	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na		<input type="text" value="55,14"/>	(kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Aquecimento - Ntc	(42,72)	(kWh/m².ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento ambiente, E _{solar}	/	(kWh/m².ano)
	/	
Área útil de pavimento, Ap	85,79	
)	
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de aquecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de aquecimento, h ₁	100,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F _{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
)	
)	
)	
)	
)	
)	
)	
)	
	+)	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	(24,76)	(kWh/m².ano)
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de arrefecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de arrefecimento, h _v	300,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F _{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
)	
)	
)	
)	
)	
)	
)	
	+)	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	13,46	(kWh/m².ano)
	x	
Factor de conversão F _{pu} entre energia útil e energia primária para o 1.º sistema	0,290	(kgep/kWh)
)	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac)	(kWh/m².ano)
)	
)	
)	
)	
	=)	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	5,38	(kgep/m².ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	8,26	(kgep/m².ano)

18 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160

 Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Faro
 Coordenadas nominais: 37,0°N, 7,9°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
138 Janeiro	68	109	6,	121	260
111 Fevereiro	84	117	9,	124	234
113 Março	120	145	19,	147	260
78 Abril	163	173	29,	173	251
64 Maio	208	198	37,	195	260
54 Junho	221	201	44,	197	251
38 Julho	236	220	65,	221	260
31 Agosto	219	223	78,	228	260
56 Setembro	154	177	46,	195	251

Outubro	113	153	35,	170	260
89					
Novembro	78	123	14,	139	251
112					
Dezembro	66	111	5,	127	260
133					

Anual	1729	1948	387,	2038	3056
1018					

Fracção solar: 66,7%

Rendimento global anual do sistema: 26%
colector]

Produtividade: 509 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

160 160
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160

 Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Faro
 Latitude 37,0°N (nominal)
 Longitude 7,9°W (nominal)
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
 LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt
 Inclinação do sistema: 23°
 Azimute do sistema: 0°
 Obstruções do horizonte: por defeito

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	
91	Janeiro	68	97	3,	168	260
49	Fevereiro	84	109	6,	185	234
43	Março	120	140	16,	217	260
15	Abril	163	175	27,	236	251
5	Maio	208	208	35,	254	260
4	Junho	221	215	43,	247	251
0	Julho	236	232	45,	260	260
0	Agosto	219	229	42,	260	260

3	Setembro	154	174	32,	248	251
38	Outubro	114	144	22,	222	260
58	Novembro	78	111	9,	194	251
84	Dezembro	67	98	,	176	260

390	Anual	1731	1931	281,	2666	3056

Fracção solar: 87,3%

Rendimento global anual do sistema: 31%
colector]

Produtividade: 598 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

ANEXO II.3 – FOLHA DE CÁLCULO REH

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TOTAL				0,00					TOTAL		0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TOTAL				0,00					TOTAL		0,00

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área m ²	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área	U_{ef}	A. U_{ef}	PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área	U_{ef}	A. U_{ef}
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade $z > 0$).</i>	m ²	W/m ² .°C	W/°C	<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade $z > 0$).</i>	m	W/m ² .°C	W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_j	A. U_j	PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_j	A. U_j
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade: s_{Uj}) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	m ²	W/m ² .°C	W/°C	<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade: s_{Uj}) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	m	W/m ² .°C	W/°C
PVT1	56,07	0,23	12,80	PVT1	56,07	0,50	28,04
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			12,80	TOTAL			28,04

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{ec,REF}$ W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO
A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{ab}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu,REF} + H_{ab,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$ W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO
A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec,REF}$ W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$ W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{346,07}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \frac{0,92}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{141,86}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \frac{117,67}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,REF} &= \frac{0,60}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{141,86}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= \frac{76,74}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{346,07}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \frac{0,92}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{141,86}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \frac{117,67}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

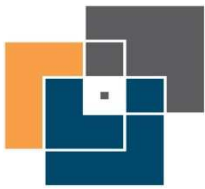
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0,72 \\ & \times \\ \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} &= \frac{0,72}{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 4,80 \text{ meses} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{141,86}{1} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} &= 1961,07 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{n,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE3)	Este	0,79	1,07	0,52	0,65	0,29	0,56	0,16
2 (VE3)	Este	0,79	1,07	0,52	0,65	0,29	0,56	0,16
3 (VE3)	Este	0,79	1,07	0,52	0,65	0,29	0,56	0,16
4 (VE1)	Este	0,36	0,35	0,52	0,65	0,04	0,56	0,02
5 (VE2)	Este	0,36	0,70	0,52	0,65	0,09	0,56	0,05
6 (VE2)	Este	0,36	0,69	0,52	0,65	0,08	0,56	0,05
7 (VE2)	Este	0,36	0,88	0,52	0,65	0,11	0,56	0,06
8 (VE2)	Este	0,36	0,88	0,52	0,65	0,11	0,56	0,06
9 (VE3)	Sul	0,79	3,00	0,32	0,65	0,50	1,00	0,50
10 (VE3)	Sul	0,79	3,00	0,34	0,65	0,53	1,00	0,53
11 (VE2)	Sul	0,36	3,00	0,41	0,65	0,28	1,00	0,28
12 (VE2)	Sul	0,36	3,00	0,41	0,65	0,28	1,00	0,28
13 (VE2)	Sul	0,36	6,00	0,40	0,65	0,57	1,00	0,57
14 (VE3)	Oeste	0,79	1,10	0,90	0,65	0,51	0,56	0,28
15 (VE1)	Oeste	0,36	1,10	0,90	0,65	0,23	0,56	0,13
16 (VE2)	Oeste	0,36	1,10	0,52	0,65	0,13	0,56	0,07
17 (VE2)	Oeste	0,36	0,44	0,52	0,65	0,05	0,56	0,03
18 (VE2)	Oeste	0,36	0,88	0,52	0,65	0,11	0,56	0,06
19 (VE2)	Oeste	0,36	0,88	0,52	0,65	0,11	0,56	0,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento A_p m²

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 454,29 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 117,67 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} && 571,95 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 318,07 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 76,74 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} && 394,80 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 751 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 454,29 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} && 8.190,29 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 751 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 318,07 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} && 5734,34 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 751 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 117,67 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} && 2.121,36 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 751 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 76,74 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} && 1383,50 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} && 4582,72 && \text{kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} && 10311,65 && \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \psi_i && 0,44 \\
 &\text{parâmetro } a_i && 4,20 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i && 0,98 \\
 &x
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} && 0,6 \\
 &x
 \end{aligned}$$

