



# Projeto de Térmica: Aplicação do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Novos

EDUARDO LUÍS DE BARROS GOMES

Outubro de 2014





Mestrado em Engenharia Civil – Ramos Construções

Projeto de Térmica: Aplicação do Novo  
Regulamento de Desempenho Energético dos  
Edifícios de Habitação Novos

Orientadora: Eng.<sup>a</sup> Teresa Neto Silva

Mestrando: Eduardo Gomes – 1070038

Porto, Outubro de 2014



## **Agradecimentos**

Quero agradecer a toda a minha família pelo apoio que me deu ao longo deste percurso, principalmente aos meus pais pelo grande esforço que fizeram para eu conseguir terminar esta etapa.

Aos meus amigos, agradeço também pela ajuda e apoio não só na realização desta dissertação, mas também no resto do percurso académico.

À minha namorada que teve um papel muito importante, pois sem o apoio que me deu, nos momentos menos bons, não teria sido possível concluir esta dissertação.

À minha orientadora, Eng.<sup>a</sup> Teresa Neto, que esteve sempre disponível a ajudar e orientou da melhor forma o trabalho desde o primeiro dia, através do seu conhecimento e método de trabalho.



## **Resumo**

Neste trabalho estudou-se a nova regulamentação de térmica em edifícios, Decreto-Lei nº 118/2013, dando particular ênfase ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, REH. Para o efeito, aplicou-se a metodologia definida nesta legislação a um edifício de habitação unifamiliar e compararam-se os resultados obtidos com os resultados da ferramenta de cálculo automático elaborada pelo ITEcons. Fizeram-se ainda várias simulações para as diferentes zonas climáticas possíveis e comparou-se também com o mesmo edifício mas admitindo que todas as soluções construtivas são as de referência.

## **Palavras-chave**

Projeto de comportamento Térmico, Certificação Energética, REH, Fração autónoma



## **Abstract**

The aim of this thesis is the study of the new Portuguese building thermal regulation, the DL n° 118/2013, emphasizing the Energy Performance of Residential Buildings regulation, REH. In order to achieve this, the methodology exposed in this regulation was applied to a single family home. The results were then compared to the ones simulated with the software provided by ITEcons. Other simulations were made, taking into consideration not only different possible climate zones but also for the same building assuming all base line building solutions.

## **Key words**

Thermal performance design, energy labeling, REH, single family home



## Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivo.....	2
1.3	Estrutura da Dissertação.....	2
2	Estudo da Regulamentação.....	5
2.1	Decreto-lei nº118/2013 .....	5
2.2	Legislação Complementar .....	7
2.3	Metodologia de Cálculo de Acordo com o REH.....	9
2.3.1	Dados Climáticos .....	9
2.3.2	Definição da Envolvente .....	14
2.3.3	Requisitos de Qualidade Térmica .....	15
2.3.3.1	Envolvente opaca em zona corrente .....	16
2.3.3.2	Pontes Térmicas Planas.....	16
2.3.3.3	Vãos Envidraçados .....	17
2.3.3.4	Requisitos de renovação de ar.....	22
2.3.3.5	Requisitos dos sistemas técnicos.....	22
2.3.4	Comportamento térmico na estação de aquecimento.....	26
2.3.4.1	Transferência de calor por transmissão .....	26
2.3.4.2	Transferência por ventilação .....	31
2.3.4.3	Ganhos térmicos úteis .....	34
2.3.4.4	Inércia Térmica .....	39
2.3.4.5	Valor limite das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil .....	41
2.3.5	Comportamento térmico na estação de arrefecimento.....	43
2.3.5.1	Transferência de calor por transmissão .....	43
2.3.5.2	Transferência de calor devido à renovação do ar interior .....	44
2.3.5.3	Ganhos térmicos .....	45
2.3.5.4	Valor limite das necessidades de arrefecimento .....	48
2.3.6	Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (AQS).....	49
2.3.7	Necessidades de energia primária .....	50

3	Caso de Estudo – Aplicação da Legislação a um Edifício de Habitação.....	55
3.1	Descrição do Edifício.....	55
3.2	Dados Climáticos.....	56
3.2.1	Dados Climáticos da Estação de Aquecimento:.....	57
3.2.2	Dados Climáticos da Estação de Arrefecimento:.....	57
3.3	Definição da envolvente.....	58
3.4	Requisitos de qualidade térmica .....	62
3.4.1	Envolvente opaca em zona corrente:.....	62
3.4.2	Envidraçados.....	66
3.5	Cálculos efetuados .....	67
3.5.1	Cálculo prático com cálculo algébrico .....	67
3.5.1.1	Comportamento térmico na estação de aquecimento.....	67
3.5.1.2	Comportamento térmico na estação de arrefecimento .....	76
3.5.1.3	Necessidades de energia para preparação de AQS.....	78
3.5.1.4	Necessidades de Energia Primária .....	78
3.5.2	Caso prático utilizando o programa de cálculo.....	80
3.5.3	Edifício de referência utilizando o programa de cálculo.....	80
3.5.4	Restantes zonas climáticas.....	81
3.5.4.1	Zona Climática I <sub>1</sub> V <sub>2</sub> .....	81
3.5.4.2	Zona Climática I <sub>1</sub> V <sub>3</sub> .....	82
3.5.4.3	Zona Climática I <sub>2</sub> V <sub>1</sub> .....	82
3.5.4.4	Zona Climática I <sub>2</sub> V <sub>2</sub> .....	83
3.5.4.5	Zona Climática I <sub>2</sub> V <sub>3</sub> .....	84
3.5.4.6	Zona Climática I <sub>3</sub> V <sub>1</sub> .....	85
3.5.4.7	Zona Climática I <sub>3</sub> V <sub>2</sub> .....	86
3.5.4.8	Zona Climática I <sub>3</sub> V <sub>3</sub> .....	87
3.6	Discussão dos Resultados.....	87
3.6.1	Zona Climática I <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .....	87
3.6.2	Restantes Zonas Climáticas.....	91
4	Conclusões.....	95
	Bibliografia.....	97

## Anexos

Anexo A: Modelo tipo do certificado energético para edifícios ou frações de habitação

Anexo B: Municípios, altitudes médias e respetiva zona climática

Anexo C: Ganhos solares Brutos

Anexo D: Folhas de Cálculo e Fichas resumo das várias zonas climáticas



## Índice de Tabelas

Tabela 1 – NUTS III ( Despacho (extrato) nº15793-F/2013) .....	9
Tabela 2 – Critérios para determinar a zona climática de inverno ( Despacho (extrato) nº15793-F/2013) .....	10
Tabela 3 – Critérios para determinar a zona climática de verão ( Despacho (extrato) nº15793-F/2013) .....	10
Tabela 4 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento .....	12
Tabela 5 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento ( Despacho (extrato) nº15793-F/2013) .....	13
Tabela 6 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	15
Tabela 7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos ( Portaria nº349-B/2013) .....	16
Tabela 8 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados ( Portaria nº349-B/2013) .....	17
Tabela 9 – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	18
Tabela 10 – Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	19
Tabela 11 – Coeficiente de absorção da radiação solar ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	20
Tabela 12 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	21
Tabela 13 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013) .....	21
Tabela 14 – Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica ( Portaria nº349-B/2013) .....	23
Tabela 15 – Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar ( Portaria nº349-B/2013) .....	23
Tabela 16 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit e compactas, com permuta ar-água ( Portaria nº349-B/2013) .....	23
Tabela 17 – Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop ( Portaria nº349-B/2013) .....	24
Tabela 18 – Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão .....	24
Tabela 19 – Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras ( Portaria nº349-B/2013) .....	24
Tabela 20 – Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores ( Portaria nº349-B/2013) .....	25
Tabela 21 – Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores ( Portaria nº349-B/2013) .....	25

Tabela 22 – Valores de eficiência de termoacumuladores em função das perdas estáticas (Portaria nº349-B/2013).....	26
Tabela 23 – Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares (Despacho (extrato) nº15793-K/2013).....	28
Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico (Despacho (extrato) nº15793-K/2013).....	30
Tabela 25 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal (Despacho (extrato) nº15793-K/2013).....	30
Tabela 26 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical (Despacho (extrato) nº15793-K/2013).....	31
Tabela 27 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno (Despacho (extrato) nº15793-K/2013).....	31
Tabela 28 – Fator de orientação para as diferentes exposições (Despacho (extrato) nº15793-I/2013).....	35
Tabela 29 – Fração envidraçada (Despacho nº 15793-K/2013).....	36
Tabela 30 – Valores do fator de sombreamento do horizonte para a estação de aquecimento (Despacho nº 15793-K/2013).....	37
Tabela 31 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento (Despacho nº 15793-K/2013).....	38
Tabela 32 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento (Despacho nº 15793-K/2013).....	38
Tabela 33 – Classes de inércia térmica interior (Despacho nº 15793-K/2013).....	39
Tabela 34 – Massa superficial útil do elemento, EL1 e respetivo valor limite.....	40
Tabela 35 - Massa superficial útil do elemento, EL2 e respetivo valor limite.....	40
Tabela 36 - Massa superficial útil do elemento, EL3 e respetivo valor limite.....	40
Tabela 37 – Fator de redução dos elementos EL1 e EL2.....	41
Tabela 38- Fator de redução dos elementos EL3.....	41
Tabela 39 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados (Portaria nº349-B/2013).....	42
Tabela 40 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência (Portaria nº349-B/2013).....	43
Tabela 41 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados (Despacho nº 15793-K/2013).....	46
Tabela 42 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento (Despacho nº 15793-K/2013).....	46
Tabela 43 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada (Despacho nº 15793-K/2013).....	47

Tabela 44 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção exterior ( Despacho nº 15793-K/2013).....	47
Tabela 45 – Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação das necessidades de energia primária.....	51
Tabela 46 – Energia solar acumulada na estação de arrefecimento nas várias orientações.....	57
Tabela 47 – Quadro resumo dos requisitos da envolvente opaca.....	66
Tabela 48 – Áreas dos envidraçados.....	67
Tabela 49 – Verificações regulamentares dos envidraçados.....	67
Tabela 50 – Determinação do coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com o exterior.....	68
Tabela 51 – Determinação do coeficiente de transmissão térmica através das pontes térmicas lineares.....	68
Tabela 52 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com os espaços não úteis.....	69
Tabela 53 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica através das pontes térmicas lineares.....	69
Tabela 54 – Determinação da inércia térmica.....	71
Tabela 55 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência de elementos em contacto com o exterior.....	73
Tabela 56 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência através das pontes térmicas lineares.....	73
Tabela 57 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência de elementos em contacto com os espaços não úteis.....	74
Tabela 58 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência através das pontes térmicas lineares.....	74
Tabela 59 – Resultados obtidos com o cálculo algébrico para a zona climática I <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .....	80
Tabela 60 – Resultados obtidos nas folhas de cálculo para a zona climática I <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .....	80
Tabela 61 – Resultados obtidos para o edifício de referência na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .....	80
Tabela 62 – Resultados obtidos na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>2</sub> .....	81
Tabela 63 – Resultados obtidos na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>2</sub> após alterações na envolvente.....	81
Tabela 64 – Resultados obtidos na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>3</sub> .....	82
Tabela 65 – Resultados obtidos na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>3</sub> após alterações na envolvente.....	82
Tabela 66 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>1</sub> .....	83
Tabela 67 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>1</sub> após alterações na envolvente.....	83
Tabela 68 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>2</sub> .....	83
Tabela 69 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>2</sub> após alterações na envolvente.....	84
Tabela 70 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>3</sub> .....	84

Tabela 71 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>2</sub> V <sub>3</sub> após alterações na envolvente.....	85
Tabela 72 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>3</sub> V <sub>1</sub> .....	85
Tabela 73 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>3</sub> V <sub>1</sub> após alterações na envolvente.....	86
Tabela 74 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>3</sub> V <sub>2</sub> .....	86
Tabela 75 - Resultados obtidos nas zona climática I <sub>3</sub> V <sub>2</sub> após alterações na envolvente.....	86
Tabela 76 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>3</sub> V <sub>3</sub> .....	87
Tabela 77 - Resultados obtidos na zona climática I <sub>3</sub> V <sub>3</sub> após alterações na envolvente.....	87
Tabela 78 – Comparação de resultados obtidos pelos dois métodos.....	89

## Índice de Figuras

Figura 1 – Zona climática de verão .....	11
Figura 2 – Zona climática de inverno .....	11
Figura 3 - Ângulo de sombreamento vertical.....	21
Figura 4 - Ângulo de sombreamento horizontal.....	21
Figura 5 - Planta do piso térreo .....	55
Figura 6 – Planta do primeiro piso.....	56
Figura 7 – Alçado principal.....	56
Figura 8 – Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Garagem) .....	58
Figura 9 - Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Arrumos).....	59
Figura 10 - Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Lavandaria) .....	60
Figura 11 – Plantas do piso térreo e andar com definição das envoltentes .....	61
Figura 12 – Cortes com definição das envoltentes .....	61
Figura 13 – Solução construtiva da cobertura.....	62
Figura 14 - Solução construtiva das paredes exteriores .....	63
Figura 15 - Solução construtiva das paredes interiores .....	64
Figura 16 - Solução construtiva do pavimento sobre o exterior.....	65
Figura 17 - Solução construtiva dos pavimentos sobre espaços não úteis.....	65
Figura 18 – Gráfico representativo das necessidades na zona climática I <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .....	90
Figura 19 – Gráfico representativo das necessidades de arrefecimento.....	91
Figura 20 – Gráfico representativo das necessidades de aquecimento.....	92



## Lista de abreviaturas

- EPBD - Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios
- REH – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
- ITEcons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção
- SCE - Sistema de Certificação dos Edifícios
- RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.
- ADENE – Agência para a energia
- DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia
- NUTS III - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III
- AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
- AQS – Águas Quentes Sanitárias
- Nic - Valor das necessidades anuais de energia útil para aquecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano]
- Ni - Valor máximo de energia útil para aquecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano]
- Nvc - Valores das necessidades anuais de energia útil para arrefecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano]
- Nv - valor máximo de energia útil para arrefecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano]
- Ntc - Valor das necessidades nominais anuais de energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano]
- Nt - Valor máximo das necessidades de energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano]
- I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub> - Zonas climáticas de inverno
- V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub> - Zonas climáticas de verão
- GD - Graus-dias, °C.dia
- θ<sub>ext,v</sub>- Temperatura média exterior na estação de arrefecimento, °C
- a - Correção linear de declive, [mês / Km ou °C / Km]
- Z - Altitude do local, [m]
- Z<sub>REF</sub> - Altitude de referência, [m]
- M – Duração da estação de aquecimento, [meses]
- G<sub>Sul</sub> – Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, [kWh/m<sup>2</sup>.mês]
- I<sub>sol</sub> – Energia solar acumulada durante a estação, [kWh/m<sup>2</sup>]
- L<sub>v</sub> – Duração da estação, [h]
- b<sub>tr</sub> - Coeficiente de redução de perdas
- U<sub>PTP</sub> - Coeficiente de transmissão térmica superficial na zona de Ponte Térmica Plana, [W/m<sup>2</sup>.°C]
- U<sub>zona corrente</sub> - Coeficiente de transmissão térmica superficial na zona corrente, [W/m<sup>2</sup>.°C]
- U<sub>max</sub> - Coeficiente de transmissão térmica máximo, [W/m<sup>2</sup>.°C]
- Q<sub>tr,i</sub> – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh]
- Q<sub>ve,i</sub> – 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, [m<sup>2</sup>]

$H_{ext}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o exterior, [W/°C]

$H_{enu}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com espaços não úteis, [W/°C]

$H_{adj}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com edifícios adjacentes, [W/°C]

$H_{ecs}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, [W/°C]

$R_{ph,i}$  – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, [ $h^{-1}$ ]

$\eta_{RC}$  – Rendimento do sistema de recuperação de calor [%]

$V_{ins}$  – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor, [m<sup>3</sup>/h]

$\eta$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos

$Q_g$  – Ganhos térmicos brutos, [kWh]

$Q_{int}$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, [kWh]

$Q_{sol}$  – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, [kWh]

$F_{S,i_{nj}}$  – Fator de obstrução do vão envidraçado  $n$  com orientação  $j$  na estação de aquecimento

$F_{w,i}$  – Fator de seletividade angular, igual a 0,9

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior, [m<sup>2</sup>.°C/W]

$R_{si}$  – Resistência térmica superficial interior, [m<sup>2</sup>.°C/W]

$M_{AQS}$  – Consumo médio diário de AQS, [l/ocupante.dia]

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS, [°C]

$n_d$  – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais

$Q_a$  – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, [kWh/ano]

$W_{vm,j}$  – Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano]

$E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de energia renovável, incluindo apenas energia consumida, [kWh/ano]

$F_{pu}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/kWh]

# 1 Introdução

## 1.1 ENQUADRAMENTO

A nova legislação sobre o comportamento térmico dos edifícios entrou em vigor em dezembro de 2013 trazendo com ela um regulamento mais ágil e um novo certificado energético, mais apelativo e mais direcionado para o consumidor.