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ kWh/ano
 (folha de cálculo 1.4)
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 423,40 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 117,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 541,07 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 423,40 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 2.355,48 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 117,67 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 654,59 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 5625,63 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad 3010,07 \quad \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,87
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,48} \\
 & \quad \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} & \quad \boxed{5625,63} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{141,86} \text{ m}^2 \\
 & \quad = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_c & \quad \boxed{19,18} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,34} \\
 & \quad \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{7944,44} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{141,86} \text{ m}^2 \\
 & \quad = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{18,97} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_c kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_c / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_c \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano
		40,99	-	1	-	-	-	-			38,50	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	5814,65	102,47	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	96,24
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pvu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_v / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_v \cdot F_{pvu} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pvu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pvu} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano
		19,18	-	1	-	-	-	-			18,97	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		2,8	2,5	971,74	17,12	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	2,8	2,5	16,94
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS									
consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="160"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="160"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="160"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ3} <input type="text" value="160"/>									
40	x	40	x	40	x	40	x								
nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="4"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="4"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="4"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="4"/>	ocupantes								
4187	x	4187	x	4187	x	4187	x								
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>	°C	factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>	°C								
365	=	nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>	dias	365	=	nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>	dias								
3600000	+	3600000	+	3600000	+	3600000	+								
141,86	=	Ap <input type="text" value="141,86"/>	m ²	141,86	=	Ap <input type="text" value="141,86"/>	m ²								
16,76	=	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="16,76"/>	kWh/m ² .ano	16,76	=	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="16,76"/>	kWh/m ² .ano								
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pua} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pua} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano
Sistema 2	Electricidade		0,08		0,93	2,5	205,68	3,62	Sistema 2	Electricidade		1,00	0,95	2,5	44,10
Sistema 1	Renovável Térmica	16,76	0,92	1	1,00	1	2186,00	15,41			16,76				

Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,95	2,5	0,00
		TOTAL		2391,68	19,03			TOTAL		44,10		

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica V_{el} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²
 x
 Factor de Conversão F_{pv} kWh_{el}/kWh
 =
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{el}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{pv}	Energia primária E_{pv}/F_{pv}
		kWh/m ² .ano	kWh _{el} /kWh	kWh _{el} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	15,41	1	15,41
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
TOTAL				15,41

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 =
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh_{el}/m².ano
 =
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_p kWh_{el}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 =
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{el}/m².ano

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Padrão Padrão
4 módulos (2,6 m²)
Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 4,120 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento óptico: 73,0%

Modificador de ângulo transversal: a													
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°						
35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°		
								1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98
0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,89	0,86	0,81	0,76	0,66	0,50	0,05	0,00	

Modificador de ângulo longitudinal: a													
	0°	5°	10°	15°	20°	25°							
30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	
								1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
0,99	0,99	0,98	0,96	0,94	0,90	0,87	0,80	0,73	0,61	0,48	0,24	0,00;	

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,00 l/s)

Depósito

Modelo: típico 300 l
Volume: 300 l
Área externa: 3,60 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical

18 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Faro
 Coordenadas nominais: 37,0°N, 7,9°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
 solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
95 Janeiro	68	109	11,	107	202
75 Fevereiro	84	117	14,	107	182
76 Março	120	145	25,	126	202
49 Abril	163	173	36,	146	195
41 Maio	208	198	43,	161	202
37 Junho	221	201	49,	159	195
26 Julho	236	220	65,	175	202
20 Agosto	219	223	75,	182	202
37 Setembro	154	177	46,	159	195

63	Outubro	113	153	38,	138	202
79	Novembro	78	123	19,	117	195
93	Dezembro	66	111	11,	109	202

690	Anual	1729	1948	432,	1686	2377
-----	-------	------	------	------	------	------

Fracção solar: 71,0%

Rendimento global anual do sistema: 33%
colector]

Produtividade: 649 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

160 160
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160
 160 160

 Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Faro
 Latitude 37,0°N (nominal)
 Longitude 7,9°W (nominal)
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM
 LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt
 Inclinação do sistema: 23°
 Azimute do sistema: 0°
 Obstruções do horizonte: por defeito

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	
48	Janeiro	68	97	9,	154	202
23	Fevereiro	84	109	12,	159	182
18	Março	120	140	15,	184	202
7	Abril	163	175	33,	188	195
2	Maiο	208	208	41,	200	202
2	Junho	221	215	44,	193	195
0	Julho	236	232	33,	202	202
0	Agosto	219	229	35,	202	202

0	Setembro	154	174	31,	195	195
20	Outubro	114	144	19,	182	202
33	Novembro	78	111	17,	163	195
38	Dezembro	67	98	6,	164	202

191	Anual	1731	1931	296,	2186	2377
-----	-------	------	------	------	------	------

Fracção solar: 92,0%
Rendimento global anual do sistema: 25% Produtividade: 490 kWh/[m²
colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)



1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	FARO
Região	B
Rugosidade	I
Altitude do local (m)	14
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim
Altura do edifício (H _{edif}) em m	10,7
Altura da fração (H _{fra}) em m	10,7
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	4
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	4,9

Área útil (m ²):	141,9
Pd (m):	2,65
N.º de pisos da fração	
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3.6) (m/s)	
Voi (m3):	376
Texterior (°C)	12,1
Zref (m)	145
Aenv/AU:	21%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m ²)	30,2136
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		100		

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	Sim	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão	Admissão		
Perda de carga	Alta	Alta		
Altura da conduta (m)	3	7,7		
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)			
Número de condutas semelhantes	4	4		

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m ³ /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 (m ³ /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício	
R _{ph,U} (h-1) - Aquecimento	0,92
R _{ph,V} (h-1) - Arrefecimento	0,92
W _{vm} (kWh)	0,0
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência	
R _{ph,REF} (h-1)	0,60
8.3 - Caudal mínimo de ventilação	
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,40
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório

OK

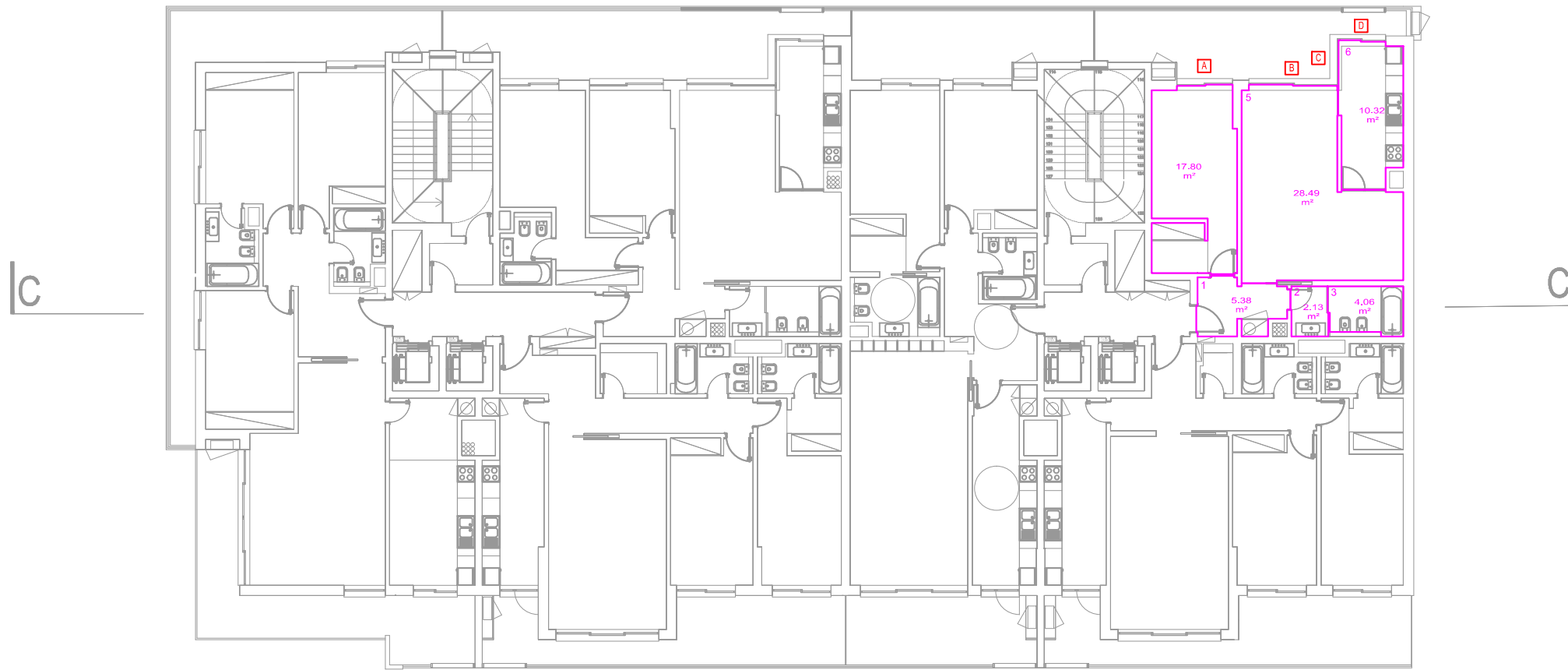
Técnico: _____

Data: 11/03/16

Nota: No Cálculo de R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

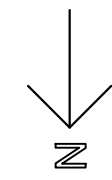
ANEXO III – CASO DE ESTUDO 3 – EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

ANEXO III.1 – PLANTA E ALÇADO/CORTE DE ARQUITETURA



NOTAS

— Áreas úteis
AaP Vãos envidraçados



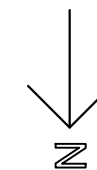
Designação	PLANTAS DE ÁREAS ÚTEIS ENVIDRAÇADOS		
Caso estudo	CASO DE ESTUDO 2 MORADIA UNIFAMILIAR GRANDE REABILITAÇÃO		
Escala	1/200	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE3_01		



ALÇADO SUL

NOTAS

— Áreas úteis
AaP Vãos envidraçados



Designação	PLANTAS DE ÁREAS ÚTEIS ENVIDRAÇADOS		
Caso estudo	CASO DE ESTUDO 2 MORADIA UNIFAMILIAR GRANDE REABILITAÇÃO		
Escala	1/200	Data	ABRIL 2016
DESENHO N.º	CE3_01		

ANEXO III.2 – FRAÇÃO A

ANEXO III.2.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE

Introdução de dados

Concelho

Altitude:

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1330	5,00	2	S

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

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)	<input type="text" value="68,18"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,65"/>	(m)
	<input type="text"/>	(m ²)
	<input type="text"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="180,68"/>	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica	<input type="text" value="Natural"/>	

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumprir NP 1037-1? (S ou N) **se SIM:** RPH =

Se NÃO:

Classe da caixilharia (SIC, 1, 2 ou 3) Taxa de Renovação nominal:

Caixas de estore (Sim ou Não) RPH =

Caixas de estore em todos os vãos (Sim ou Não)

Classe de exposição (Quadro IV.1) (1, 2, 3 ou 4)

Disp. de admissão de ar na Fachada? (Sim ou Não)

Aberturas auto-reguladas? (Sim ou Não)

Área de Envidraçados > 15% Ap? (Sim ou Não) se Sim agrava 0,1

Portas exteriores bem vedadas? (Sim ou Não) Se Sim reduz 0,05 desde que Não cumpra NP1037-1

Ventilação Natural

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Volume	<input type="text" value="180,68"/>	
	x	
Taxa de Renovação nominal	<input type="text" value="1,20"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="73,72"/>	(W/C)

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação Xi(-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs(-) Fh.Fo.Ff	Fração Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
E	Duplo	3,15	0,56	0,63	0,640	0,70	0,85	0,42
S	Duplo	3,99	1,00	0,63	0,393	0,70	0,75	0,52
S	Duplo	6,30	1,00	0,63	0,376	0,70	0,75	0,78
S	Duplo	3,36	1,00	0,63	0,721	0,70	0,75	0,80
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m²)	2,53
	x
Radiação Incidente num envidraçado a Sul (Gsol) no Continte	
na Zona I	1
(kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III)	108
	x
Duração da Estação de Aquecimento (meses)	5,00
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1364,20

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	Tipo de Edifício	Residencial	4 (W/m2)
			x
Duração da Estação de Aquecimento			5 (meses)
			x
Área Útil de pavimento			68,18 (m2)
			x
			0,72
			=
Ganhos Internos Brutos			981,79 (kWh/ano)

Ganhos Totais Úteis:

y =	Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	2345,99
	Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)	6062,37
Inércia do edifício:	Forte	y = 0,387
Factor de Utilização dos Ganhos Solares (ti)		0,989
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		2345,99
		=
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)		2319,13

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	30,16
Coberturas Exteriores	
Pavimentos Exteriores	4,22
Envidraçados Exteriores	16,80
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	8,27
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	46,39
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	105,84
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	180,68
	=
FF	0,59
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
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)	61,26

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	40,43
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	30,41
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	45,36
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	73,72
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	189,92
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6.062,37
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	2.319,13
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3743,24
	/
Área Útil de pavimento (m²)	68,18
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	54,90
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	61,26

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	14,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	2,49	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	45,36	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	73,72	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	136,41	(W/°C)

Zona climática	V	2	S
----------------	---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	136,41	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	798,84	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO															
	E	S	W	W	S	W	E	S	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	0,37	2,45	17,57	3,53	1,56	2,28	0,45	1,95								
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70								
α U.A.	0,06	0,39	2,81	0,96	0,42	0,62	0,13	0,55								
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	470	380	470	470	380	470	470	380								
	x	x	x	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	0,04	0,04	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	1,11	5,96	52,85	18,06	6,45	11,66	2,37	8,30								

Orientação	POR ORIENTAÇÃO															
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)																
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)																
α U.A.																
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	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	0,04	0,04	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior																

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO						HORIZONTAL							
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)														
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)														
α U.A.														
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	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	0,04
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior														
													TOTAL	
													106,76	
													(kWh)	

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação Tipo de Vidro	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
	E	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m²)	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo												
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	3,15	3,99	6,30	3,36												
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,288	0,288	0,288	0,288												
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,70	0,70	0,70	0,70												
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,75	0,75	0,75												
Área efectiva, Ae	0,26	0,27	0,41	0,32												
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.5)	470	380	380	380												
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	122,79	102,95	156,83	120,59												

Orientação Tipo de Vidro	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m²)																
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área efectiva, Ae	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores																
TOTAL																
																503,17