Tal como na regulamentação anterior, é possível fazer ajustes por portaria e despachos com um formato mais simplificado, o que permite fazer correções e atualizações de uma forma mais rápida e expedita.

O novo design do certificado energético é vantajoso pois deixou de ser apenas uma exigência burocrática e passou a ser uma ferramenta com informação útil para ajudar na melhoria do desempenho energético da fração autónoma, para ter uma melhor perceção de como reduzir as faturas de energia e sobretudo pretende ter um aspeto mais simples e de fácil perceção pelos utentes.

No certificado anterior a informação não era orientada para o consumidor e a linguagem era demasiado técnica e extensa. Pelo contrário, o novo modelo foi criado a pensar no consumidor, tendo-se simplificado a informação e incorporado referências e indicadores qualitativos que permitem a perceção do estado do edifício de uma forma mais rápida optou-se por apresentar no Anexo A o modelo tipo do certificado para edifícios ou frações de habitação.

O novo certificado possui indicadores de desempenho, para aquecimento e arrefecimento ambiente e águas quentes sanitárias, ajudando também a perceber se o edifício é ou não mais eficiente que o de referência. Também são apresentados os contributos das fontes renováveis e as emissões de CO<sub>2</sub>.

A escala de classificação agora vai de A+ a F e na pirâmide da classe energética são referidas as classes mínimas para edifícios novos e grandes intervenções. Nos edifícios novos a classe mínima é B- e nas grandes intervenções é C.

Em relação às medidas de melhoria, o novo certificado apresenta o custo estimado do investimento, a redução anual da fatura energética e a classe energética que é alcançada com a implementação das medidas de melhoria.

O espaço dedicado aos elementos construtivos do edifício apresenta a descrição das soluções encontradas e possibilita ao utilizador uma ideia do seu desempenho, pois é utilizado um sistema de classificação por estrelas. Assim, qualquer pessoa pode perceber quais os elementos onde poderiam obter resultados mais significativos. De uma forma semelhante são também identificados os elementos que registam perdas e ganhos de calor, no verão e no inverno.

Nas últimas páginas, constam as informações mais técnicas e detalhadas, onde os profissionais podem encontrar o resumo dos principais indicadores, como as necessidades nominais de energia para aquecimento e arrefecimento, dados climáticos, detalhes sobre elementos construtivos e sistemas técnicos, etc.

A certificação energética para os edifícios consta da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) – 2010/31/EU. Esta é obrigatória para edifícios novos e para os existentes quando colocados para venda ou arrendamento. Segundo esta diretiva, o principal objetivo do certificado energético é fornecer informação sobre o desempenho energético do edifício aos potenciais compradores ou inquilinos.

Neste momento, a certificação energética assume um papel relevante atendendo sobretudo às questões atuais que visam a construção sustentável.

## 1.2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho consiste no estudo da nova legislação de desempenho energético dos edifícios de habitação que entrou em vigor no final do ano de 2013. De forma a simplificar a aplicação desta legislação foi feita uma proposta de metodologia com uma sequenciação das operações de cálculo definidas no Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – REH.

Esta metodologia foi comparada com as folhas de cálculo disponibilizadas pelo ITEcons através da simulação num caso prático. Foi feito também o cálculo utilizando os valores de referência impostos pelo regulamento e comparou-se estes resultados com os obtidos no caso prático.

Também se utilizou o mesmo caso de estudo admitindo que o edifício poderia estar situado em todas as zonas climáticas do país, de forma a se verificar como este se comporta.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação será composta por quatro capítulos.

No primeiro capítulo serão abordados o enquadramento do trabalho desenvolvido, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é apresentada a regulamentação de térmica de edifícios em Portugal, em que será abordada a nova regulamentação, o REH, bem como uma proposta de metodologia de cálculo que possibilita aplicar a legislação de uma forma mais expedita.

No terceiro capítulo é apresentado um caso de estudo, onde será aplicado o novo regulamento num edifício novo e de seguida serão comparados os valores obtidos com os valores das folhas de

Projeto de Térmica: Aplicação do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Novos

cálculo e também com o edifício de referência. Por último serão apresentadas e comentadas as soluções obtidas no estudo da mesma habitação em todas as zonas climáticas e propostas alterações nos elementos construtivos, caso seja necessário.

No quarto capítulo serão apresentadas as conclusões gerais deste projeto.



## 2 Estudo da Regulamentação

### 2.1 DECRETO-LEI Não 118/2013

O Decreto-Lei não 118/2013 transp oe para ordem jurídica nacional a Diretiva não 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, referente ao desempenho energ etico dos edifícios. Este diploma tem como objetivo assegurar e promover a melhoria do desempenho energ etico dos edifícios através do Sistema de Certificação dos Edifícios (SCE). O SCE incorpora dois regulamentos, o Regulamento de Desempenho Energ etico Dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energ etico dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

O SCE abrange todos os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grandes intervenções, todas as frações já edificadas, caso estas fiquem sujeitas a venda ou arrendamento e edifícios de comércio ou serviços com área útil igual ou superior a 1000m<sup>2</sup>, ou 500m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas. As propriedades de entidades públicas, com visitas frequentes por parte do público e com área superior a 500m<sup>2</sup>, ou 250m<sup>2</sup> (a partir de 1 de Junho de 2015) também ficam sujeitos ao SCE.

Existem edifícios que não são abrangidos pelo SCE, tais como, instalações industriais, agrícolas ou pecuárias; edifícios utilizados como locais de culto ou para atividades religiosas; edifícios ou frações destinados a armazéns, estacionamento e oficinas; edifícios unifamiliares com área útil inferior a 50 m<sup>2</sup>; edifícios de comércio e serviços devolutos, até a sua venda ou locação após a entrada em vigor deste diploma; edifícios em ruína; infraestruturas militares e edifícios afetos aos sistemas de informações ou a forças e serviços de segurança sujeitos a regras de controlo e confidencialidade; monumentos e edifícios considerados com especial valor arquitet nico ou histórico por entidade licenciadora ou outra entidade competente para o efeito.

Quanto   certificação, os pr -certificados e certificados SCE devem existir quando há um projeto para realização de operações urbanísticas, quando se compra, vende ou arrenda um edifício ou fração e quando existe fiscalização de atividades econ mica por autoridades competentes. Estas entidades devem comunicar   ADENE os casos em que não existam certificados juntamente com a identificação do edifício ou fração e os proprietários atuais e anteriores.

A fiscalização do SCE   da competência da Direção-Geral de Energia e Geologia, DGEG e   da competência da ADENE atribuir a gestão do SCE a uma entidade.

  da competência dos peritos qualificados fazer a avaliação energética dos edifícios a certificar no âmbito do SCE, identificar e avaliar medidas de melhoria de desempenho energético, emitir os certificados e pr -certificado.

O REH determina os requisitos para edifícios de habita o, parâmetros e metodologias de caracteriza o do desempenho energético. Este regulamento aplica-se a edifícios novos, edifícios sujeitos grande interven o na envolvente ou nos sistemas técnicos de edifícios existentes.

Nos edifícios abrangidos pelo regulamento a aplica o do REH deve ser verificada para a totalidade do edifício, caso este seja um edifício de habita o unifamiliar. No caso de edifícios multifamiliares, deve ser verificado para cada fra o. Caso seja um edifício misto, este regulamento é apenas aplicável para as fra es destinadas a habita o.

São excluídos do âmbito de aplica o do REH todos os edifícios não destinados a habita o e todos os edifícios excluídos pelo SCE.

Os edifícios abrangidos por este regulamento devem ser avaliados de acordo com as características da envolvente opaca e envidraçadas, ventila o e necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento de forma a garantir melhorias no seu comportamento térmico, bom conforto ambiente e redu o das necessidades energéticas.

De forma a cumprir todos os objetivos, o REH estabelece algumas exigências, tais como, requisitos da qualidade térmica da envolvente, requisitos de ventila o dos espaços e valores de necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício, bem como limites para cumprir estas necessidades.

Quanto aos sistemas técnicos, este regulamento define requisitos ao nível da qualidade e da eficiência destes, regras de cáculo para o contributo de energias renováveis e valores para as necessidades nominais de energia primária, bem como limites a cumprir.

Relativamente ao comportamento térmico dos edifícios novos, o valor das necessidades anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ) não pode exceder o valor máximo de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ). Os valores das necessidades anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) não podem exceder o valor máximo de energia útil para arrefecimento ( $N_v$ ). Os requisitos descritos anteriormente devem ser cumpridos sem serem ultrapassados os valores-limite de qualidade térmica da envolvente. O valor da taxa de renova o horária nominal de ar para as esta es de aquecimento e arrefecimento deve ser igual ou superior ao valor mínimo de renova es horárias. Deve promover-se a utiliza o de sistemas passivos que melhorem o desempenho energético do edifício e considera-se o seu contributo nas necessidades de energia.

A instala o de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias   obrigatória caso exista exposi o solar adequada. Contudo a energia fornecida pelo sistema solar térmico tem de ser igual ou superior   obtida por um sistema com valores padrão. Se este sistema for destinado têm também para aquecimento do ambiente interior, deve garantir-se que a contribui o do sistema d  prioridade   prepara o de águas quentes sanitárias.

Em alternativa ao sistema solar térmico, podem ser utilizados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis, desde que estes garantam a obten o de energia equivalente   que se iria alcançar com o coletor solar.

O valor das necessidades nominais anuais de energia primária (N<sub>tc</sub>) não pode exceder o valor máximo das necessidades de energia primária (N<sub>t</sub>).

## 2.2 LEGISLAÇÃO COMPLEMENTAR

De forma a complementar o Decreto-Lei nº118/2013, foram criadas as Portarias e os Despachos apresentados em seguida:

- A portaria nº 349 – A/2013 define as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do Perito Qualificado e do técnico de instalação e de manutenção. Esta portaria também define as categorias dos edifícios, os tipos de Pré-certificados e Certificados e as responsabilidades de emissão dos mesmos.

- A portaria nº 349 – B/2013 explica a metodologia utilizada para determinar a classe de desempenho energético e define os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios. Assim, esta portaria define, para efeitos de cálculo, métodos para determinar valores máximos de necessidades energéticas, os requisitos para a qualidade térmica da envolvente, o valor mínimo da taxa de renovação de ar, os requisitos para os sistemas técnicos e requisitos dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis.

- A Portaria nº 349 – C/2013 determina os elementos que devem existir nos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como a autorização de utilização.

- O Despacho nº 15793 – C/2013 publica os modelos de pré-certificados e certificados SCE, que vão ser emitidos para edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes.

- O Despacho nº 15793 – D/2013 define quais são os fatores de conversão entre energia útil e primária a utilizar para determinar do valor das necessidades nominais anuais de energia primária.

- O Despacho nº 15793 – E/2013 define quais são as regras de simplificação que se de utilizam nos edifícios sujeitos a grandes intervenções e existentes, caso se verifique a impossibilidade de obter informações importantes sobre o edifício, tais como, a envolvente, parâmetros térmicos, ventilação, eficiência dos sistemas técnicos e contribuição dos sistemas solares térmicos.

- O Despacho n  15793 – F/2013 publica os parâmetros para o zonamento climático e os respetivos dados. Desta forma, especifica as zonas climáticas, através da Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III (NUTS III). Define também um método de cálculo para determinar os parâmetros climáticos de um determinado local, para as esta es de aquecimento e arrefecimento.

- O Despacho n  15793 – H/2013 identifica as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema. Os sistemas para aproveitamento identificados neste despacho são os sistemas solares térmicos, solares fotovoltaicos, eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica e aerot rmica e geotérmica (bombas de calor).

- O Despacho n  15792 – I/2013 determina os métodos de cálculo para as necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias e as necessidades nominais de energia primária.

- O Despacho n  15793 – J/2013 publica as regras para determinar a classe energética de um edifício. Para tal é necessário saber o valor das necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_{tc}$ ) e o valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_t$ ). Com estes valores é feito um rácio de classe energética e a classificação é feita consoante este valor.

- O Despacho n  15793 – K/2013 apresenta os parâmetros térmicos para o cálculo dos valores de coeficiente global de transferência de calor, coeficiente de transmissão térmica superficial, coeficiente de transmissão térmica linear, coeficiente de absorção da radiação solar, fator de utilização de ganhos, quantificação da inércia térmica, fator solar de vãos envidraçados, fator de obstrução da radiação solar, fração envidraçada, fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, coeficiente de redução de perdas e taxa de renovação do ar.

- O Despacho n  15793 – L/2013 define a metodologia a utilizar para o apuramento da viabilidade econ mica. Determina qual o período de retorno do investimento feito para as medidas de melhoria.

## 2.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE ACORDO COM O REH

### 2.3.1 DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos estão definidos no Despacho n  15793-F/2013.

O zonamento climático baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de Nível III (NUTS III)

A Tabela 1 define todos os municípios que constituem cada região.

Tabela 1 – NUTS III (Despacho (extrato) n 15793-F/2013)

NUTS III	Municípios
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Mon�o, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Tr�s-os-Montes	Alf�ndega da F�, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpa�os, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Faf�, Guimarães, Mondim de Basto, P�voa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalic�o, Vizela
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, P�voa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
T�mega	Amarante, Bai�o, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinf�es, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Pa�os de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alij�, Armamar, Carrazeda de Ansi�es, Freixo de Espada � Cinta, Lamego, Mes�o Frio, Moimenta da Beira, Mur�a, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penagui�o, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabua�o, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Coa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	�gueda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, M�da, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de R�d�o
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fund�o
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, S�t�o, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansi�o, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, G�is, Lous�, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã, Vila de Rei

Projeto de Térmica: Aplicação do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Novos

Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

Para a aplicação dos requisitos de qualidade térmica da envolvente são definidas três zonas climáticas de inverno ( $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ ) e três zonas climáticas de verão ( $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ ).

As zonas climáticas de inverno definem-se através dos graus-dias (GD) na base de 18°C, como mostram a Tabela 2 e a Figura 2.

Tabela 2 – Critérios para determinar a zona climática de inverno (Despacho (extrato) nº15793-F/2013)

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	$I_1$	$I_2$	$I_3$

As zonas climáticas de verão definem-se através da temperatura média exterior na estação de arrefecimento ( $\theta_{ext,v}$ ), como mostram a Tabela 3 e a Figura 1.

Tabela 3 – Critérios para determinar a zona climática de verão (Despacho (extrato) nº15793-F/2013)

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	$V_1$	$V_2$	$V_3$

Figura 2 – Zona climática de inverno  
(Despacho (extrato) nº15793-F/2013)

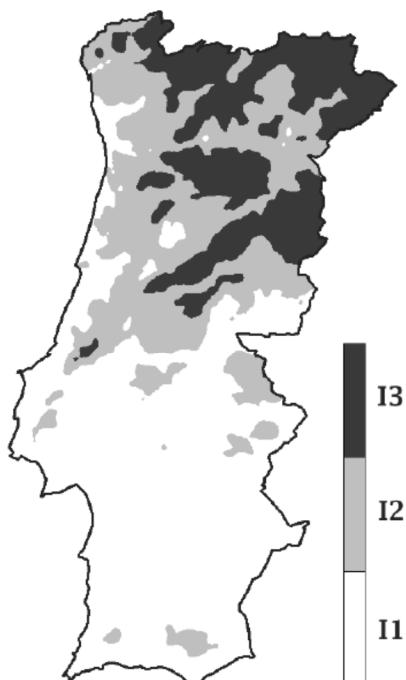
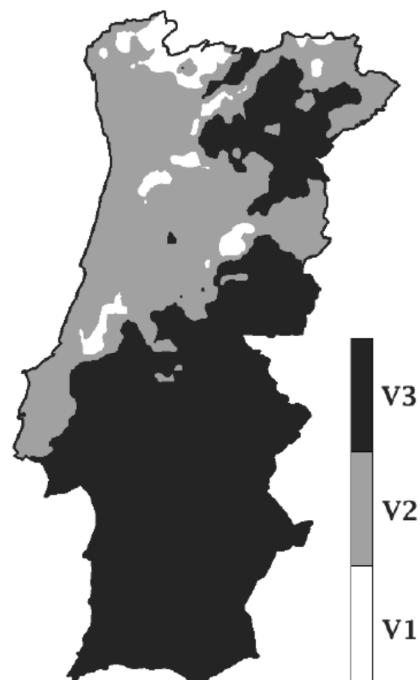


Figura 1 – Zona climática de verão  
(Despacho (extrato) nº15793-F/2013)



O valor de alguns parâmetros climáticos, são obtidos a partir dos valores de referência, e é ajustado através de uma correção linear de declive  $a$ , proporcional à diferença entre a altitude do local,  $Z$ , e a altitude de referência,  $Z_{REF}$ , para cada NUTS III, como mostra a expressão seguinte:

$$X = X_{REF} + a \cdot (Z - Z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^\circ\text{C}] \quad (1)$$

Os parâmetros climáticos necessários para a estação de aquecimento são:

- GD – Número de graus-dias de aquecimento, na base de 18°C, em °C.dia;
- M – Duração da estação de aquecimento, em meses;
- $G_{Sul}$  – Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, em kWh/m<sup>2</sup>.mês.

A Tabela 4 define os valores de referência, bem como o declive para os parâmetros da estação de aquecimento.