⁽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 actualada (Quadro V.4)
⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, Fs, é obtido pelo produto FO.FI dos Quadros V.1 e V.2 (F=1)

(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m^2)	68,18
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	798,52 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	503,17	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	106,76	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	798,52	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		1408,45	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1408,45"/> (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<input type="text" value="798,84"/> (kWh)
	=
Y	<input type="text" value="1,76"/>
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>

	<input type="text" value="1"/>
	-
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<input type="text" value="0,54"/>
	=
	<input type="text" value="0,46"/>
	x
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1408,45"/> (kWh)
	=
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="643,31"/> (kWh/ano)
	+
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0"/> (Ev=Pv*24*122/1000 (kWh))
	=
TOTAL	<input type="text" value="643,31"/> (kWh/ano)
	/
Área útil de pavimento (m ²)	<input type="text" value="68,18"/>
	=
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	<input type="text" value="9,44"/> (kWh/m ² .ano)
	≤
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	<input type="text" value="32"/> (kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

	40			(litros)
	x			
nº de ocupantes (Quadro VI.1)	2			
	=			
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	80			(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	1528,26			
	x			
	(
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de preparação de ASQ	1,00			
	/			
Eficiência de conversão do 1.º sistema convencional de preparação de AQS, ha_1	0,65			
)			
	=			
	2351,16			(kWh/ano)
	-			
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, Esolar	821,67			
	-			
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, Eren				
	=			
	1529,49			
	/			
Área útil de pavimento, A_p	68,18			(m ²)
	=			
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	22,43			(kWh/m ² .ano)
	≤			
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	34,69			(kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
	(
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	54,90	(kWh/m ² .ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento ambiente, E_{solar}	[]	(kWh/m ² .ano)
	/	
Área útil de pavimento, A_p	68,18	
)	
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de aquecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de aquecimento, h_1	100,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	9,44	(kWh/m ² .ano)
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de arrefecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de arrefecimento, h_v	300,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	[]	
	+	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, N_{ac}	22,43	(kWh/m ² .ano)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária para o 1.º sistema	0,086	(kgep/kWh)
	[]	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, N_{ac}	[]	(kWh/m ² .ano)
	[]	
)	
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	3,61	(kgep/m ² .ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	5,52	(kgep/m ² .ano)

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Padrão padrão_antigo
6 módulos (6,0 m²)
Inclinação 32° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 7,500 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento óptico: 69,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30°
35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96
0,94 0,93 0,91 0,89 0,87 0,84 0,81 0,76 0,70 0,61 0,44 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25°
30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,99
0,99 0,99 0,98 0,96 0,94 0,90 0,87 0,80 0,73 0,61 0,48 0,24 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,01 l/s)

Depósito

Modelo: típico 100 l
Volume: 300 l
Área externa: 4,80 m²
Material: médio condutor de calor
Posição deitada
Coefficiente de perdas térmicas: 8,29 W/K

19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 240 240 240 240 240 240 240 240 240 240
 240 240

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Loulé
 Coordenadas nominais: 37,2°N, 8,1°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
 solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 32° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
Janeiro	68	105	1,	122	389
267					
Fevereiro	82	113	4,	126	352
226					
Março	121	145	13,	156	389
233					
Abril	164	174	17,	186	377
191					
Maio	206	200	24,	212	389
177					
Junho	220	204	31,	218	377
159					
Julho	235	223	53,	247	389
143					
Agosto	218	225	67,	253	389
137					
Setembro	154	179	36,	213	377
164					
Outubro	112	148	17,	181	389
208					

Novembro	78	120	2,	145	377
232					
Dezembro	66	109	,	130	389
260					

Anual	1725	1945	264,	2188	4584
2396					

Fracção solar: 47,7%

Rendimento global anual do sistema: 19%
colector]

Produtividade: 365 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de coletor: Junkers FCB - 1S
3 módulos (5,9 m²)
Inclinação 32° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a₁= 4,174 W/m²/K a₂= 0,017 W/m²/K²

Rendimento óptico: 68,9%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30°
35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99
0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,93 0,89 0,85 0,76 0,59 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25°
30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99
0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,93 0,89 0,85 0,76 0,59 0,05 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,01 l/s)

Depósito

Modelo: típico 100 l
Volume: 300 l
Área externa: 4,80 m²
Material: médio condutor de calor
Posição deitada

240 240
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 240 240 240 240 240 240 240 240 240 240
 240 240

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Loulé
 Coordenadas nominais: 37,2°N, 8,1°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 32° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
242					
Janeiro	68	105	8,	148	389
202					
Fevereiro	82	113	17,	150	352
208					
Março	121	145	33,	181	389
161					
Abril	164	174	42,	216	377
152					
Maio	206	200	59,	237	389
141					
Junho	220	204	66,	236	377
127					
Julho	235	223	96,	262	389
117					
Agosto	218	225	112,	273	389
144					
Setembro	154	179	68,	233	377
144					
Outubro	112	148	36,	204	389

186					
Novembro	78	120	11,	170	377
207					
Dezembro	66	109	5,	157	389
232					

Anual	1725	1945	553,	2465	4584
2119					

Fracção solar: 53,8%

Rendimento global anual do sistema: 22%
colector]

Produtividade: 421 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

ANEXO III.2.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m².°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m²	U W/m².°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
			TOTAL	0,00				TOTAL	0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)					PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)				
	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C		Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	4,35	0,35	0,80	1,22	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	4,35	0,50	0,80	1,74
Fachada com pavimento intermédio	4,35	0,50	0,80	1,74	Fachada com pavimento intermédio	4,35	0,50	0,80	1,74
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,33	0,50	0,80	0,53	Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,33	0,40	0,80	0,42
Fachada com pavimento intermédio	0,80	0,50	1,00	0,40	Fachada com pavimento intermédio	0,80	0,50	1,00	0,40
Fachada com varanda	0,80	0,55	1,00	0,44	Fachada com varanda	0,80	0,50	1,00	0,40
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-
			TOTAL	4,33				TOTAL	4,70

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 41,84 W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 38,43 W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				
PAREDES ENTERRADAS	Área m²	U _{bw} W/m².°C	A.U _{bw} W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{bw} W/m².°C	A.U _{bw} W/°C	
	-	-	-		-	-	-	
	-	-	-		-	-	-	
	-	-	-		-	-	-	
	-	-	-		-	-	-	
			TOTAL	0,00			TOTAL	0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS				PAVIMENTOS ENTERRADOS			
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>			
	Área m ²	U _{bf} W/m ² .°C	A.U _{bf} W/°C		Área m	U _{bf} W/m ² .°C	A.U _{bf} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS				PAVIMENTOS TÉRREOS			
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade .slj) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade .slj) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>			
	Área m ²	U _j W/m ² .°C	A.U _j W/°C		Área m	U _j W/m ² .°C	A.U _j W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} + H_{es} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} + H_{es,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

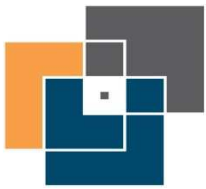
B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,REF} &= \frac{0,60}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= \frac{36,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,v} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