Tabela 4 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento

	z	M		GD		G <sub>Sul</sub> kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	135
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1544	1400	135
Baixo Vouga	50	6,3	2	1337	1100	140
Baixo Mondego	67	6,3	0	1304	1000	140
Beira Interior Norte	717	7,5	0	1924	1000	135
Beira Interior Sul	328	5,4	1	1274	1800	140
Cova da Beira	507	7,1	0	1687	1400	140
Serra da Estrela	553	7,5	0	1851	1600	135
Dão - Lafões	497	7,3	0	1702	1900	135
Pinhal Interior Norte	361	6,8	0	1555	1600	140
Pinhal Interior Sul	361	6,7	1	1511	1500	145
Pinhal Litoral	126	6,6	0	1323	1900	140
Oeste	99	5,6	0	1165	2200	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1330	1300	145
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1135	2700	145
Grande Lisboa	109	5,3	3	1071	1700	150
Península de Setúbal	47	4,7	0	1045	1500	145
Alto Alentejo	246	5,3	2	1221	1200	145
Alentejo Central	221	5,3	2	1150	1100	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1089	1100	150
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1068	1000	155
Algarve	145	4,8	0	987	1800	155
R.A. Açores	10	2,9	1	604	1500	110
R.A. Madeira	380	3,2	1	618	1500	105

Os parâmetros climáticos necessários para a estação de arrefecimento são:

-  $\theta_{ext,v}$  – Temperatura exterior média, em °C;

-  $I_{sol}$  – Energia solar acumulada durante a estação, em kWh/m<sup>2</sup>.

Nesta estação considera-se que a sua duração,  $L_v$ , é de 4 meses, ou seja, 2928 horas.

A Tabela 5 define os valores de referência e os respetivos declives para cada parâmetro na estação de arrefecimento.

Tabela 5 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento (Despacho (extrato) nº15793-F/2013)

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		Isol								
		REF °C	a °C/km	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Mínho-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
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Serra da Estrela	553	21,0	-4	820	225	355	495	495	420	495	495	355
Dão - Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Pinhal Interior Norte	361	21,2	-2	825	220	357	500	495	420	495	500	357
Pinhal Interior Sul	361	22,4	-3	830	225	360	500	500	420	500	500	360
Pinhal Litoral	126	20,1	-2	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Oeste	99	21,0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Médio Tejo	168	22,1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360
Lezíria do Tejo	73	23,1	-6	835	225	365	500	495	410	495	500	365
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365
Península de Setúbal	47	22,8	-5	845	225	365	505	495	410	495	505	365
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
R.A. Açores	10	21,3	-6	640	195	285	375	375	235	375	375	285
R.A. Madeira	380	20,2	-6	580	195	260	325	320	280	320	325	260

### 2.3.2 DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE

É importante para o balanço energético de um edifício, definir as suas envolventes. Desta forma, são considerados os seguintes tipos de envolvente:

- Envolvente exterior, elementos que separam o espaço interior do espaço exterior;
- Envolvente sem requisitos, elementos em contacto com o solo e através dos quais não há trocas de calor;
- Envolvente interior com requisitos de exterior, elementos que separam os espaços úteis dos não úteis com o coeficiente de redução de temperatura superior a 0,7;
- Envolvente interior com requisitos de interior, elementos que separam os espaços úteis dos não úteis com o coeficiente de redução de temperatura igual ou inferior a 0,7.

Depois de definir o tipo de envolvente, é necessário determinar o coeficiente de redução de perdas,  $b_{tr}$ , dependendo do tipo de envolvente, pois este valor vai afetar o cálculo das perdas de calor por transmissão nos elementos que separam espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como os espaços não úteis. Assim, para determinar o valor de  $b_{tr}$  de um determinado espaço não útil utiliza-se a expressão seguinte:

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (2)$$

Em que:

- $\theta_{int}$  – Temperatura interior, em °C;
- $\theta_{ext}$  – Temperatura ambiente exterior, em °C;
- $\theta_{int}$  – Temperatura do local não útil, em °C.

Se  $b_{tr}$  for superior a 0,7, ao elemento que separa o espaço interior do espaço não útil aplicam-se os requisitos mínimos de envolvente exterior. Classifica-se este elemento como envolvente interior com requisitos de exterior.

Se  $b_{tr}$  for igual ou inferior a 0,7, aplicam-se os requisitos mínimos para envolvente interior ao elemento que separa o espaço interior do espaço não útil. Este elemento é classificado com envolvente interior com requisitos de interior.

Em elementos em contacto com espaços não úteis e caso não seja possível determinar o valor da temperatura do espaço não útil, admite-se que  $b_{tr}$  toma um dos valores da Tabela 6.

Nos espaços não úteis fortemente ventilados o  $b_{tr}$  toma o valor de 1.

Tabela 6 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

$b_{tr}$	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 < V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} > 200m^3$	
	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
$A_i/A_u \geq$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Em que:

- $A_i$  – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil, em  $m^2$ ;
- $A_u$  – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do exterior, em  $m^2$ ;
- $V_{enu}$  – Volume do espaço não útil, em  $m^3$ ;
- f – Espaço não útil com todas as ligações entre elementos bem vedadas e sem aberturas de ventilação permanente;
- F – Espaço não útil com ligações mal vedadas e/ou com aberturas de ventilação permanente.

É de salientar que em zonas graníticas deve construir-se um vazio sanitário fortemente ventilado de forma a reduzir os níveis de concentração de Radão.

No caso de elementos em contacto com edifícios adjacentes, assume-se um valor de  $b_{tr}$  igual a 0,6.

### 2.3.3 REQUISITOS DE QUALIDADE TÉRMICA

A Portaria nº 349-B/2013 define os requisitos de conceção para edifícios novos e para grandes intervenções.

São definidos requisitos relativos à envolvente opaca, aos envidraçados, à renovação de ar e para os sistemas técnicos.

### 2.3.3.1 Envolvente opaca em zona corrente

Todos os elementos da envolvente opaca em zona corrente que incluem paredes, pavimentos e coberturas, devem ter um coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , não superior ao coeficiente de transmissão térmica máximo,  $U_{max}$ .

$$U_{\text{envolvente opaca}} \leq U_{\text{max}} \quad (3)$$

Os valores máximos do coeficiente de transmissão térmica permitidos para elementos opacos são definidos em função da zona climática de inverno e do tipo de envolvente em que o elemento construtivo se situa. A Tabela 7 apresenta estes valores máximos.

Tabela 7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos (Portaria nº349-B/2013)

$U_{max} \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$		Zona Climática		
		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b > 0.7$	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 $b \leq 0.7$	Elementos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos horizontais	1,65	1,30	1,20

É de salientar que para os elementos em contacto com o solo não são estabelecidos valores de  $U_{max}$ .

### 2.3.3.2 Pontes Térmicas Planas

Todas as zonas de pontes térmicas planas tais como pilares, vigas e caixas de estore, devem ter um valor do coeficiente de transmissão térmica,  $U_{PTP}$ , igual ou inferior ao dobro do coeficiente dos elementos homólogos adjacentes de zona corrente,  $U_{\text{zona corrente}}$ , e não superior ao coeficiente de transmissão térmica máximo,  $U_{max}$ .

$$- U_{PTP} \leq 2 \times U_{\text{zona corrente}}; \quad (4)$$

$$- U_{PTP} \leq U_{max} \quad (5)$$

As verificações anteriores são dispensadas sempre que o coeficiente de transmissão térmica para pontes térmicas planas seja menor ou igual a 0,9 W/(m<sup>2</sup>.°C).

### 2.3.3.3 Vãos Envidraçados

Os vãos envidraçados exteriores devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados,  $gT$ , que obedeça às seguintes condições:

$$- \text{ se } A_{env} \leq 15\% \cdot A_{pav}, \text{ então } gT \cdot F_o \cdot F_f \leq gT_{max}; \quad (6)$$

$$- \text{ se } A_{env} > 15\% \cdot A_{pav}, \text{ então } gT \cdot F_o \cdot F_f \leq gT_{max} \cdot \left( \frac{A_{env}}{A_{pav}} \right)^{0,15}. \quad (7)$$

Em que:

- $gT$  – 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, outros corpos ou partes de um edifício;
- $gT_{max}$  – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;
- $A_{env}$  – Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento, em  $m^2$ ;
- $A_{pav}$  – Área de pavimento do compartimento servido pelos vãos envidraçados, em  $m^2$ .

É de referir que os valores dos fatores de sombreamento,  $F_o$  e  $F_f$ , devem ser obtidos nas tabelas relativas ao sombreamento na estação de arrefecimento.

São dispensados das verificações anteriores todos os envidraçados cuja área,  $A_{env}$ , seja inferior a 5% da área do pavimento do compartimento ou os envidraçados orientados no quadrante Norte (NE, N ou NW).

A Tabela 8 define os valores máximos admissíveis para os fatores solares dos vãos envidraçados que são estabelecidos em função da zona climática e da classe de inércia térmica.

Tabela 8 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados (Portaria nº349-B/2013)

$gT_{max}$	Zona climática		a
Classe de Inércia	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Segundo o despacho nº 15793-K/2013 são definidos valores de fator solar para várias soluções de vidros com sistema de proteção.

Para efeito de ganhos térmicos pelos vãos envidraçados, deve ser considerada uma incidência de radiação solar perpendicular à superfície do vão.

O fator solar do vidro,  $g_{Lvi}$ , deve ser fornecido pelo fabricante, mas caso não seja possível aceder a esta informação são apresentados valores do fator solar de várias composições de vidros na Tabela 9.

Tabela 9 – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

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

Os valores apresentados na Tabela 10 são para vidros correntes com dispositivos de proteção permanente, ou móvel totalmente ativado e para sistemas com proteção exterior e opaca, qualquer que seja o vidro utilizado.

A cor da proteção é definida com base no coeficiente de reflexão da superfície exterior da proteção. Este coeficiente está definido na Tabela 11.

Tabela 10 – Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

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

Tabela 11 – Coeficiente de absorção da radiação solar ( Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

Cor	<i>a</i>
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

No caso de serem aplicados vidros especiais com proteção exterior não opaca ou com proteção interior deve aplicar-se uma das seguintes expressões, dependendo do tipo de vidro:

$$\text{- Vidro simples: } gT = \frac{g_{L,vi} \cdot g_{Tvc}}{0,85}; \quad (8)$$

$$\text{- Vidro duplo: } gT = \frac{g_{L,vi} \cdot g_{Tvc}}{0,75}. \quad (9)$$

Para efeitos de cálculo do fator de obstrução da radiação solar, o Despacho nº 15793-k/2013 define valores para o fator de sombreamento do horizonte,  $F_h$ , de elementos horizontais,  $F_o$ , e elementos verticais,  $F_f$ .

O fator de sombreamento do horizonte,  $F_h$ , define-se pelo sombreamento provocado por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou edifícios vizinhos e depende do ângulo de horizonte, latitude, orientação, clima e duração da estação de aquecimento.

Na estação de arrefecimento, o efeito do sombreamento do horizonte é desprezável. Assim,  $F_h$  tem valor igual a 1.

O fator de sombreamento por elementos horizontais,  $F_o$ , e verticais,  $F_f$ , definem-se pelo sombreamento provocado por elementos do próprio edifício e depende do ângulo da obstrução, da latitude, da exposição e do clima.

Nas Tabela 12 e Tabela 13 encontram-se os valores do fator de obstrução de sombreamento horizontal e vertical, para a estação de arrefecimento. Nas Figura 4 e Figura 3 encontra-se um esquema para determinar o ângulo de sombreamento horizontal e vertical, respetivamente.

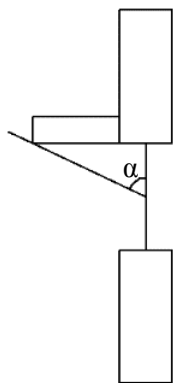


Figura 4 - Ângulo de sombreamento horizontal

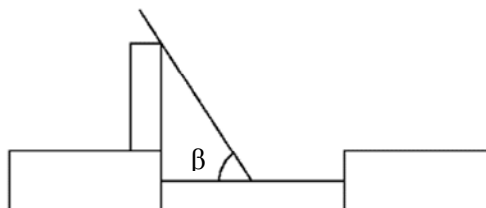


Figura 3 - Ângulo de sombreamento vertical

Tabela 12 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de arrefecimento (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

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

Tabela 13 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de arrefecimento (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

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

#### **2.3.3.4 Requisitos de renovação de ar**

Nos edifícios de habitação, o valor da taxa de renovação horária de ar calculado deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora.

$$R_{ph} \geq 0,4h^{-1} \quad (10)$$

Caso esta condição não seja verificada devem alterar-se as soluções relativas ao sistema de ventilação de forma a garantir a ventilação mínima regulamentar.

Este valor é calculado considerando ventilação natural, por efeito do gradiente de tempo e por ação do vento, ou a ventilação necessária.

A sua determinação obriga a utilização do software desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC.

#### **2.3.3.5 Requisitos dos sistemas técnicos**

Os sistemas técnicos a instalar devem cumprir os seguintes requisitos e condições:

- As instalações de climatização com potência térmica superior a 25 kW devem ter projeto de AVAC elaborado de acordo com as especificações da Portaria 701-H/2008, de 29 de Julho;
- As redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos, incluindo sistemas de acumulação, climatização ou preparação de AQS, devem cumprir os requisitos mínimos de isolamento.
- Os sistemas técnicos para climatização devem conter mecanismos de regulação e controlo de forma a garantir um limite máximo e mínimo da temperatura do ar interior;
- Quando a potência térmica nominal dos sistemas técnicos para climatização seja igual ou superior a 50 kW, são necessários mecanismos que garantam a regulação da potência de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos às necessidades do edifício, garantam a possibilidade de controlo do sistema de climatização por espaço ou grupo de espaços, em período de não ocupação e a possibilidade de parametrização de horários de funcionamento.
- Os sistemas técnicos devem dispor de marcação CE e devem estar devidamente caracterizados quanto ao seu desempenho energético ou quanto as suas características técnicas que possam determinar ou afetar o seu desempenho.

Os requisitos de eficiência são descritos nos parágrafos e tabelas seguintes.

Os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e chillers de arrefecimento, devem obedecer a requisitos mínimos de eficiência. Estes requisitos mínimos estão indicados na Tabela 14, em função da sua classificação pela certificação Eurovent.

Tabela 14 – Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica (Portaria nº349-B/2013)

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após:	
	Entrada em vigor	31 dez 2015
Split, multissplit, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo Rooftop		
Unidades do tipo Chiller de compressão (Bomba de calor)		

Caso os sistemas mencionados anteriormente não se enquadrem na categoria Eurovent, mas o seu desempenho tenha sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, resultando o definido na Tabela 15, 16, 17 e 18.

Tabela 15 – Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar (Portaria nº349-B/2013)

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 ≥ EER > 3,00	3,00 ≥ EER > 2,80	3,60 ≥ COP > 3,40	3,40 ≥ COP > 3,20
C	<b>3,00 ≥ EER &gt; 2,80</b>	<b>2,80 ≥ EER &gt; 2,60</b>	<b>3,40 ≥ COP &gt; 3,20</b>	<b>3,20 ≥ COP &gt; 3,00</b>
D	2,80 ≥ EER > 2,60	2,60 ≥ EER > 2,40	3,20 ≥ COP > 2,80	3,00 ≥ COP > 2,60
E	2,60 ≥ EER > 2,40	2,40 ≥ EER > 2,20	2,80 ≥ COP > 2,60	2,60 ≥ COP > 2,40
F	2,40 ≥ EER > 2,20	2,20 ≥ EER > 2,00	2,60 ≥ COP > 2,40	2,40 ≥ COP > 2,20
G	EER ≤ 2,20	EER ≤ 2,00	COP ≤ 2,40	COP ≤ 2,20

Tabela 16 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit e compactas, com permuta ar-água (Portaria nº349-B/2013)

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 ≥ EER > 3,30	4,40 ≥ EER > 4,10	4,00 ≥ COP > 3,70	4,70 ≥ COP > 4,40
C	<b>3,30 ≥ EER &gt; 3,10</b>	<b>4,10 ≥ EER &gt; 3,80</b>	<b>3,70 ≥ COP &gt; 3,40</b>	<b>4,40 ≥ COP &gt; 4,10</b>
D	3,10 ≥ EER > 2,80	3,80 ≥ EER > 3,50	3,40 ≥ COP > 3,10	4,10 ≥ COP > 3,80
E	2,80 ≥ EER > 2,50	3,50 ≥ EER > 3,20	3,10 ≥ COP > 2,80	3,80 ≥ COP > 3,50
F	2,50 ≥ EER > 2,20	3,20 ≥ EER > 2,90	2,80 ≥ COP > 2,50	3,50 ≥ COP > 3,20
G	EER ≤ 2,20	EER ≤ 2,90	COP ≤ 2,50	COP ≤ 3,20

Tabela 17 – Classificação do desempenho de unidades do tipo Rooftop (Portaria nº349-B/2013)

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 ≥ EER > 2,80	3,40 ≥ COP > 3,20	4,40 ≥ EER > 4,10	4,70 ≥ COP > 4,40
C	<b>2,80 ≥ EER &gt; 2,60</b>	<b>3,20 ≥ COP &gt; 3,00</b>	<b>4,10 ≥ EER &gt; 3,80</b>	<b>4,40 ≥ COP &gt; 4,10</b>
D	2,60 ≥ EER > 2,40	3,00 ≥ COP > 2,60	3,80 ≥ EER > 3,50	4,10 ≥ COP > 3,80
E	2,40 ≥ EER > 2,20	2,60 ≥ COP > 2,40	3,50 ≥ EER > 3,20	3,80 ≥ COP > 3,50
F	2,20 ≥ EER > 2,00	2,40 ≥ COP > 2,20	3,20 ≥ EER > 2,90	3,50 ≥ COP > 3,20
G	EER ≤ 2,00	COP ≤ 2,20	EER ≤ 2,90	EER ≤ 3,20

Tabela 18 – Classificação do desempenho de unidades do tipo chiller bomba de calor de compressão

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	<b>2,9 &gt; EER ≥ 2,7</b>	<b>3,0 &gt; COP ≥ 2,8</b>	<b>4,65 &gt; EER ≥ 4,25</b>	<b>4,15 &gt; COP ≥ 3,85</b>
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

As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Tabela 19 e Tabela 20.