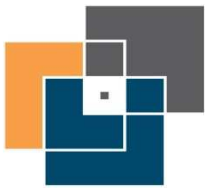
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \frac{0,72 \times 4}{4} \text{ W/m}^2 \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \frac{0,72 \times 4}{4} \text{ W/m}^2 \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & 4,80 \text{ meses} \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & 68,18 \text{ m}^2 \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & 942,52 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{n,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Este	0,68	3,15	0,64	0,70	0,95	0,56	0,53
2 (VE1)	Sul	0,68	3,99	0,39	0,70	0,74	1,00	0,74
3 (VE1)	Sul	0,68	6,30	0,38	0,70	1,12	1,00	1,12
4 (VE1)	Sul	0,68	3,36	0,72	0,70	1,14	1,00	1,14
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento A_p m²

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0,04	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada $706,98 \text{ kWh/ano}$
 $+$
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca $102,98 \text{ kWh/ano}$
 $=$
 Ganhos Solares brutos $Q_{sol,i}$ $809,97 \text{ kWh/ano}$

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ $798,52 \text{ kWh/ano}$
 $+$
 Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ $809,97 \text{ kWh/ano}$
 $=$
 Ganhos térmicos brutos $Q_{t,i}$ $1608,49 \text{ kWh/ano}$

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int} 4 W/m^2
 \times
 Duração da Estação de Arrefecimento L_d 2928 horas
 \div
 1000
 $+$
 factor solar de verão de referência $g_{v,REF}$ $0,43$
 \times
 A_w/A_p $0,2$
 \times
 Radiação solar média de referência $I_{sol,REF}$ $515 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
 $=$
 $56,00 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
 \times
 Área útil de Pavimento A_p $68,18 \text{ m}^2$
 $=$
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$ $3818,22 \text{ kWh/ano}$

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 131,98 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 122,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 254,84 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 123,27 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 36,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 160,13 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 728 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 131,98 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 2.305,30 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 728 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 123,27 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 2153,14 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 728 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 122,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2.146,03 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 728 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 36,86 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 643,81 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad 3574,70 \text{ kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} \quad 4451,32 \text{ kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \psi_i \quad 0,80 \\
 &\text{parâmetro } a_{i1} \quad 4,20 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i1} \quad 0,88 \\
 &x
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i1,REF} \quad 0,6 \\
 &x
 \end{aligned}$$

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ kWh/ano
 (folha de cálculo 1.4)
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 131,98 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 254,84 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 131,98 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 734,22 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 683,50 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 1608,49 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad 1417,72 \quad \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,13
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,25} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} & \quad \boxed{1608,49} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_c & \quad \boxed{5,81} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,34} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{3818,22} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{18,97} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_c kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_c / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_c \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano		
		18,90	-	1	-	-	-	-			29,34	-	-	-	-		
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	1288,53	47,25	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	73,36		
TOTAL								1288,53	47,25	TOTAL							

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_v / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_v \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano		
		5,81	-	0	-	-	-	-			18,97	-	-	-	-		
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		2,8	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	2,8	2,5	16,94		
TOTAL								0,00	0,00	TOTAL							

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS							
consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>						consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>									
40	x					40	x								
nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes					nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes								
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>						factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>									
consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>						consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>									
		aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/> °C						aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/> °C							
		nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/> dias						nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/> dias							
		3600000						3600000							
		Ap <input type="text" value="68,18"/> m ²						Ap <input type="text" value="68,18"/> m ²							
		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/> kWh/m ² .ano						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/> kWh/m ² .ano							
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano
Sistema 2	Gás Propano		0,32		0,84	1	447,99	6,57	Sistema 2	Gás Propano		1,00	0,86	1	20,27
Sistema 1	Renovável Térmica	17,43	0,68	1	1,00	1	812,33	11,91			17,43				

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-
		0,00	0,95	2,5	0,00	0,00				0,00	0,95	2,5	0,00
			TOTAL		1260,32	18,49					TOTAL		20,27

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica V_{el} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²
 x
 Factor de Conversão F_{cv} kWh_{el}/kWh
 =
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{el}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{cv}	Energia primária E_{prim}/F_{cv}
		kWh/m ² .ano	kWh _{el} /kWh	kWh _{el} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	11,91	1	11,91
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
			TOTAL	11,91

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{el}/m².ano
 =
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh_{el}/m².ano
 =
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_g kWh_{el}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 =
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{el}/m².ano

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Padrão Padrão
6 módulos (3,9 m²)
Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 4,120 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento óptico: 73,0%

Modificador de ângulo transversal: a											0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°							
									1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98				
0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,89	0,86	0,81	0,76	0,66	0,50	0,05	0,00						

Modificador de ângulo longitudinal: a											0°	5°	10°	15°	20°	25°		
30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°						
									1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99				
0,99	0,99	0,98	0,96	0,94	0,90	0,87	0,80	0,73	0,61	0,48	0,24	0,00;						

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,00 l/s)

Depósito

Modelo: típico 100 l
Volume: 300 l
Área externa: 4,80 m²
Material: médio condutor de calor
Posição deitada

240 240
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 240 240 240 240 240 240 240 240 240 240
 240 240

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Loulé
 Coordenadas nominais: 37,2°N, 8,1°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
kWh					
182 Janeiro	68	108	14,	121	303
153 Fevereiro	82	114	22,	120	273
158 Março	121	145	35,	144	303
123 Abril	164	173	42,	170	293
118 Maio	206	197	55,	185	303
109 Junho	220	200	59,	184	293
98 Julho	235	219	83,	204	303
90 Agosto	218	223	98,	213	303
109 Setembro	154	179	65,	184	293
Outubro	112	150	39,	163	303

140					
Novembro	78	123	18,	138	293
155					
Dezembro	66	111	11,	129	303
174					

Anual	1725	1943	539,	1955	3565
1610					

Fracção solar: 54,8%

Rendimento global anual do sistema: 26%
colector]

Produtividade: 501 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

SolTerm 5.1

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Junkers FCB - 1S
3 módulos (5,9 m²)
Inclinação 32° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a1= 4,174 W/m²/K a2= 0,017 W/m²/K²

Rendimento óptico: 68,9%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30°
35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99
0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,93 0,89 0,85 0,76 0,59 0,05 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25°
30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99
0,99 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,93 0,89 0,85 0,76 0,59 0,05 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 4,0 l/m² por hora (=0,01 l/s)

Depósito

Modelo: típico 100 l
Volume: 300 l
Área externa: 4,80 m²
Material: médio condutor de calor
Posição deitada

240 240
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 240 240 240 240 240 240 240 240 240 240
 240 240

 Localização, posição e envolvente do sistema

 Concelho de Loulé
 Coordenadas nominais: 37,2°N, 8,1°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 32° - azimute 0°

 Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	
kWh						
155 Janeiro	68	105	8,	147	303	
124 Fevereiro	82	113	17,	149	273	
122 Março	121	145	33,	180	303	
79 Abril	164	174	42,	214	293	
69 Maio	206	200	59,	234	303	
60 Junho	220	204	67,	233	293	
46 Julho	235	223	96,	256	303	
39 Agosto	218	225	113,	264	303	
64 Setembro	154	179	68,	229	293	
	Outubro	112	148	36,	203	303

100					
Novembro	78	120	11,	170	293
123					
Dezembro	66	109	5,	157	303
146					

Anual	1725	1945	554,	2437	3565
1129					

Fracção solar: 68,3%

Rendimento global anual do sistema: 21%
colector]

Produtividade: 417 kWh/[m²

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)



1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_gran de_reabilitação
Local (município)	LOULE
Região	B
Rugosidade	III
Altitude do local (m)	1
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício (H _{edif}) em m	34,09
Altura da fração (H _{fra}) em m	6,54

Área útil (m ²):	68,2
Pd (m):	2,65
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 6.03) (m/s)	
Voi (m3):	181
Texterior (°C)	12,2
Zref (m)	145
Aenv/Au:	25%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m ²)	16,8
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		55		

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	Sim	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão	Admissão		
Perda de carga	Alta	Alta		
Altura da conduta (m)	30,55	0,89		
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)			
Número de condutas semelhantes	1	1		

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não
Escoamento de ar	
Caudal nominal (m ³ /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 (m ³ /h)	
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	
Pressão total (Pa)	
Rendimento total do ventilador(%)	

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício

R _{ph,U} (h-1) - Aquecimento	2,00	ok
R _{ph,V} (h-1) - Arrefecimento	2,00	
W _{vm} (kWh)	0,0	

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R _{ph,REF} (h-1)	0,60
---------------------------	------

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,40
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório

Nota: No Cálculo de R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: _____

Data: 01/04/16

ANEXO III.3 – FRAÇÃO B

ANEXO III.3.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE

Introdução de dados

Concelho

Altitude:

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1330	5,00	2	S

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

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)		68,18	(m ²)
	x		
Pé-direito médio		2,65	(m)
	=		
Volume interior (V)		180,68	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica		Natural	

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumpr NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da caixilharia (S/C, 1, 2 ou 3) Taxa de Renovação nominal:

Caixas de estore (Sim ou Não) RPH=

Caixas de estore em todos os vãos (Sim ou Não)

Classe de exposição (Quadro IV.1) (1, 2, 3 ou 4)

Disp. de admissão de ar na Fachada? (Sim ou Não)

Aberturas auto-reguladas? (Sim ou Não)

Área de Envidraçados > 15% Ap? (Sim ou Não) se Sim agrava 0,1

Portas exteriores bem vedadas? (Sim ou Não) Se Sim reduz 0,05 desde que Não cumpra NP1037-1

Ventilação Natural

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Volume		180,68	
	x		
Taxa de Renovação nominal		1,25	
	x		
	=	0,34	
TOTAL		76,79	(w/c)

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	30,16
Coberturas Exteriores	
Pavimentos Exteriores	
Envidraçados Exteriores	16,80
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	8,27
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	55,23
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	180,68
	=
FF	0,31
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
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)	57,04

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	35,17
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	5,11
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	45,36
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	76,79
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	162,42
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	5.184,53
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	2.299,28
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2885,24
	/
Área Útil de pavimento (m²)	68,18
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	42,32
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	57,04

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	14,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	45,36	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	76,79	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	137,00	(W/°C)

Zona climática

V	2	S
---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
<i>Perdas específicas totais</i>	(Q1a)	137,00	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	802,25	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO														
	E	S	W	W	S	W	E	S	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)	0,37	2,45	17,57	3,53	1,56	2,28	0,45	1,95							
U (W/m ² C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,40	0,40	0,40	0,68	0,68	0,68	0,70	0,70							
α U.A	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)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4							
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
	0,06	0,39	2,81	0,96	0,42	0,62	0,13	0,55							
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	470	380	470	470	380	470	470	380							
	x	x	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	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	1,11	5,96	52,85	18,06	6,45	11,66	2,37	8,30							

Orientação	POR ORIENTAÇÃO														
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área, A (m ²)															
U (W/m ² C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
α U.A															
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	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	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior															

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	POR ORIENTAÇÃO						HORIZONTAL						TOTAL
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Área, A (m ²)													
U (W/m ² C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
α U.A													
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	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	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior													106,76

(kWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
	E	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo												
Área, A (m ²)	3,15	3,99	6,30	3,36												
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,288	0,288	0,288	0,288												
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	0,70	0,70	0,70	0,70	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,484	0,449	0,433	0,625												
Área efectiva, Ae	0,85	0,75	0,75	0,75												
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	470	380	380	380	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	122,79	102,95	156,83	120,59												

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro																
Área, A (m ²)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae	x	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)	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores																
TOTAL																

(m²)
TOTAL
503,17
(kWh)

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considere-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 actualada (Quadro V.4)
⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, Fs, é obtido pelo produto F0.F1 dos Quadros V.1 e V.2 [F_h=1]

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (<i>Quadro IV.3</i>)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m^2)	68,18
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	798,52 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	503,17	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	106,76	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	798,52	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		1408,45	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1408,45"/> (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<input type="text" value="802,25"/> (kWh)
	=
Y	<input type="text" value="1,76"/>
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
<hr/>	
	<input type="text" value="1"/>
	-
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<input type="text" value="0,55"/>
	=
	<input type="text" value="0,45"/>
	x
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1408,45"/> (kWh)
	=
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="640,51"/> (kWh/ano)
	+
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0"/> (E _v =P _v *24*122/1000 (kWh))
	=
TOTAL	<input type="text" value="640,51"/> (kWh/ano)
	/
Área útil de pavimento (m ²)	<input type="text" value="68,18"/>
	=
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	<input type="text" value="9,39"/> (kWh/m ² .ano)
	≤
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	<input type="text" value="32"/> (kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

	40		(litros)
	x		
nº de ocupantes (Quadro VI.1)	2		
	=		
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	80		(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	1528,26		
	x		
	(
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de preparação de ASQ	1,00		
	/		
Eficiência de conversão do 1.º sistema convencional de preparação de AQS, ha1	0,65		
)		
	=		
	2351,16		(kWh/ano)
	-		
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, Esolar	821,67		
	-		
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, Eren			
	=		
	1529,49		
	/		
Área útil de pavimento, A_p	68,18		(m ²)
	=		
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	22,43		(kWh/m ² .ano)
	≤		
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	34,69		(kWh/m ² .ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
	(
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	42,32	(kWh/m ² .ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento ambiente, E_{solar}		(kWh/m ² .ano)
	/	
Área útil de pavimento, A_p	68,18	
)	
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de aquecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de aquecimento, h_i	100,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	9,39	(kWh/m ² .ano)
	x	
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de arrefecimento	100,00%	(%)
	/	
Eficiência de conversão do 1.º sistema de arrefecimento, h_v	300,00%	(%)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,290	(kgep/kWh)
	+	
	22,43	(kWh/m ² .ano)
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, N_{ac}		
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária para o 1.º sistema	0,086	(kgep/kWh)
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, N_{ac}		(kWh/m ² .ano)
)	
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	3,25	(kgep/m ² .ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	5,48	(kgep/m ² .ano)

ANEXO III.3.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C
Fachada com pavimento intermédio	8,70	0,50	0,80	3,48	Fachada com pavimento intermédio	8,70	0,50	0,80	3,48
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,33	0,50	0,80	0,53	Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,33	0,40	0,80	0,42
Fachada com varanda	1,60	0,55	1,00	0,88	Fachada com varanda	1,60	0,50	1,00	0,80
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				4,89	TOTAL				4,70

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 15,05 W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} = 15,67 W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área m ²	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m ²	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m ²	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C	PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO
A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} + H_{ois} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} + H_{ois,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO
A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

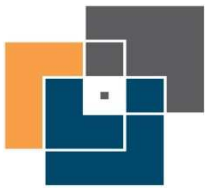
B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,REF} &= \frac{0,60}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,REF} &= \frac{36,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,v} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento A_p m²

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 105,79 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 122,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} && 228,65 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 98,82 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 36,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} && 135,68 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 105,79 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} && 1.847,87 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 98,82 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} && 1726,07 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 122,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} && 2.146,03 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 36,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} && 643,81 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} && 3574,70 && \text{kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} && 3993,90 && \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \psi_i && 0,90 \\
 &\text{parâmetro } a_i && 4,20 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i && 0,85 \\
 &x
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} && 0,6 \\
 &x
 \end{aligned}$$

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ kWh/ano
 (folha de cálculo 1.4)
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i,REF}$ kWh/ano
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 105,79 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 228,65 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 105,79 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 588,54 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 683,50 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 1608,49 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad 1272,03 \quad \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,26
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,30} \\
 \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{1608,49} \text{ kWh/ano} \\
 \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_c \quad \boxed{7,00} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,34} \\
 \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \quad \boxed{3818,22} \text{ kWh/ano} \\
 \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v \quad \boxed{18,97} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

Folha de Cálculo G
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano
		14,03	-	1	-	-	-	-			23,08	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	956,64	35,08	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	57,70
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano
		7,00	-	0	-	-	-	-			18,97	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		2,8	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	2,8	2,5	16,94
		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS							
consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>			
40	\times	40	\times	40	\times	40	\times	40	\times	40	\times	40	\times		
nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes		
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>			
consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>			
3600000		3600000		3600000		3600000		3600000		3600000		3600000			
Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>		Ap <input type="text" value="68,18"/>			
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>			
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,REF}/A_p$ kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,REF} \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano
Sistema 2	Gás Propano		0,32		0,84	1	447,99	6,57	Sistema 2	Gás Propano		1,00	0,86	1	20,27
Sistema 1	Renovável Térmica	17,43	0,68	1	1,00	1	812,33	11,91			17,43				

Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,95	2,5	0,00	
TOTAL						1260,32	TOTAL						20,27

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica V_{el} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²
 x
 Factor de Conversão F_{pv} kWh_{tp}/kWh
 =
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{tp}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{pv}	Energia primária E_{pv}/F_{pv}
		kWh/m ² .ano	kWh _{tp} /kWh	kWh _{tp} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	11,91	1	11,91
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
TOTAL				11,91

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{tp}/m².ano
 =
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh_{tp}/m².ano
 =
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_g kWh_{tp}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{tp}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{tp}/m².ano
 =
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{tp}/m².ano



Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS

Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12

1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_gran de_reabilitação
Local (município)	LOULE
Região	B
Rugosidade	III
Altitude do local (m)	1
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício (H _{edif}) em m	34,09
Altura da fração (H _{fra}) em m	18,54

Área útil (m ²):	68,2
Pd (m):	2,65
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 6.03) (m/s)	
Voi (m ³):	181
Texterior (°C)	12,2
Zref (m)	145
Aenv/Au:	25%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Média

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m ²)	16,8
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		50		

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	Sim	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão	Admissão		
Perda de carga	Alta	Alta		
Altura da conduta (m)	18,55	12,89		
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)			
Número de condutas semelhantes	1	1		

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m ³ /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 (m ³ /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício

R _{ph,U} (h-1) - Aquecimento	2,00	
R _{ph,V} (h-1) - Arrefecimento	2,00	
Wvm (kWh)	0,0	

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R _{ph,REF} (h-1)	0,60	
---------------------------	------	--

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,40	
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40	
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório	

Nota: No Cálculo de R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: _____

Data: 01/04/16

ANEXO III.4 – FRAÇÃO C

ANEXO III.4.1 – FOLHA DE CÁLCULO RCCTE

Introdução de dados

Concelho

Altitude:

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1330	5,00	2	S

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

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (Ap)		68,18	(m ²)
	x		
Pé-direito médio		2,65	(m)
			(m ²)
			(m)
	=		
Volume interior (V)		180,68	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica		Natural	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumprir 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="S/C"/>	Taxa de Renovação nominal:
Caixas de estore	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	RPH= <input type="text" value="1,25"/>
Caixas de estore em todos os vãos	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	<input type="text"/>
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="4"/>	
Disp. de admissão de ar na Fachada?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Aberturas auto-reguladas?	(Sim ou Não)	<input type="text"/>	
Área de Envidraçados > 15% Ap ?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	se Sim agrava 0,1
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	Ver Quadro IV.1 Se Sim reduz 0,05 desde que Não cumpra NP1037-1

Ventilação Natural	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Volume		180,68	
	x		
Taxa de Renovação nominal		1,25	
	x		
		0,34	
	=		
TOTAL		76,79	(w/c)

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	30,16
Coberturas Exteriores	68,18
Pavimentos Exteriores	
Envidraçados Exteriores	16,80
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	11,97
Coberturas Interiores	
Pavimentos Interiores	
Envidraçados Interiores	
<i>Área Total:</i>	127,11
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	180,68
	=
FF	0,70
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
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)	67,05

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	80,57
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	7,21
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	45,36
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	76,79
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	209,93
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1330
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6.700,91
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	2.327,34
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	4373,56
	/
Área Útil de pavimento (m²)	68,18
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	64,15
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	67,05

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	14,85	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	41,03	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	45,36	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	76,79	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	178,02	(W/°C)

Zona climática

V	2	S
---	---	---

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	178,02	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1042,51	(kWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

		POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
Orientação		E	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro		Duplo	Duplo	Duplo	Duplo												
Área, A (m ²)		3,15	3,99	6,30	3,36												
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)		0,288	0,288	0,288	0,288												
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)		0,70	0,70	0,70	0,70												
Área efectiva, Ae		x	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)		0,484	0,449	0,433	0,625												
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores		122,79	102,95	156,83	120,59												

		POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL															
Orientação		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Vidro																	
Área, A (m ²)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, Ae		x	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)		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores																	
TOTAL																	
503,17																	
(kWh)																	

⁽¹⁾ Para dispositivos de sombreamento móveis, considere-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 actualada (Quadro V.4)