Tabela 19 – Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras (Portaria nº349-B/2013)

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	Entrada em vigor	31 dez 2015
Caldeira	B	A

Tabela 20 – Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores (Portaria nº349-B/2013)

Caldeiras	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal ( $\eta$ )
	A++	$\eta \geq 96\%$
	A+	$96\% \geq \eta > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta > 89\%$
	<b>B</b>	<b><math>89\% \geq \eta &gt; 86\%</math></b>
	C	$86\% \geq \eta > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta > 77\%$
F	$\eta \leq 77\%$	
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10\text{kW}$	$\geq 0,82$
	$> 10\text{ kW}$	$\geq 0,84$

As bombas de calor para a preparação de água quente para climatização e AQS, devem apresentar certificado “European Quality Label for Heat Pumps”, ou o seu desempenho deve ser avaliado pelo mesmo referencial normativo, tendo um valor mínimo COP de 2,3.

Quando as bombas de calor são destinadas exclusivamente para produção de AQS, devem ter um desempenho caracterizado por um COP mínimo de 2,3.

Os sistemas de produção de AQS com recurso a termoacumuladores elétricos devem cumprir os requisitos indicados na Tabela 21 e a sua eficiência, obtida em função das perdas estáticas do equipamento,  $Q_{pr}$ , é determinado de acordo com a Tabela 22.

Tabela 21 – Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores (Portaria nº349-B/2013)

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

Tabela 22 – Valores de eficiência de termoacumuladores em função das perdas estáticas (Portaria nº349-B/2013)

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

#### 2.3.4 COMPORTAMENTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

O despacho nº 15793-I/2013 define a metodologia para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento,  $N_{ic}$ .

Assim, o valor de  $N_{ic}$  é determinado pela expressão:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (11)$$

Em que:

- $Q_{tr,i}$  – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, em kWh;
- $Q_{ve,i}$  – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, em 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, em kWh;
- $A_p$  – Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, em  $\text{m}^2$ .

##### 2.3.4.1 Transferência de calor por transmissão

Durante a estação de aquecimento, devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a transferência de calor por transmissão traduz-se em perdas de calor. Estas são determinadas através da expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} \quad [\text{kWh}] \quad (12)$$

Em que  $H_{tr,i}$  representa o coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento.

As perdas por transmissão podem ser superficiais ou lineares. As superficiais podem ocorrer através de paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior, espaços não úteis e edifícios adjacentes e também através de paredes e pavimentos em contacto com o solo. As perdas lineares são perdas de calor pelas pontes térmicas lineares associadas às paredes exteriores e paredes para espaços não úteis com  $b_{tr} > 0,7$ .

Assim, o coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento,  $H_{tr,i}$ , definido no Despacho nº15793-K/2013, é obtido pela expressão:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad [W/°C] \quad (13)$$

Em que:

- $H_{ext}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o exterior, em  $W/°C$ ;
- $H_{enu}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com espaços não úteis, em  $W/°C$ ;
- $H_{adj}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com edifícios adjacentes, em  $W/°C$ ;
- $H_{ecs}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, em  $W/°C$ .

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente exterior,  $H_{ext}$ , determina-se através da expressão:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \quad [W/°C] \quad (14)$$

Em que:

- $U_i$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento  $i$  da envolvente, em  $W/m^2 \cdot °C$ ;
- $A_i$  – Área do elemento  $i$  da envolvente, medida pelo interior do edifício, em  $m^2$ ;
- $\psi_j$  – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear  $j$ , em  $W/m^2 \cdot °C$ ;
- $B_j$  – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear  $j$ , medido pelo interior do edifício, em  $m$ .

O valor do coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear,  $\psi$ , determina-se de acordo com as pontes térmicas lineares e pode ser encontrado na Norma EN ISO 10211, em catálogos de pontes térmicas desde que o cálculo obedeça à EN ISO 14683 e no Despacho 15793-k/2013 através da Tabela 23

Tabela 23 – Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

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		0,60	0,15	0,50
Fachada com varanda		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10	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

Não se contabilizam pontes térmicas lineares em paredes interiores que intersejam coberturas e pavimentos nem paredes que separam um espaço interior útil de um edifício adjacente ou de um espaço não útil desde que  $b_{tr} \leq 0,7$ .

Os coeficientes de transferência de calor por transmissão através da envolvente em contacto com espaços não úteis,  $H_{enu}$ , e com edifícios adjacentes,  $H_{adj}$ , determinam-se de acordo com a expressão:

$$H_{enu,adj} = b_{tr} \times (\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j]) \quad [W/^\circ C] \quad (15)$$

Em que  $b_{tr}$  corresponde ao coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou de um edifício adjacente.

No caso de edifícios adjacentes o valor de  $b_{tr}$  é 0,6, pelo que não se contabilizam as pontes térmicas lineares para estes espaços.

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo determina-se de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bfi} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bwj}] \quad [W/^\circ C] \quad (16)$$

Em que:

- $U_{bfi}$  – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado  $i$ , em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $A_i$  – Área do pavimento em contacto com o solo  $i$ , medida pelo interior do edifício, em  $m^2$ ;
- $z_j$  – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo  $j$ , em  $m$ ;
- $P_j$  – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo  $j$ , medido pelo interior, em  $m$ ;
- $U_{bwj}$  – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo  $j$ , em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

No caso de pavimento térreo que se encontra ao mesmo nível do solo, assume-se que  $z = 0$ , logo o cálculo de  $H_{ecs}$  resume-se à primeira parcela da equação.

No caso de pavimento térreo com isolamento térmico perimetral, o fator  $U_{bfi}$ , substitui-se por  $U_{fe_i}$ , que corresponde ao coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo  $i$  com isolamento térmico perimetral.

O valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimento enterrado,  $U_{bf}$ , determina-se através da Tabela 24, Tabela 25 e Tabela 26, em função da dimensão característica do pavimento, que se determina pela expressão:

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (17)$$

Em que:

- $A_p$  – Área útil de pavimento, medida pelo interior, em  $m^2$ ;
- $P$  – 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 exterior, em  $m$ .

É ainda necessário quantificar a resistência térmica de todas as camadas do pavimento,  $R_f$ , à exceção das resistências térmicas superficiais,  $R_{si}$  e  $R_{se}$  e a largura do isolamento perimetral ou profundidade do isolamento vertical,  $D$ .

Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

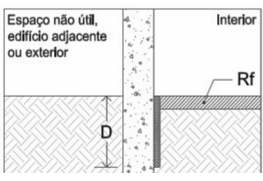
B'	$z \leq 0,5\text{m}$				$0,5\text{m} < z \leq 1,0\text{m}$				$1,0\text{m} < z \leq 2,0\text{m}$			
	$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$			
	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	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
$\geq 20$	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'	$2,0\text{m} < z \leq 3,0\text{m}$				$z > 3\text{m}$							
	$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$							
	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$				
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				
$\geq 20$	0,19	0,17	0,14	0,12	0,17	0,16	0,13	0,12				

Tabela 25 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

B'	D = 0,5m					D 0 1,0m					D = 1,5m					
	$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					
	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$	
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	

Tabela 26 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

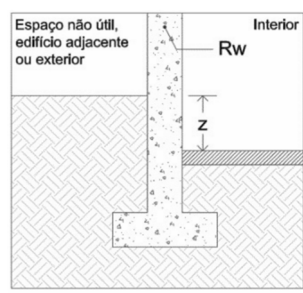
B'	D = 0,5m					D 0 1,0m					D = 1,5m				
	$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				
	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,72	0,53	0,41	0,27	0,20	0,68	0,50	0,39	0,26	0,19
4	0,69	0,52	0,41	0,28	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



O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo,  $U_{bw}$ , determina-se de acordo com a Tabela 27, em função da resistência térmica da parede,  $R_w$ , sem resistências térmicas superficiais, e da profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo,  $z$ .

Tabela 27 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno (Despacho (extrato) nº15793-K/2013)

Z [m]	$R_w [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					
	0	0,5	1	1,5	2	
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
$\geq 6$	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17



### 2.3.4.2 Transferência por ventilação

As perdas de calor por ventilação que correspondem à renovação do ar interior na estação de aquecimento calculam-se de acordo com a expressão:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

Em que  $H_{ve,i}$  representa o coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, em  $W/^\circ C$ .

Para determinar o coeficiente global de transferência de calor por ventilação,  $H_{ve}$ , utiliza-se a seguinte expressão, segundo o Despacho nº 15793-K/2013:

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad [W/^\circ C] \quad (19)$$

Em que:

- $R_{ph,i}$  – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, em  $h^{-1}$ ;
- $A_p$  – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, em  $m^2$ ;
- $P_d$  – Pé direito médio da fração, em m.

Se a ventilação for assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a energia necessária relativa às perdas que ocorrem por ventilação é determinada através da expressão:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot b_{ve,i} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad [kWh] \quad (20)$$

Em que  $b_{ve,i}$  representa o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor.

O fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor,  $b_{ve,i}$ , calcula-se de acordo com a expressão:

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{V_{ins}}{R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (21)$$

Em que:

- $\eta_{RC}$  – Rendimento do sistema de recuperação de calor;
- $V_{ins}$  – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor, em  $m^3/h$ .

O valor da taxa de renovação do ar,  $R_{ph}$ , é o valor obtido no projeto de ventilação, sempre que o edifício esteja em conformidade com as normas NP 1037-1 e NP 1037-2, no caso de edifícios com ventilação natural e com ventilação mecânica, respetivamente.

Caso não se verifique nenhuma das condições anteriores,  $R_{ph}$  é determinado de acordo com a norma EN 15242. Para tal são considerados:

- o efeito de permeabilidade do ar;
- a existência de dispositivos de admissão de ar na fachada;
- a existência de condutas de ventilação;
- os sistemas serem mecânicos ou híbridos;
- o efeito de chaminé;
- o efeito da ação do vento.

Para este caso existe uma folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC para determinar o valor de  $R_{ph}$ .

Desta forma, é necessário seguir a metodologia abaixo:

a) Enquadramento do edifício:

Neste ponto é necessário definir a região, a rugosidade, o número de fachadas expostas e a classe de proteção da fração do edifício em estudo.

- Quanto à região, esta pode ser classificada como região A e região B. A região A representa todo o território nacional com a exceção dos locais que pertencem à região B. A região B representa as Regiões Autónomas dos Açores e Madeira, todas as regiões situadas a menos de 5 Km da costa e as regiões situadas a uma altitude superior a 600m.

- Quanto à rugosidade, o edifício pode ser classificado com rugosidade I, II ou III. A rugosidade I representa os edifícios situados no interior de uma zona urbana. A rugosidade II representa edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural. A rugosidade III representa edifícios situados em zonas muito expostas ao vento.

- Quanto ao número de fachadas expostas ao vento, considera-se só uma fachada exposta se só existir uma fachada, ou se tiver mais do que uma fachada exposta ao vento, esta representar mais de 70% da área total das fachadas da fração e ser a única com aberturas de ventilação. Se não se verificar nenhuma destas condições considera-se duas ou mais fachadas expostas.

- Quanto à classe de proteção da fração, esta pode ser desprotegida, normal ou protegida, dependendo da altura dos edifícios envolvente e da distância destes ao edifício em estudo.

b) Permeabilidade ao ar da envolvente:

Caso se realize um ensaio de pressurização para determinar a permeabilidade ao ar da envolvente, considera-se o valor  $n_{50}$  desse ensaio para calcular o caudal de infiltrações de ar.

Para os restantes casos é considerada a permeabilidade ao ar das caixilharias e caixas de estores.

A permeabilidade ao ar de portas e janelas pode ser classificada como sem classificação, classe 1, 2, 3 ou 4. No caso de edifícios novos, não se deve considerar uma classe de caixilharia igual ou inferior a 2.

A permeabilidade ao ar de caixas de estores é classificada como baixa ou elevada.

Se a caixa de estores não permitir a ligação entre o interior e o exterior, esta não é considerada.

Se após o ensaio de permeabilidade da caixa de estores se concluir que o caudal de infiltração de ar por unidade de comprimento é inferior a  $1 \text{ m}^3/\text{h.m}$ , então a permeabilidade é baixa.

Se a caixa de estores permitir ligação com o exterior, mas apenas na zona da fita, então a permeabilidade é baixa.

Também se considera permeabilidade baixa se a caixa de estores apresentar um vedante sob compressão adequada em toda a periferia das juntas.

Caso não se verifique nenhuma das condições anteriores, então a permeabilidade é elevada.

c) Aberturas de admissão de ar na fachada:

As aberturas de admissão de ar na fachada classificam-se como aberturas fixas, reguláveis manualmente e aberturas autorreguláveis.

Utilizando a folha de cálculo referida anteriormente, pode-se definir uma área mínima destas aberturas de forma a cumprir com os valores mínimos regulamentares.

d) Conduatas de ventilação natural:

Para determinar  $R_{ph}$  deve ser considerado o impacto das conduatas de admissão ou exaustão de ar e das chaminés. Para tal, consideram-se as perdas de carga na chaminé e o efeito da localização da sua saída na cobertura de forma a calcular o escoamento natural do ar.

e) Conduatas de insuflação ou de evacuação mecânica do ar:

Em frações com sistemas mecânicos ou híbridos com caudal de ar contínuo, considera-se esse caudal para efeitos de cálculo.

Em sistemas de caudal de ar variável, considera-se o caudal de ar médio diário.

### 2.3.4.3 Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos podem ser provenientes de fontes internas de calor e do aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados. Os ganhos térmicos úteis,  $Q_{gu,i}$ , são uma percentagem,  $\eta_i$ , dos ganhos brutos,  $Q_{g,i}$ , tal como se refere na seguinte expressão:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \quad [\text{kWh}] \quad (22)$$

Em que:

- $\eta_i$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;
- $Q_{g,i}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, em kWh.

Os ganhos térmicos brutos determinam-se pela expressão:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [\text{kWh}] \quad (23)$$

Em que:

- $Q_{int,i}$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, em kWh;
- $Q_{sol,i}$  – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, em kWh.

Os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, à exceção dos sistemas de aquecimento. Assim, são considerados para este efeito, ganhos de calor

associados ao metabolismo dos ocupantes e ao calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação.

Desta forma, os ganhos térmicos internos são calculados de acordo com a expressão:

$$Q_{\text{int},i} = 0,72q_{\text{int}} \cdot M \cdot A_p = 0,72 \times 4 \times M \times A_p \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

O cálculo dos ganhos solares através dos envidraçados na estação de aquecimento,  $Q_{\text{sol},i}$ , é efetuado de acordo com a expressão:

$$Q_{\text{sol},i} = G_{\text{sul}} \cdot \sum_j [X_j \cdot \sum_n F_{S,i,nj} \cdot A_{S,i,nj}] \cdot M \quad [\text{kWh}] \quad (25)$$

Em que:

- $X_j$  – Fator de orientação para as diferentes exposições;
- $F_{S,i,nj}$  – Fator de obstrução do vão envidraçado  $n$  com orientação  $j$  na estação de aquecimento;
- $A_{S,i,nj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície  $n$  com a orientação  $j$ , em  $\text{m}^2$ ;
- $j$  – Índice que corresponde a cada uma das orientações;
- $n$  – Índice correspondente a cada uma das superfícies com a orientação  $j$ .

O fator de orientação,  $X_j$ , é determinado através da Tabela 28 e depende da orientação do vão.

Tabela 28 – Fator de orientação para as diferentes exposições (Despacho (extrato) n°15793-I/2013)

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

A área efetiva coletora,  $A_{S,i}$ , deve ser calculada vão a vão, de acordo com a expressão:

$$A_{S,i,nj} = A_w \cdot F_g \cdot g_i \quad [\text{m}^2] \quad (26)$$

Em que:

- $A_w$  – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, em  $\text{m}^2$ ;
- $F_g$  – Fração envidraçada do vão envidraçado;
- $g_i$  – Fator solar de inverno.

O valor da fração envidraçada,  $F_g$ , obtém-se na Tabela 29 e depende do tipo de caixilharia.

Tabela 29 – Fração envidraçada (Despacho nº 15793-K/2013)

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	-

O valor da fração envidraçada pode ser determinado pela tabela 29, como foi mencionado acima, mas também pode determinar-se por  $F_g = \text{área de vidro}/\text{área total do vão}$ .

Caso não existam dispositivos de sombreamento permanente, o fator solar de inverno será determinado pela expressão:

$$g_i = 0,9 \times g_{L,vi} \quad (27)$$

Em que  $g_{L,vi}$  corresponde ao fator solar do vidro para uma incidência normal à superfície do vidro.

No caso da existência de vãos envidraçados interiores, adjacentes a um espaço não útil, a área efetiva coletora determina-se através da expressão:

$$A_{S,inj} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (F_g)_{enu} \cdot (g_i)_{int} \cdot (g_i)_{enu} \quad [m^2] \quad (28)$$

Em que:

- $(A_w)_{int}$  – Área total do vão envidraçado interior, em  $m^2$ ;
- $(F_g)_{int}$  – Fração envidraçada do vão envidraçado interior;
- $(F_g)_{enu}$  – Fração envidraçada do vão envidraçado do espaço não útil;
- $(g_i)_{int}$  – Fator solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado interior;
- $(g_i)_{enu}$  – Fator solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado do espaço não útil.

O fator de obstrução da superfície,  $F_{S,inj}$ , segundo o Despacho nº 15793-K/2013, representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por obstáculos como obstruções exteriores ao edifício (outros edifícios, orografia, vegetação, etc.) ou obstruções criadas por elementos do edifício (palas, varandas, etc.).

O valor do fator de obstrução calcula-se através da expressão:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (29)$$

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, outros corpos ou partes de um edifício.

Os valores dos fatores de sombreamento horizonte,  $F_h$ , por elementos horizontais,  $F_o$ , e por elementos verticais,  $F_f$ , na estação de aquecimento encontram-se na Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32.

De forma a contabilizar o efeito de sombreamento do contorno do vão:

$$F_o \times F_f \leq 0,9, \quad (30)$$

E terá sempre que obedecer à seguinte regra:

$$X_j \times F_h \times F_o \times F_f \geq 0,27 \quad (31)$$

Ou seja:

$$X_j \times F_{s,i,n,j} \geq 0,27 \quad (32)$$

No caso de não ser possível cumprir o estabelecido nas expressões 30 e 31, a que irá prevalecer será a 31.

Tabela 30 – Valores do fator de sombreamento do horizonte para a estação de aquecimento (Despacho n° 15793-K/2013)

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

Tabela 31 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento (Despacho n.º 15793-K/2013)

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

Tabela 32 – Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento (Despacho n.º 15793-K/2013)

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

Por forma a poder quantificar a percentagem de ganhos que efetivamente vão ser utilizados, é necessário determinar o fator de utilização dos ganhos térmicos,  $\eta_i$ , através de uma das seguintes expressões:

$$\text{- se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0, \text{ então } \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}; \quad (33)$$

$$\text{- se } \gamma = 1, \text{ então } \eta = \frac{a}{a+1}; \quad (34)$$

$$\text{- se } \gamma < 0, \text{ então } \eta = \frac{1}{\gamma} \quad (35)$$

Em que  $a$  corresponde ao parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica e toma o valor de 1,8, 2,6 ou 4,2, no caso de edifícios com inércia térmica fraca, média ou forte, respetivamente.

Para determinar o parâmetro  $\gamma$  utiliza-se a expressão:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve}) \quad (36)$$

Em que:

- $Q_g$  – Ganhos térmicos brutos na estação em estudo;
- $Q_{tr}$  – Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios;
- $Q_{ve}$  – Transferência de calor por ventilação.

#### 2.3.4.4 Inércia Térmica

A inércia térmica de uma fração autónoma é função da sua capacidade de armazenamento de calor e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos de construção,  $M_{si}$ .

Assim, a massa superficial útil de cada elemento depende da sua localização no edifício, da sua constituição e do posicionamento do isolamento térmico.

Para determinar a classe de inércia térmica do edifício, utiliza-se a Tabela 33, e depende do valor da massa superficial útil por superfície de área do pavimento,  $I_t$ .

Desta forma,  $I_t$  calcula-se utilizando a seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (37)$$

Em que:

- $M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento,  $i$ , em  $\text{kg/m}^2$ ;
- $r_i$  – Fator de redução da massa superficial útil do elemento,  $i$ ;
- $S_i$  – Área da superfície interior do elemento,  $i$ , em  $\text{m}^2$ ;
- $A_p$  – Área interior útil de pavimento, em  $\text{m}^2$ .

Tabela 33 – Classes de inércia térmica interior (Despacho nº 15793-K/2013)

Classe de inércia térmica	$I_t$ [ $\text{kg/m}^2$ ]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t < 400$
Forte	$I_t > 400$

A massa superficial útil depende do elemento em estudo e existem três tipos de elementos:

- EL1 – Elementos da envolvente exterior, elementos em contacto com outra fração, com espaços não úteis ou com um edifício adjacente;
- EL2 – Elementos em contacto com o solo;
- EL3 – Elementos de compartimentação interior da fração.

No caso de elementos EL1, o valor de  $M_{si}$  determina-se de acordo com a Tabela 34.

Tabela 34 – Massa superficial útil do elemento, EL1 e respetivo valor limite

Constituição do elemento construtivo		$M_{si}$ ( $kg/m^2$ )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico	Sem caixa-de-ar	$mt/2$	150 $kg/m^2$
	Com caixa-de-ar	$mpi$	
Com isolamento térmico	-	$mi$	
	Com caixa-de-ar entre o isolante e a face interior	$mpi$	

No caso de elementos EL2, o valor de  $M_{si}$  determina-se de acordo com a Tabela 35.

Tabela 35 - Massa superficial útil do elemento, EL2 e respetivo valor limite

Constituição do elemento construtivo	$M_{si}$ ( $kg/m^2$ )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico	150	150 $kg/m^2$
Com isolamento térmico	$mi$	

No caso de elementos EL3, o valor de  $M_{si}$  nunca poderá ser superior a 300  $kg/m^2$ , sendo que:

Tabela 36 - Massa superficial útil do elemento, EL3 e respetivo valor limite

Constituição do elemento construtivo	$M_{si}$ ( $kg/m^2$ )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico	$mt$	300 $kg/m^2$
Com isolamento térmico	$\sum mi^*$	

\*neste caso o valor de  $M_{si}$  deve ser avaliado de forma isolada em cada um dos lados da camada de isolamento.

Assim:

- mt corresponde à massa total do elemento;
- mpi corresponde à massa do elemento desde a caixa-de-ar até à face interior;
- mi corresponde à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior.

O fator de redução da massa superficial, r, depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, incluindo a resistência térmica de uma eventual caixa-de-ar associada, R. Assim, para determinar o fator de redução utilizam-se as seguintes regras:

Para elementos EL1 e EL2:

Tabela 37 – Fator de redução dos elementos EL1 e EL2

Elementos EL1 e EL2	
Resistência térmica do revestimento superficial interior $R$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	Fator de redução $r$
$> 0,3$	0
$0,14 \leq R \leq 0,3$	0,5
$< 0,14$	1

Para elementos EL3:

Tabela 38- Fator de redução dos elementos EL3

Elementos EL3		
Resistência térmica do revestimento superficial interior $R$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )		Fator de redução $r$
Numa das faces	Noutra face	
$> 0,3$	$> 0,3$	0
$> 0,3$	$0,14 \leq R \leq 0,3$	0,25
$> 0,3$	$< 0,14$	0,5
$0,14 \leq R \leq 0,3$	$0,14 \leq R \leq 0,3$	0,5
$0,14 \leq R \leq 0,3$	$< 0,14$	0,75
$< 0,14$	$< 0,14$	1

#### 2.3.4.5 Valor limite das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil

Após todas estas regras e metodologias já é possível determinar o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento,  $N_{ic}$ .

De seguida é necessário fazer a verificação regulamentar, determinando o valor limite das necessidades de aquecimento,  $N_i$ . A metodologia para determinar  $N_i$  encontra-se na Portaria nº 348-B/2013.

Assim,  $N_i$  determina-se utilizando a seguinte expressão:

$$N_i = (Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref})/A_p \quad [kWh/m^2 \cdot ano] \quad (38)$$

Em que:

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

Para determinar o valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente,  $Q_{tr,i,ref}$ , considera-se:

- O coeficiente de transmissão térmica superficial de referência,  $U_{ref}$ , para elementos opacos e envidraçados previstos na tabela 45. Estes valores tabelados dependem do tipo de elemento e da zona climática;
- O coeficiente de transmissão térmica linear,  $\psi_{ref}$ , de acordo com a tabela 46, dependendo do tipo de ligação entre elementos da envolvente do edifício;
- A área de vãos envidraçados ate 20% da área interior útil de pavimento, sendo que a área excedente é somada à área da envolvente opaca exterior.

O valor de referência da transferência de calor por ventilação através da envolvente,  $Q_{ve,i,ref}$ , deve determinar-se considerando a taxa de renovação de ar de referência igual à taxa de renovação do edifício em estudo, não podendo este valor ser superior a 0,6 renovações por hora.

Os ganhos de calor úteis de referência,  $Q_{gu,i,ref}$ , calculam-se considerando:

$$- Q_{Sol,i} = G_{sul} \times 0,182 \times 0,20 \cdot A_p \quad (39)$$

$$- \eta_{i,ref} = 0,6 \quad (40)$$

Tabela 39 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados (Portaria n°349-B/2013)

[W/(m2. °C)]		Zona Climática					
		Portugal Continental					
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas btr >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	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
Com coeficiente de redução de perdas btr ≤0.7	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uw)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		
Zona corrente da envolvente:		Regiões Autónomas					
		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas btr >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 btr ≤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) (Uw)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Tabela 40 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência (Portaria nº349-B/2013)

Tipo de ligação	[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 Fachada com varanda	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

### 2.3.5 COMPORTAMENTO TÉRMICO NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento,  $N_{vc}$ , é necessário aplicar a metodologia definida no Despacho nº 15793-I/2013.

Assim, para determinar  $N_{vc}$  utiliza-se a seguinte expressão:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v)Q_{g,v}/A_p \quad [\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (41)$$

Em que:

- $\eta_v$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;
- $Q_{g,v}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento;

Os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento correspondem ao somatório dos ganhos por transferência de calor por transmissão, os ganhos devido à radiação solar, ganhos devido à renovação do ar e ganhos internos de calor.

#### 2.3.5.1 Transferência de calor por transmissão

A transferência de calor por transmissão que ocorre através da envolvente calcula-se de acordo com a expressão:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (42)$$

Em que:

- $H_{tr,v}$  – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento;
- $\theta_{v,ext}$  – Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento.

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento,  $H_{tr,v}$ , está definido pela expressão seguinte, de acordo com o Despacho nº 15793-K/2013:

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} \quad (43)$$

Em que:

- $H_{ext}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior;
- $H_{enu}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis;
- $H_{ecs}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o solo.

É de salientar que nesta estação não são contabilizadas as trocas de calor através dos elementos em contacto com edifícios adjacentes.

Os coeficientes de transferência de calor referidos anteriormente encontram-se definidos no capítulo anterior “Comportamento Térmico na Estação de Aquecimento”.

### 2.3.5.2 Transferência de calor devido à renovação do ar interior

A transferência de calor devido à renovação de ar interior na estação de arrefecimento,  $Q_{ve,v}$ , determina-se pela expressão:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad (44)$$

Em que  $H_{ve,v}$  corresponde ao coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento.

Para calcular o coeficiente global de transferência de calor por ventilação utiliza-se a expressão seguinte, que se encontra definida no Despacho nº 15793-K/2013:

$$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d \quad [W/^\circ C] \quad (45)$$

Em que  $R_{ph}$  representa a taxa nominal horária de renovação do ar interior;

No caso de ventilação com recuperador de calor a transferência de calor por renovação de ar é calculada pela expressão:

$$Q_{ve,v} = b_{ve,v} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad [kWh] \quad (46)$$

Em que  $b_{ve,v}$  corresponde ao fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor.

Para determinar o fator de correção da temperatura utiliza-se a expressão:

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} \times \frac{V_{ins}}{R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (47)$$

Em que:

- $\eta_{RC}$  – Rendimento do sistema de recuperação de calor;
- $V_{ins}$  – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor.

### 2.3.5.3 Ganhos térmicos

Os ganhos térmicos internos, devido aos ocupantes, equipamentos e dispositivos de iluminação calculam-se através da expressão:

$$Q_{int,v} = 4 \cdot A_p \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (48)$$

Os ganhos solares na estação de arrefecimento, que resultam da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada, calculam-se através da expressão:

$$Q_{sol,v} = \sum_j [I_{solj} \cdot \sum_n F_{s,v,nj} \cdot A_{s,v,nj}] \quad [\text{kWh}] \quad (49)$$

Em que:

- $I_{solj}$  – Energia solar média incidente numa superfície com orientação  $j$  durante a estação de arrefecimento;
- $F_{s,v,nj}$  – Fator de obstrução da superfície do elemento  $n$ , com a orientação  $j$ ;
- $A_{s,v,nj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento  $n$  com orientação  $j$ ;
- $j$  – Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;
- $n$  – Índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com orientação  $j$ .

Para determinar a área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado utiliza-se a expressão:

$$A_{s,v,nj} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \quad [\text{m}^2] \quad (50)$$

Em que:

- $A_w$  – Área total do vão envidraçado, incluindo vidro e caixilho;
- $F_g$  – Fração envidraçada do vão envidraçado;
- $g_v$  – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

O fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento determina-se através da expressão, de acordo com o Despacho nº 15793-K/2013:

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{Tp} \quad (51)$$

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.

Na ausência de dispositivos de proteção solar fixos:

$$g_{Tp} = F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (52)$$

A fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram totalmente ativados,  $F_{mv}$ , determina-se de acordo com a Tabela 41 e depende da orientação do vão.

Tabela 41 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados (Despacho n° 15793-K/2013)

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

O fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento,  $F_{w,v}$ , depende da orientação do vão e do tipo de vidro e encontra-se tabelado na Tabela 42.

Tabela 42 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento (Despacho n° 15793-K/2013)

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

No caso de vãos envidraçados interiores, adjacentes a espaços não úteis a área efetiva coletora deve determinar-se através da expressão:

$$A_{s,v_{nj}} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (g_v)_{int} \cdot (g_v)_{enu} \quad [m^2] \quad (53)$$

Em que:

- $(A_w)_{int}$  – Área total do vão envidraçado interior;
- $(F_g)_{int}$  – 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.

Nos casos de envolvente opaca exterior, a área efetiva coletora de radiação solar do elemento, determina-se através da expressão:

$$A_{s,vnj} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad [m^2] \quad (54)$$

Em que:

- $\alpha$  – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;
- $U$  – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca;
- $A_{op}$  – Área do elemento da envolvente opaca exterior;
- $R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior igual a  $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Os valores do coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca,  $\alpha$ , encontram-se na Tabela 11 do capítulo “Requisitos da Qualidade Térmica”.

No caso de sistemas ventilados em paredes, deve ter-se em conta o fator que exprime o efeito da emissividade das faces interiores do revestimento e do grau de ventilação da caixa-de-ar, para além do coeficiente de absorção. A Tabela 43 apresenta os valores deste fator.

Tabela 43 – Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do paramento exterior da fachada (Despacho n.º 15793-K/2013)

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

No caso de coberturas em desvão, deve ter-se em conta o fator mencionado anteriormente. Os valores deste fator encontram-se na Tabela 44 e dependem do tipo de desvão e do nível de emissividade.

Tabela 44 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção exterior (Despacho n.º 15793-K/2013)

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

O fator de obstrução da superfície do elemento em estudo determina-se, de acordo com o Despacho n.º 15793-K/2013, através da expressão:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (55)$$

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;
- $F_f$  - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado.

O fator de sombreamento do horizonte,  $F_h$ , na estação de arrefecimento tem valor igual a 1.

Os valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais,  $F_o$ , e verticais,  $F_f$ , na estação de arrefecimento encontram-se na Tabela 12 e Tabela 13, respetivamente, do capítulo “Requisitos da Qualidade Térmica”.

De forma a contabilizar o efeito de sombreamento do contorno do vão,  $F_o \times F_f$  tem que ser igual ou inferior a 0,9.

No caso de vãos envidraçados interiores, admite-se que os elementos opacos dos espaços não úteis não causam sombreamento nestes. Assim, admite-se que o parâmetro  $F_{s,v}$  é igual a 1. A determinação deste parâmetro para a envolvente opaca exterior é opcional.

O fator de utilização de ganhos,  $\eta$ , calcula-se da mesma forma para as estações de aquecimento e arrefecimento. Assim,  $\eta_v$  determina-se através das mesmas expressões de  $\eta_i$  apresentadas no capítulo “Comportamento Térmico na Estação de Aquecimento”.