⁽²⁾ Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, Fs, é obtido pelo produto F0.F1 dos Quadros V.1 e V.2 [Fh=1]

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (<i>Quadro IV.3</i>)	4,00
	x
Área útil de pavimento (m^2)	68,18
	x
	2,928
	=
Ganhos Internos totais	798,52 (kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV.1d)	503,17	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV.1c)	645,05	(kWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	798,52	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		1946,74	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (N_{vc})

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1946,74"/> (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	<input type="text" value="1042,51"/> (kWh)
	=
Y	<input type="text" value="1,87"/>
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
<hr/>	
	<input type="text" value="1"/>
	-
Factor de utilização dos ganhos solares, η	<input type="text" value="0,52"/>
	=
	<input type="text" value="0,48"/>
	x
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	<input type="text" value="1946,74"/> (kWh)
	=
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="940,79"/> (kWh/ano)
	+
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0"/> ($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 122 / 1000$ (kWh))
	=
TOTAL	<input type="text" value="940,79"/> (kWh/ano)
	/
Área útil de pavimento (m^2)	<input type="text" value="68,18"/>
	=
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	<input type="text" value="13,80"/> (kWh/ m^2 .ano)
	≤
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	<input type="text" value="32"/> (kWh/ m^2 .ano)

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da
Água Quente Sanitária (Nac)

	40			(litros)
	x			
nº de ocupantes (Quadro VI.1)	2			
	=			
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	80			(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	1528,26			
	x			
	(
% das necessidades satisfeita pelo 1.º sistema de preparação de ASQ	1,00			
	/			
Eficiência de conversão do 1.º sistema convencional de preparação de AQS, ha1	0,65			
)			
	=			
	2351,16			(kWh/ano)
	-			
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, Esolar	821,67			
	-			
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, Eren				
	=			
	1529,49			
	/			
Área útil de pavimento, A_p	68,18			(m ²)
	=			
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	22,43			(kWh/m ² .ano)
	≤			
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	34,69			(kWh/m ² .ano)

ANEXO III.4.2 – FOLHA DE CÁLCULO REH

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m ²	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade >=0).</i>	Área m	U _{ef} W/m ² .°C	A.U _{ef} W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m ²	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C	PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade <=0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO
A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} + H_{ab} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} + H_{ab,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO
A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu,REF} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec} W/°C

 +
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec,REF} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

 =
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,REF} W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,REF} &= \frac{0,60}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= \frac{36,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \frac{0}{x} \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \frac{0}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= \frac{361,35}{x} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,v} &= \frac{1,00}{x} \\
 &= 0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \frac{2,00}{x} \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \frac{68,18}{x} \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \frac{2,65}{x} \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \frac{122,86}{x} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento A_p m²

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 162,42 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 122,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} && 285,28 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 131,92 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 36,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} && 168,77 && \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} && 162,42 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} && 2.837,03 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} && 131,92 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} && 2304,19 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} && 122,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} && 2.146,03 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} && 728 && ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} && 36,86 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} && 643,81 && \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} && \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} && 3574,70 && \text{kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} && 4983,05 && \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \psi_i && 0,72 \\
 &\text{parâmetro } a_i && 4,20 && \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i && 0,91 \\
 &x
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} && 0,6 \\
 &x
 \end{aligned}$$

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i REF}$ kWh/ano
 =
 Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$ kWh/ano
 (folha de cálculo 1.4)
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i REF}$ kWh/ano
 +
 Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i REF}$ kWh/ano
 -
 Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i REF}$ kWh/ano
 =
 Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 162,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 285,28 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 162,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 903,58 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad 122,86 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad 683,50 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 2176,32 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad 1587,07 \quad \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,37
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,34} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} & \quad \boxed{2176,32} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_c & \quad \boxed{10,72} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,34} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{3818,22} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{68,18} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{18,97} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_u / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	
		25,12	-	1	-	-	-	-			31,56	-	-	-	-	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	1712,86	62,81	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	78,90	
TOTAL								1712,86	62,81	TOTAL						78,90

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_v / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_v \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pui} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	
		10,72	-	0	-	-	-	-			18,97	-	-	-	-	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		2,8	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	2,8	2,5	16,94	
TOTAL								0,00	0,00	TOTAL						16,94

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS							
consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>						consumo médio diário de referência M_{AQ} <input type="text" value="80"/>									
40	x	4187				40	x	4187							
nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>				nº convencional de ocupantes de cada fracção <input type="text" value="2"/>	ocupantes	aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>							
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>	=	nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>				factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>	=	nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>							
consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>	=	3600000				consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>	=	3600000							
		Ap <input type="text" value="68,18"/>						Ap <input type="text" value="68,18"/>							
		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="17,43"/>							
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pui} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pui} / \eta_a$ kWh _{EP} /m ² .ano
Sistema 2	Gás Propano	-	0,32	-	0,84	1	447,99	6,57	Sistema 2	Gás Propano	-	1,00	0,86	1	20,27
Sistema 1	Renovável Térmica	17,43	0,68	1	1,00	1	812,33	11,91			17,43	-	-	-	-

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-
		0,00	0,95	2,5	0,00	0,00				0,00	0,95	2,5	0,00
			TOTAL		1260,32						TOTAL		20,27

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica V_{el} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²
 x
 Factor de Conversão F_{pv} kWh_{el}/kWh
 =
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{el}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{pv}	Energia primária E_{pv}/F_{pv}
		kWh/m ² .ano	kWh _{el} /kWh	kWh _{el} /m ² .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	11,91	1	11,91
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
			TOTAL	11,91

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{el}/m².ano
 =
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh_{el}/m².ano
 =
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_g kWh_{el}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para arrefecimento kWh_{el}/m².ano
 +
 Energia primária para a preparação de AQS kWh_{el}/m².ano
 =
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{el}/m².ano



1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_gran de_reabilitação
Local (município)	LOULE
Região	B
Rugosidade	III
Altitude do local (m)	1
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício (H _{edif}) em m	34,09
Altura da fração (H _{fra}) em m	30,54

Área útil (m ²):	68,2
Pd (m):	2,65
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 6.03) (m/s)	
Voi (m3):	181
Texterior (°C)	12,2
Zref (m)	145
Aenv/Au:	25%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Média

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m ²)	16,8
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)		50		

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	Sim	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão	Admissão		
Perda de carga	Alta	Alta		
Altura da conduta (m)	6,55	24,89		
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)			
Número de condutas semelhantes	1	1		

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não
Escoamento de ar	
Caudal nominal (m ³ /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 (m ³ /h)	
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	
Pressão total (Pa)	
Rendimento total do ventilador(%)	

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício

R _{ph,U} (h-1) - Aquecimento	2,00	ok
R _{ph,V} (h-1) - Arrefecimento	2,00	
Wvm (kWh)	0,0	

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

R _{ph,REF} (h-1)	0,60
---------------------------	------

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,40
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R_{ph} mínimo	Satisfatório

Nota: No Cálculo de R_{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: _____

Data: 01/04/16