#### 2.3.5.4 Valor limite das necessidades de arrefecimento

Após esta metodologia estamos aptos a determinar o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento,  $N_{vc}$ .

Depois de se determinar  $N_{vc}$  é necessário fazer a verificação regulamentar, determinado o valor limite das necessidades de arrefecimento,  $N_v$ . A metodologia para determinar  $N_v$  encontra-se na Portaria nº 349-B/2013 e para a calcular é utilizada a seguinte expressão:

$$N_v = (1 - \eta_{v_{ref}}) \cdot Q_{g,v_{ref}} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (56)$$

Em que:

- $\eta_{v_{ref}}$  - Fator de utilização de ganhos de referência;
- $Q_{g,v_{ref}}$  - Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento;

O fator de utilização de ganhos de referência determina-se através da expressão:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,52 + 0,22 \cdot \ln \Delta\theta \\ 0,45 \\ 0,30 \end{array} \middle| \begin{array}{l} \Delta\theta > 1 \\ 0 < \Delta\theta \leq 1 \\ \Delta\theta \leq 0 \end{array} \right\} \quad \text{e} \quad \Delta\theta = \theta_{\text{ref,v}} - \theta_{\text{ext,v}} \quad (57)$$

Os ganhos térmicos de referência são dados pela expressão:

$$Q_{g,v,\text{ref}}/A_p = 4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,2 \times I_{\text{sol,ref}} \quad \text{kWh/m}^2 \quad (58)$$

Em que  $I_{\text{sol,ref}}$  representa a radiação solar média de referência, que corresponde à radiação incidente numa superfície orientada a oeste.

### 2.3.6 NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

A energia útil necessária para a preparação de águas quentes sanitárias anuais é calculada de acordo com a expressão:

$$Q_a = (M_{\text{AQS}} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600000 \quad \text{[kWh/ano]} \quad (59)$$

Em que:

- $M_{\text{AQS}}$  – Consumo médio diário de AQS de referência, em l/ocupante.dia;
- $\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS, com valor de 35°C;
- $n_d$  – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais, que toma o valor de 365 dias.

Assim:

$$Q_a = (M_{\text{AQS}} \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000 \quad (60)$$

O consumo médio diário de AQS de referência, nos edifícios de habitação, determina-se através da expressão:

$$M_{\text{AQS}} = 40 \cdot n \cdot f_{\text{eh}} \quad \text{[litros]} \quad (61)$$

Em que:

- $n$  – Número convencional de ocupantes por fração autónoma, definido em função da tipologia, em que se consideram 2 ocupantes para tipologia T0 e  $n+1$  para tipologias do tipo Tn com  $n > 0$ ;
- $f_{\text{eh}}$  - Fator de eficiência hídrica.

O fator de eficiência hídrica,  $f_{eh}$ , é aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo igual ou superior a A,  $f_{eh} = 0,9$  e para os restantes casos  $f_{eh} = 1$ .

### 2.3.7 NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA

As necessidades nominais de energia primária,  $N_{tc}$ , de um edifício de habitação, resultam do somatório das necessidades nominais de energia primária para a estação de aquecimento,  $N_{ic}$ , arrefecimento,  $N_{vc}$ , produção de AQS,  $Q_a/A_p$ , e ventilação mecânica,  $W_{vm}/A_p$ , deduzindo eventuais contribuições de fontes de energia renovável,  $E_{ren,p}/A_p$ . Assim,  $N_{tc}$  determina-se de acordo com a expressão:

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad (62)$$

Em que:

- $f_{i,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento;
- $f_{v,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento;
- $\delta$  – Representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado e toma o valor de 1, à exceção do uso para arrefecimento que pode tomar o valor de 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência;
- $f_{a,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS;
- $W_{vm,j}$  – Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores;
- $E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de energia renovável, incluindo apenas energia consumida;
- $\eta_k$  – Eficiência do sistema, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que é usado o valor da eficiência do sistema de queima;
- $F_{pu,j}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária;
- $F_{pu,p}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária;
- $j$  – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;
- $p$  – Fontes de origem renovável.

A eficiência do sistema deve corresponder ao valor da eficiência do equipamento especificado na fase de projeto. Caso o sistema não seja especificado devem considerar-se as soluções indicadas na Tabela 45, de acordo com a Portaria nº 349-B/2013, para os diferentes tipos de sistemas.

Se o isolamento das tubagens de distribuição de AQS não for especificado, o sistema deve assegurar uma resistência térmica mínima de 0,25 m<sup>2</sup>.°C/W. Neste caso, o valor da eficiência do sistema deve ser multiplicado por 0,9.

Tabela 45 – Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação das necessidades de energia primária

Tipo de sistema	Soluções de referência
Sistemas para aquecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela 20 a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível.</li> <li>- 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 14, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.</li> <li>- 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).</li> </ul>
Sistemas para arrefecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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 14, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.</li> <li>- 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 14 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).</li> </ul>
Preparação de AQS	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na Tabela 20. 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.</li> <li>- 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.</li> <li>- 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.</li> <li>- Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.</li> </ul>

Se o edifício dispuser de sistemas de ventilação com funcionamento contínuo, o consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores,  $W_{vm}$ , deve ser determinado através da expressão:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (63)$$

Em que:

- $V_f$  – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador;
- $\Delta P$  – Diferença de pressão total do ventilador;
- $\eta_{tot}$  – Rendimento total de funcionamento do ventilador;
- $H_f$  – Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante um ano, que, por defeito, se considera um funcionamento de 24 horas por dia em que toma o valor de 8760 horas.

Caso não se conheçam os valores de  $\Delta P$  e  $\eta_{tot}$ , o consumo de energia pode ser calculado pela expressão:

$$W_{vm} = 0,3 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (64)$$

Nos sistemas híbridos e que não se conheça  $\Delta P$  e  $\eta_{tot}$ , utiliza-se a seguinte expressão para determinar  $W_{vm}$ :

$$W_{vm} = 0,03 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (65)$$

Se o ventilador for comum a varias frações autónomas, o valor total de  $W_{vm}$  deve ser dividido entre cada uma das frações de forma proporcional aos caudais de ar nominais,  $V_f$ , correspondentes a cada fração.

A energia renovável definida como padrão é a referente aos coletores solares, mas podem ser considerados outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis, tais como, sistemas eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica, aerotérmica e geotérmica.

O valor das necessidades nominais de energia primária,  $N_{tc}$ , não pode ser superior ao valor máximo das necessidades de energia primária,  $N_t$ .

Para determinar  $N_t$  utiliza-se a expressão, de acordo com a Portaria nº 349-B/2013:

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad [\text{kWh}_{EP} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (66)$$

Em que:

- $f_{i,k}$  – 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 e arrefecimento ambiente e preparação AQS;
- j – Fonte de energia;

Projeto de Térmica: Aplicação do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Novos

-  $F_{pu,j}$  – Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistema de referência utilizado, kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano.



### 3 Caso de Estudo – Aplicação da Legislação a um Edifício de Habitação

Neste capítulo será feita inicialmente uma breve descrição do edifício em estudo. De seguida serão apresentados os resultados obtidos para este edifício através das expressões numéricas e através das folhas de cálculo fornecidas pelo ITEcons, para o edifício a ser construído no município de Lajes do Pico (Região Autónoma dos Açores), na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>, bem como os valores que resultam do mesmo edifício, mas admitindo que tem as soluções de referência definidos pelo presente regulamento, de forma a poder comparar o edifício original com um “edifício padrão”. Numa última fase, serão feitas simulações para várias zonas climáticas, bem como as alterações necessárias a fazer caso não se cumpram os valores máximos das necessidades de inverno, verão e de energia primária.

Os locais para este estudo foram escolhidos de acordo com a altitude média do município. A zona climática foi determinada a partir desta altura média. No Anexo B encontram-se as tabelas com os vários municípios, as altitudes médias do local, bem como a respetiva zona climática de inverno e verão. Está também nesse anexo uma tabela com as altitudes médias, máximas e mínimas de cada município que foram fornecidas pelo Engenheiro Pestana.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em análise é uma habitação unifamiliar de tipologia T4. Esta habitação desenvolve-se em piso térreo e primeiro andar e é constituída por: garagem, casa de banho, lavandaria, cozinha e sala no piso térreo e quatro quartos, quatro casas de banho e um escritório no primeiro piso. A fachada principal do edifício será orientada a Sudoeste. Para aquecimento e arrefecimento ambiente foi definido um sistema de aquecimento central Multi-split e para aquecimento de AQS foi considerado um coletor solar térmico com apoio de uma caldeira a gás. As plantas do piso térreo e primeiro piso e o alçado principal estão representados nas figuras Figura 5, Figura 6 e Figura 7.

Figura 5 - Planta do piso térreo

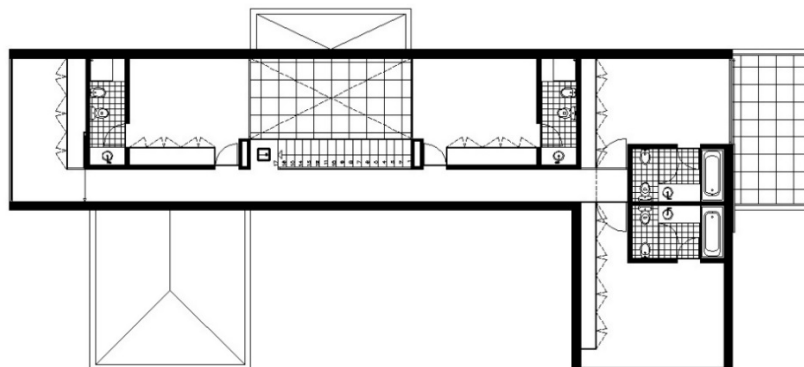


Figura 6 – Planta do primeiro piso

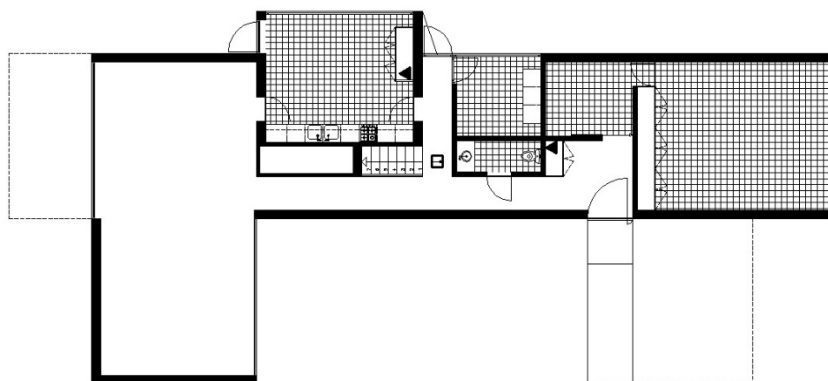
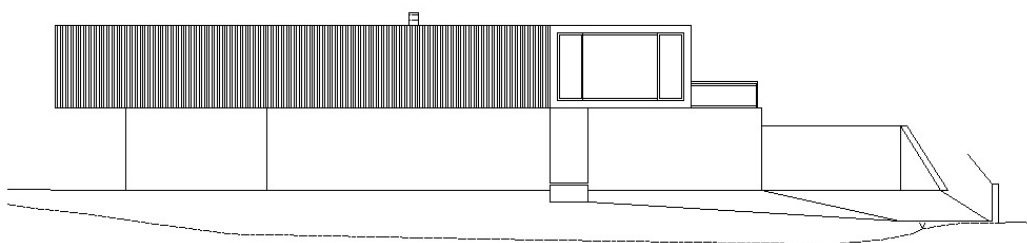


Figura 7 – Alçado principal



### 3.2 DADOS CLIMÁTICOS

Admitiu-se que o edifício inicialmente se situava no Município de Lajes do Pico, situado na região NUTS III Região Autónoma dos Açores, a uma altitude de 409m. A altitude deste local foi arbitrada de acordo com a altitude média do município de lajes do pico.

$$z = 409m = 0,409 Km$$

$$z_{ref} = 10m = 0,010Km$$

Para determinar os dados climáticos é utilizada a seguinte expressão para cada parâmetro, tendo em conta a altura de referência, o valor de referência do parâmetro e o declive. Estes dados encontram-se definidos no Despacho nº 15793 F/2013.

$$X = X_{REF} + a. (Z - Z_{REF})$$

### 3.2.1 DADOS CLIMÁTICOS DA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO:

Os dados necessários para o estudo da estação de aquecimento são:

Duração da estação de aquecimento:

$$M_{ref} = 2,9 \text{ meses}$$

$$a = 1 \text{ mês/Km}$$

$$M = 2,9 + 1 \times (0,409 - 0,010) = 3,3 \text{ meses}$$

Número de graus-dias de aquecimento:

$$GD_{ref} = 604^\circ\text{C}$$

$$a = 1^\circ\text{C/Km}$$

$$GD = 604 + 1500 \times (0,409 - 0,010) = 1202,5^\circ\text{C}$$

Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul:

$$G_{sul} = 110 \text{ kWh/m}^2$$

Definição da zona climática de aquecimento:

$$GD = 1202,5^\circ\text{C} < 1300^\circ\text{C} \quad \text{Zona } I_1$$

Sendo o número de graus-dias inferior a 1300°C a zona climática é  $I_1$ .

### 3.2.2 DADOS CLIMÁTICOS DA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO:

Os dados necessários para o estudo da estação de arrefecimento são:

Temperatura exterior média da estação de arrefecimento:

$$\theta_{ext,v,ref} = 21,3^\circ\text{C}$$

$$a = -6^\circ\text{C/Km}$$

$$\theta_{ext,v} = 21,3 + (-6) \times (0,409 - 0,010) = 18,91^\circ\text{C}$$

Energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento:

Tabela 46 – Energia solar acumulada na estação de arrefecimento nas várias orientações

	O	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
$I_{sol}$ (kWh/m <sup>2</sup> )	640	195	285	375	375	235	375	375	285

Definição da zona climática de arrefecimento:

$$\theta_{ext,v} = 18,91 \text{ °C} < 20 \text{ °C} \quad \text{Zona } V_1$$

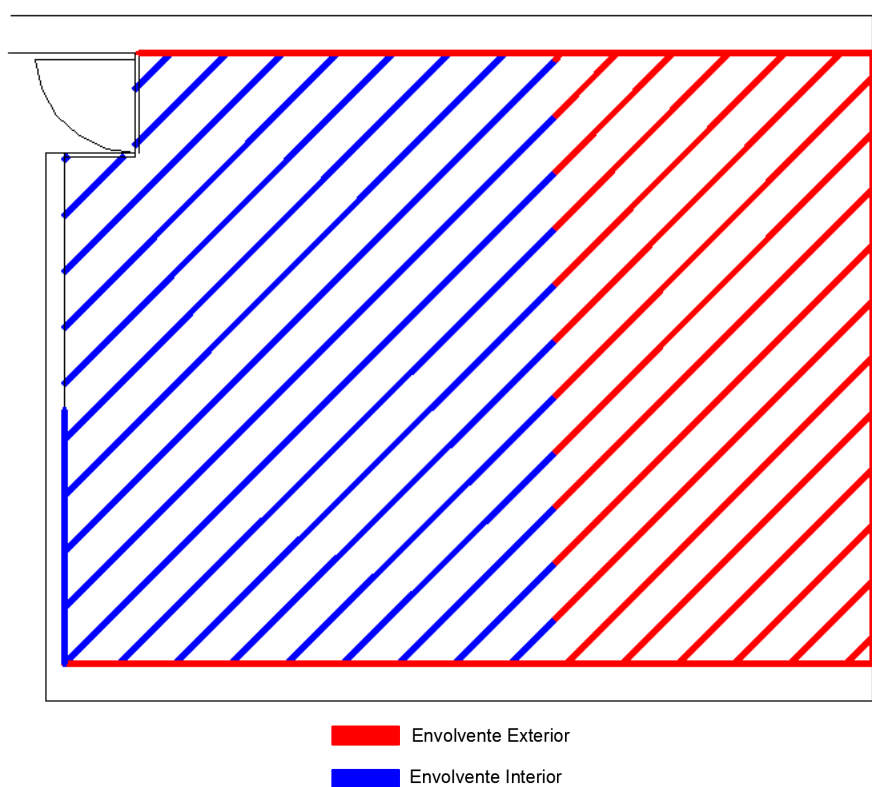
Sendo a temperatura exterior média inferior a 20°C, a zona climática é V<sub>1</sub>.

### 3.3 DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE

Na habitação em estudo são considerados como espaços não úteis a Garagem, os Arrumos e a Lavandaria como se pode verificar nas figuras e parágrafos seguintes.

Para a garagem os elementos considerados para a quantificação das áreas  $A_i$  e  $A_u$  estão representados na Figura 8.

Figura 8 – Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Garagem)



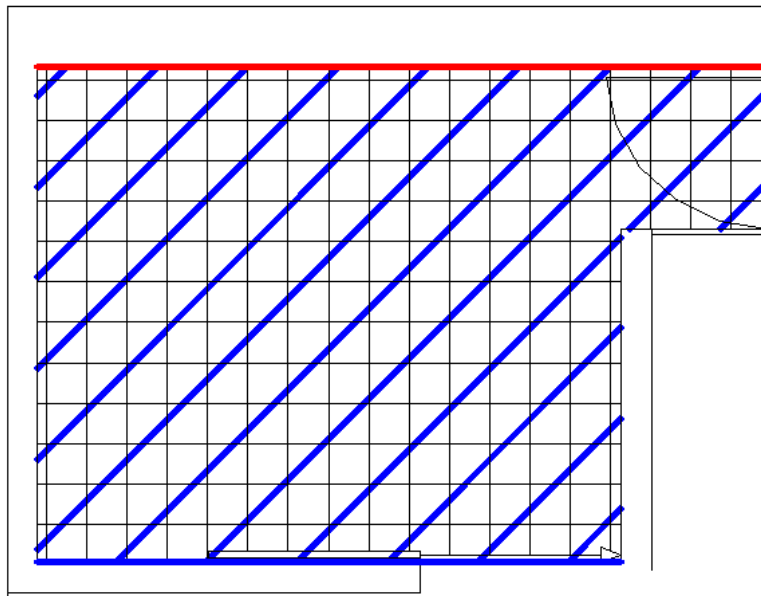
$$A_i = (5,90 - 2,55) \times 4,90 + (4,90 - 2,45) \times 2,5 = 22,54 \text{ m}^2$$
$$A_u = (5,90 \times 2,5) \times 2 + (4,90 \times 2,50) + (2,55 \times 4,90) = 54,25 \text{ m}^2$$
$$V_{enu} = 5,90 \times 4,90 \times 2,5 = 72,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Com ventilação (F)} \rightarrow \begin{cases} A_i/A_u = 22,54/54,75 = 0,412 < 0,5 \\ V_{enu} = 72,28 \text{ m}^3 > 50 \text{ m}^3 \text{ e } < 200 \text{ m}^3 \end{cases} \rightarrow \mathbf{b_{tr} = 1,0}$$

As paredes que separam a garagem do espaço útil da fração definem-se como Envoltente Interior com Requisitos de Exterior, pois o valor do coeficiente da redução de temperatura é superior a 0,7.

Para os arrumos os elementos considerados na quantificação da área  $A_i$  e da área  $A_u$  são referenciados na Figura 9.

Figura 9 - Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Arrumos)



■ Envoltente Exterior

■ Envoltente Interior

$$A_i = 7,68 + 2,9 \times 2,5 = 14,93 \text{ m}^2$$

$$A_u = 3,6 \times 2,5 = 9,00 \text{ m}^2$$

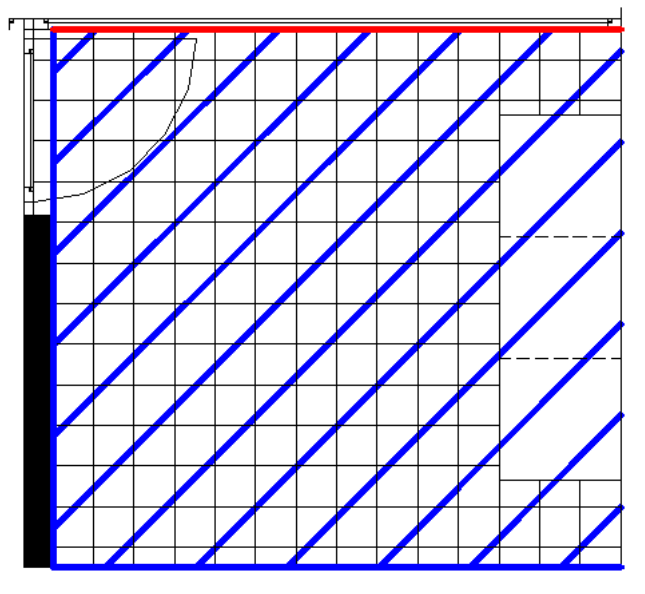
$$V_{enu} = 7,68 \times 2,5 = 19,20 \text{ m}^3$$

$$\text{Com ventilação (F)} \rightarrow \begin{cases} A_i/A_u = 14,93/9,00 = 1,66 > 1 \text{ e } < 2 \\ V_{enu} = 19,20 \text{ m}^3 < 50 \text{ m}^3 \end{cases} \rightarrow \mathbf{b_{tr} = 0,8}$$

As paredes que dividem os arrumos do espaço útil da habitação definem-se como Envoltente Interior com Requisitos de Exterior, pois o valor do coeficiente da redução de temperatura é superior a 0,7.

Na lavandaria os elementos considerados na quantificação da área  $A_i$  e da área  $A_u$  são referenciados na Figura 10.

Figura 10 - Envoltente interior e exterior do espaço não útil (Lavandaria)



- Envoltente Exterior
- Envoltente Interior

$$A_i = 2,65 \times 2,5 + 2,90 \times 2,5 + 2,65 \times 2,90 = 21,56 \text{ m}^2$$

$$A_u = 2,90 \times 2,5 = 7,25 \text{ m}^2$$

$$V_{enu} = 2,65 \times 2,90 \times 2,5 = 19,21 \text{ m}^3$$

$$\text{Com ventilação (F)} \rightarrow \begin{cases} A_i/A_u = 21,56/7,25 = 2,97 > 2 \text{ e } < 4 \\ V_{enu} = 19,21 \text{ m}^3 < 50 \text{ m}^3 \end{cases} \rightarrow \mathbf{b_{tr} = 0,7}$$

As paredes que dividem a lavandaria do espaço útil da habitação definem-se como Envoltente Interior com Requisitos de Interior, pois o valor do coeficiente da redução de temperatura é igual a 0,7.

Assim, podemos representar as diferentes envoltentes desta fração autónoma nas plantas e cortes que estão na Figura 11 e Figura 12.

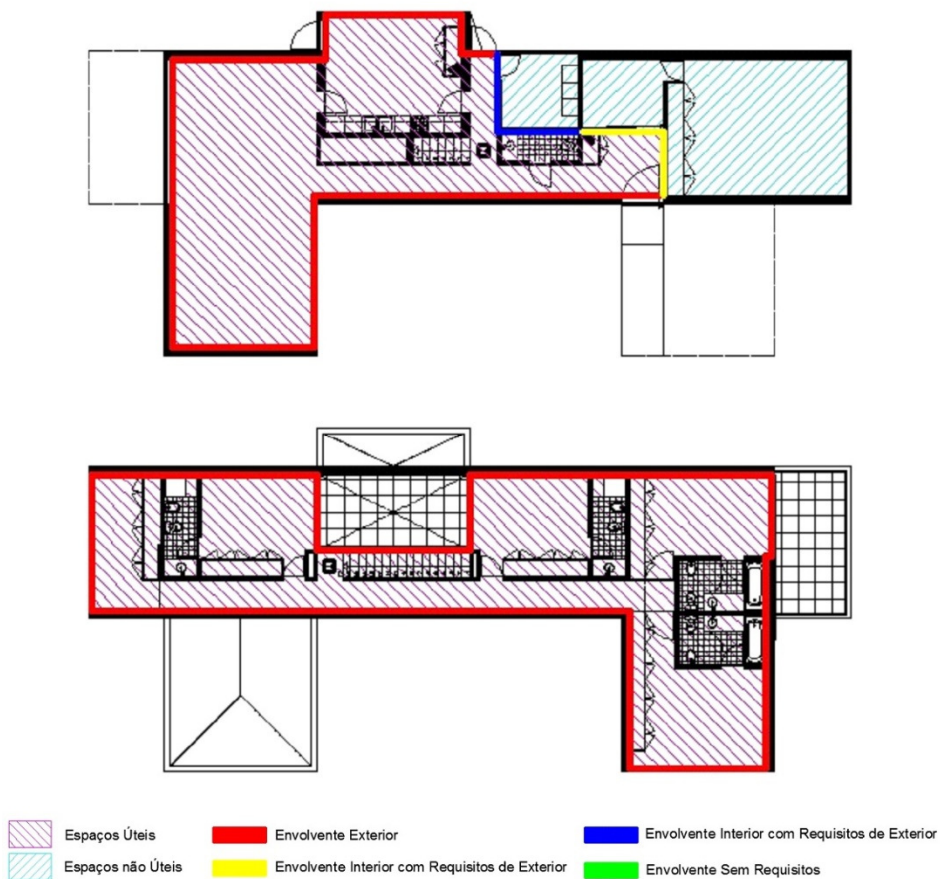


Figura 11 – Plantas do piso térreo e andar com definição das envolventes

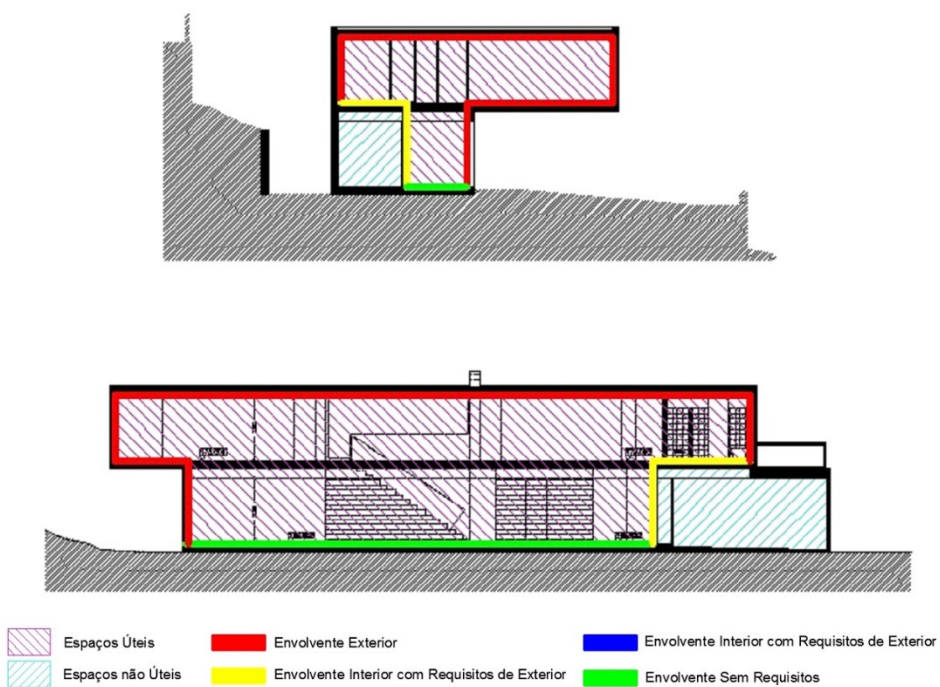


Figura 12 – Cortes com definição das envolventes

### 3.4 REQUISITOS DE QUALIDADE TÉRMICA

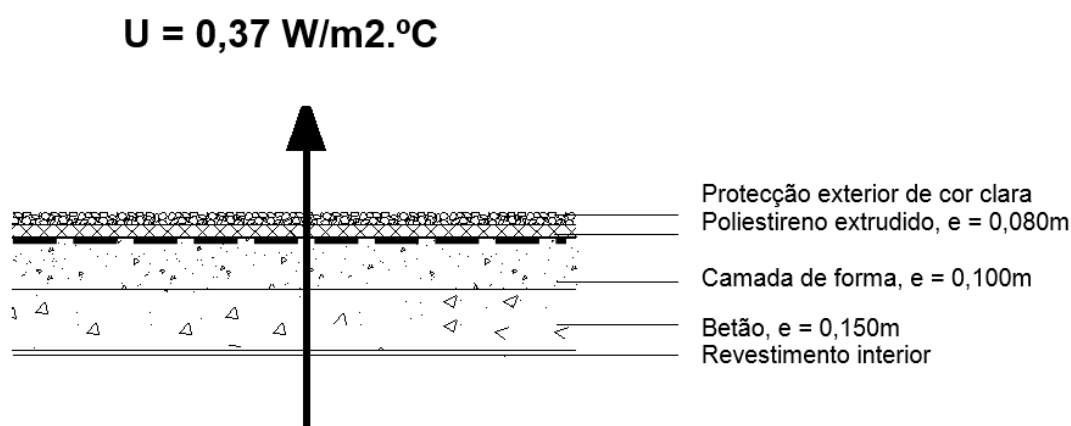
#### 3.4.1 ENVOLVENTE OPACA EM ZONA CORRENTE:

Para a verificação dos requisitos de qualidade térmica foram quantificados os coeficientes de transmissão térmica referentes aos elementos da envolvente em zona corrente.

##### Cobertura:

- Protecção exterior da cobertura de cor clara;
- Isolamento térmico – poliestireno expandido extrudido ( $e = 0,080\text{m}$ ;  $\lambda = 0,037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Feltro geotêxtil;
- Tela de impermeabilização;
- Camada de forma em betão leve ( $e = 0,100\text{m}$ ;  $\lambda = 0,33 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Laje maciça de betão ( $e = 0,150\text{m}$ ;  $\lambda = 2,0 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Revestimento interior.

Figura 13 – Solução construtiva da cobertura



Inverno (ascendente):

$$R = 0,04 + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,10}{0,33} + \frac{0,15}{2} + 0,10 = 2,67$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{2,67} = 0,37 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U_{max} = 1,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U < U_{max}, \text{ Verifica!}$$

Verão (descendente):

$$R = 0,04 + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,10}{0,33} + \frac{0,15}{2} + 0,17 = 2,73$$

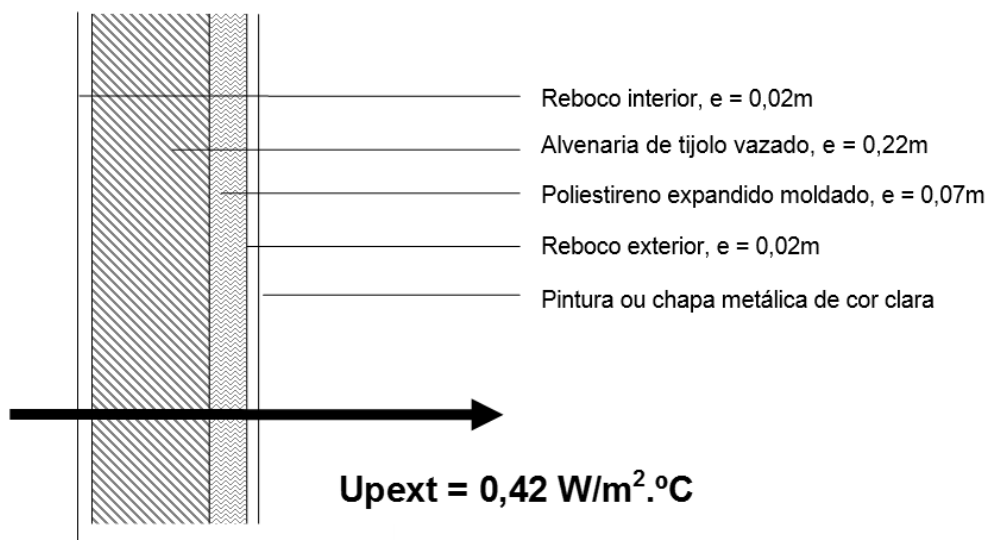
$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{2,73} = 0,36 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Os valores de  $U_{m\acute{a}x}$  encontram-se definidos na Tabela 7 da metodologia de cálculo no capítulo anterior.

Paredes exteriores:

- Revestimento exterior: Pintura de cor clara ou chapa metálica cor clara;
- Reboco exterior (e = 0,02m;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Poliestireno expandido moldado (e = 0,07m;  $\lambda = 0,042 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Alvenaria de tijolo vazado (e = 0,22m; R = 0,52 m. $^\circ\text{C/W}$ );
- Reboco interior (e = 0,02m;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ).

Figura 14 - Solução construtiva das paredes exteriores



$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,30} + \frac{0,07}{0,042} + 0,52 + \frac{0,02}{1,30} + 0,04 = 2,39$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{2,39} = 0,42 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U_{max} = 1,75 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

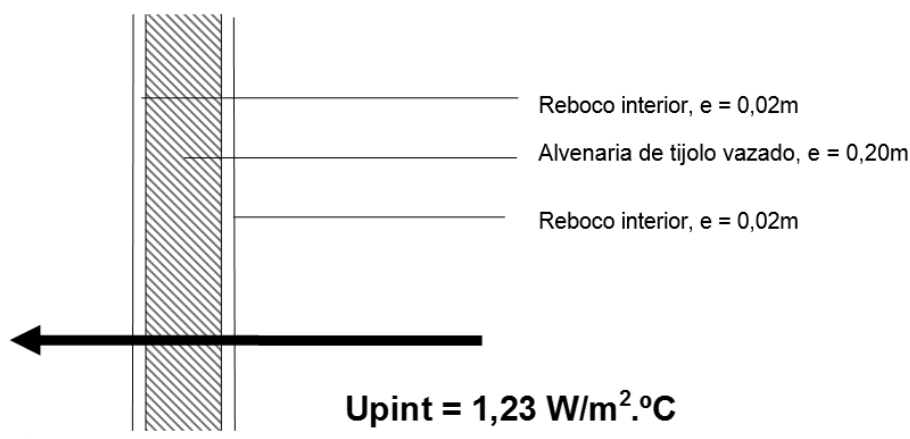
$$U < U_{max}, \text{ Verifica!}$$

Os valores de  $U_{m\acute{a}x}$  encontram-se definidos na Tabela 7 da metodologia de cálculo no capítulo anterior.

Parede para espaços não úteis:

- Reboco interior ( $e = 0,02\text{m}$ ;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Alvenaria de tijolo vazado ( $e = 0,2\text{m}$ ;  $R = 0,52 \text{ m} \cdot ^\circ\text{C/W}$ );
- Reboco interior ( $e = 0,02\text{m}$ ;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ).

Figura 15 - Solução construtiva das paredes interiores



$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,30} + 0,52 + \frac{0,02}{1,30} + 0,13 = 0,81$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{max}} = \begin{cases} 1,25 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} & (b_{\text{tr}} > 0,7) \\ 1,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} & (b_{\text{tr}} \leq 0,7) \end{cases}$$

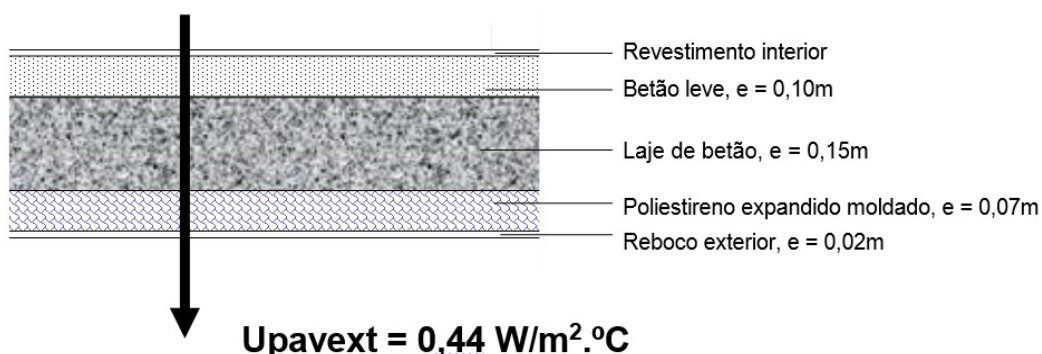
$$U < U_{\text{max}}, \text{ Verifica!}$$

Os valores de  $U_{\text{máx}}$  encontram-se definidos na Tabela 7 da metodologia de cálculo no capítulo anterior.

Pavimento sobre o exterior:

- Revestimento exterior: pintura de cor clara;
- Reboco exterior ( $e = 0,02\text{m}$ ;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Poliestireno expandido moldado ( $e = 0,07\text{m}$ ;  $\lambda = 0,042 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Laje maciça de betão ( $e = 0,15\text{m}$ ;  $\lambda = 2,0 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Camada de regularização em betão leve ( $e = 0,10\text{m}$ ;  $\lambda = 0,33 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- Revestimento interior.

Figura 16 - Solução construtiva do pavimento sobre o exterior



$$R = 0,04 + \frac{0,02}{1,30} + \frac{0,07}{0,042} + \frac{0,15}{2,0} + \frac{0,10}{0,33} + 0,17 = 2,27$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{2,27} = 0,44 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U_{max} = 1,25 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

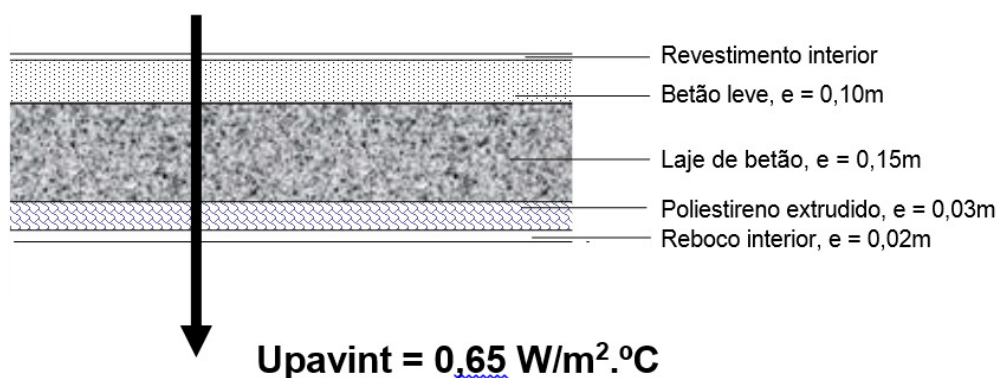
$$U < U_{max}, \text{ Verifica!}$$

Os valores de  $U_{m\acute{a}x}$  encontram-se definidos na Tabela 7 da metodologia de cálculo no capítulo anterior.

Pavimento sobre espaços não úteis:

- reboco interior (e = 0,02m;  $\lambda = 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- poliestireno expandido extrudido (e = 0,03m;  $\lambda = 0,037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- laje maciça de betão (e = 0,15m;  $\lambda = 2,0 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- camada de regularização em betão leve (e = 0,10m;  $\lambda = 0,33 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ );
- revestimento interior.

Figura 17 - Solução construtiva dos pavimentos sobre espaços não úteis



$$R = 0,17 + \frac{0,02}{1,30} + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,15}{2,0} + \frac{0,10}{0,33} + 0,17 = 1,54$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,54} = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$U_{max} = \begin{cases} 1,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} & (b_{tr} > 0,7) \\ 1,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} & (b_{tr} \leq 0,7) \end{cases}$$

$$U < U_{max}, \text{ Verifica!}$$

Os valores de  $U_{m\acute{a}x}$  encontram-se definidos na Tabela 7 da metodologia de cálculo no capítulo anterior. Na Tabela 47 – Quadro resumo dos requisitos da envolvente opaca estão apresentadas as verificações regulamentares.

Tabela 47 – Quadro resumo dos requisitos da envolvente opaca

Elemento	$U$ ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$ )	$U_{m\acute{a}x}$ ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$ )	Observações
Cobertura	0,37	1,25	Verifica
Paredes exteriores	0,42	1,75	Verifica
Paredes para espaços não úteis	1,23	1,25 ( $b_{tr} > 0,7$ ) 1,65 ( $b_{tr} \leq 0,7$ )	Verifica
Pavimento sobre o exterior	0,44	1,25	Verifica
Pavimento sobre espaços não úteis	0,65	1,25 ( $b_{tr} > 0,7$ ) 1,65 ( $b_{tr} \leq 0,7$ )	Verifica

### 3.4.2 ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados apresentam as seguintes características:

- Vidro duplo de 6mm+5mm;
- Caixilharia metálica com corte térmico e da classe de permeabilidade ao ar 3;
- Portada exterior de madeira de cor clara.

Para a verificação dos requisitos mínimos da qualidade é necessário comparar a área de envidraçados de cada compartimento com o valor de 15% da área do referido compartimento.

Tabela 48 – Áreas dos envidraçados

Compartimento	$A_{pav}$	15%. $A_{pav}$	Envidraçado		Observações
			Área	Orientação	
Cozinha	20,80	3,12	12,74	NE	Orientação dispensa verificação
Sala	54,60	8,18	15,08	NW	Orientação dispensa verificação
			13,52	SE	> 15%. $A_{pav}$
Escritório	9,80	1,47	12,74	NW	Orientação dispensa verificação
Quarto 1	12,90	1,94	6,87	SE	> 15%. $A_{pav}$
Quarto 2	13,35	2,00	6,87	NW	Orientação dispensa verificação
Quarto 3	14,30	2,15	7,67	SE	> 15%. $A_{pav}$
Quarto 4	18,25	2,74	12,74	SW	> 15%. $A_{pav}$
Corredor	25,90	3,89	13,75	NE	Orientação dispensa verificação

$$-g_{\perp vi} = 0,75$$

$$-g_{Tvc} = 0,03 \text{ (Portada exterior de madeira de cor clara)}$$

$$-g_{Tmax} = 0,56 \text{ (inércia forte)}$$

Tabela 49 – Verificações regulamentares dos envidraçados

Envidraçado	$A_{env}$	$A_{pav}$	$F_o$	$F_f$	$F_o \times F_f$	$F_o \times F_f \leq 0,9$	$F_o \times F_f \times g_{Tvc}$	$g_{Tmax} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)}$	Observações
Sala SE	13,52	54,60	1	0,77	0,77	0,77	0,02	0,34	Verifica
Quarto 1 SW	6,87	12,90	1	0,72	0,72	0,72	0,02	0,16	Verifica
Quarto 3 SE	7,67	14,30	1	1	1	0,9	0,03	0,16	Verifica
Quarto 4 SW	12,74	18,25	1	1	1	0,9	0,03	0,12	Verifica

### 3.5 CÁLCULOS EFETUADOS

#### 3.5.1 CÁLCULO PRÁTICO COM CÁLCULO ALGÉBRICO

##### 3.5.1.1 Comportamento térmico na estação de aquecimento

- Transferência de calor por transmissão:

O valor da transferência por transmissão ao longo desta estação é determinado pela seguinte fórmula:

Projeto de Térmica: Aplicação do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Novos

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}$$

$$GD = 1205,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} + H_{adj}$$

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o exterior,  $H_{ext}$ :

Tabela 50 – Determinação do coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com o exterior

		Área	U	A.U
Envolvente Exterior	Portas	8,37	2,50	20,93
	Paredes	202,46	0,42	85,03
	Pavimentos	36,20	0,44	15,93
	Coberturas	148,05	0,37	54,78
	$\Sigma$ =	395,08		176,66
Envidraçados	Cozinha NE	12,74	2,50	31,85
	Sala NW	15,08	2,50	37,70
	Sala SE	13,52	2,50	33,80
	Escritório NW	12,74	2,50	31,85
	Quarto 1 SE	6,87	2,50	17,18
	Quarto 2 NW	6,87	2,50	17,18
	Quarto 3 SE	7,67	2,50	19,18
	Quarto 4 SW	12,74	2,50	31,85
	Corredor NE	13,75	2,50	34,38
	$\Sigma$	101,98		254,95

Tabela 51 – Determinação do coeficiente de transmissão térmica através das pontes térmicas lineares

	Tipo	B	$\psi$	B. $\psi$
Pontes Térmicas	Fachada com pavimento térreo	28,30	0,70	19,81
	Fachada com pavimento sobre o exterior	16,10	0,55	8,86
	Fachada com pavimento sobre ENU	14,70	0,55	8,09
	Fachada com pavimento intermédio	54,10	0,15	8,12
	Fachada com varanda	1,80	0,60	1,08
	Fachada com cobertura	62,60	0,80	50,08
	Duas paredes verticais com angulo saliente	32,00	0,40	12,80
	Fachada com caixilharia	35,90	0,25	8,98
	$\Sigma$ B. $\psi$ =			117,80

$$H_{ext,total} = 176,66 + 254,95 + 117,80 = 549,41 \text{ W}/^\circ\text{C}$$

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com espaços não úteis,

$H_{enu}$ :

Tabela 52 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com os espaços não úteis

		A	U	btr	A.U.btr
Garagem	Parede em contacto com garagem	7,10	1,23	1,00	8,73
	Pavimento intermédio	18,70	0,65	1,00	12,16
Arrumos	Porta em contacto com arrumos	1,90	2,50	0,80	3,80
	Parede em contacto com arrumos	3,61	1,23	0,80	3,55
	Pavimento intermédio	7,70	0,65	0,80	4,00
Lavandaria	Porta em contacto com lavandaria	1,90	2,50	0,70	3,33
	Parede em contacto com lavandaria	13,14	1,23	0,70	11,31
	Pavimento intermédio	7,70	0,65	0,70	3,50
	$\Sigma$	61,75			50,38

Tabela 53 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica através das pontes térmicas lineares

		B	$\psi$	btr	B. $\psi$ .btr	
PTL	Garagem	Paredes com pavimento térreo	2,50	0,80	1,00	2,00
		Paredes com pavimento intermédio	2,50	0,60	1,00	1,50
		Duas paredes com angulo saliente	2,90	0,10	1,00	0,29
	Arrumos	Paredes com pavimento térreo	2,90	0,80	0,80	1,86
		Paredes com pavimento intermédio	2,90	0,60	0,80	1,39
		Duas paredes com angulo saliente	2,90	0,10	0,80	0,23
		$\Sigma$	16,60			7,27

$$H_{enu,total} = 50,38 + 7,27 = 57,66 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Coefficiente de transferência de calor através de pavimentos em contacto com o solo,  $H_{ecs}$  e definido em função da Tabela 24 do capítulo “Metodologia de Cálculo de Acordo com o REH”.

$$z = 0$$

$$H_{ecs} = U_{bf} \times A_i$$

$$A_i = 104,00 \text{ m}^2$$

$$P = 57,30 \text{ m}$$

$$B' = \frac{A_p}{0,15 \cdot P} = \frac{104,00}{0,15 \times 57,30} = 12,10$$

$$R = \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,1}{0,33} + \frac{0,20}{2,00} + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,15}{2,8} = 1,32$$

$$U_{bf} = 0,26$$

$$H_{ecs} = 0,26 \times 104 = 27,04 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

O coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com edifícios adjacentes,  $H_{adj}$ , não é contabilizado pois não existem edifícios adjacentes, logo  $H_{adj} = 0 \text{ W/}^\circ\text{C}$ .

Assim o coeficiente global de transferência por transmissão na estação de aquecimento,  $H_{tr,i}$ , será:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} + H_{adj}$$
$$H_{tr,i} = 549,41 + 57,66 + 27,04 + 0 = 634,11 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

O valor da transferência de calor por transmissão ao longo da estação de aquecimento é:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} = 0,024 \times 1205,5 \times 634,11 = 18300,44 \text{ kWh}$$

- Transferência por ventilação:

A expressão que permite quantificar a perda de calor por ventilação, na estação de aquecimento é a seguinte:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i}$$

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$$

Para determinar o valor de  $R_{ph,i}$  foram utilizadas as folhas de cálculo do LNEC.

De forma a cumprir o valor mínimo de  $R_{ph}$  foram consideradas aberturas de ar fixas com uma área livre de  $550\text{cm}^2$ . Assim,  $R_{ph,i} = 0,4\text{h}^{-1}$  e como não é inferior a  $0,4\text{h}^{-1}$  cumpre o requisito mínimo de qualidade.

O coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento,  $H_{ve,i}$ :

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d = 0,34 \times 0,4 \times 227,57 \times 2,5 = 77,37$$

O valor da transferência de calor por ventilação ao longo desta estação é:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} = 0,024 \times 1202,5 \times 77,37 = 2233,01 \text{ Wh}$$

- Inércia térmica

Para esta habitação foi quantificada a inércia térmica em função das soluções construtivas adotadas para os diferentes elementos construtivos. Os valores estão resumidos na Tabela 54 – Determinação da inércia térmica.

Tabela 54 – Determinação da inércia térmica

Elemento Construtivo		$M_{si}$	$M_{si,max}$	$S_i$	$r$	$M_{si} \times S_i \times r$
Elementos da envolvente exterior	Parede exterior	220	150	202,46	1	30369
	Cobertura	225	150	148,05	1	22207,5
	Pavimento sobre o exterior	375	150	36,20	0,5	2715
Elementos em contacto com espaços não úteis	Paredes	75	75	23,85	1	1788,75
	Pavimentos	375	150	34,1	1	5115
Elementos em contacto com o solo	Pavimento térreo	150	150	104	1	15600
Elementos Interiores	Paredes divisórias	150	300	84,5	1	25350
	Pavimentos	375	300	61,8	0,75	13905
$\sum M_{si} \times S_i \times r =$						117050,25

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r \cdot S_i}{A_p} = \frac{117050,25}{227,57} = 514 \text{ kg/m}^2$$

Como o valor é superior a  $514 \text{ kg/m}^2$  a Inércia térmica será forte.

- Ganhos térmicos brutos

Os ganhos térmicos nesta estação dependem dos ganhos internos e dos ganhos solares através dos envidraçados.

Os ganhos térmicos internos na estação de aquecimento serão:

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times M \times A_p$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times 4,1 \times 227,57 = 2687,15 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento são obtidos pela seguinte expressão:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[ X_j \cdot \sum_n F_{S,i,n_j} \cdot A_{S,i,n_j} \right] \cdot M$$

$$G_{sul} = 110$$

$$M = 4,1 \text{ meses}$$

A determinação dos ganhos solares brutos encontra-se nas tabelas no Anexo C.

$$Q_{sol} = 110 \times 21,01 \times 4,1 = 9475,28 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} = 2162,83 + 9475,28 = 12162,43 \text{ kWh}$$

- Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos úteis são uma função dos ganhos brutos.

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i}$$

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve}) = \frac{12162,43}{18300,44 + 2233,01} = 0,59$$

$$\gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0, \text{ então } \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}$$

$$a = 4,2 \text{ (inercia termica forte)}$$

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} = \frac{1-0,59^{4,2}}{1-0,59^{4,2+1}} = 0,95$$

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} = 0,95 \times 9786,30 = 11574,16 \text{ kWh}$$

- Necessidades Nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

O valor de cálculo das necessidades nominais de energia para a estação de aquecimento pode ser agora quantificado:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p = \frac{18300,44 + 2233,01 - 11574,16}{227,57} = 39,37 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

- Valor Limite das Necessidades Nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

O valor limite das necessidades anuais de energia para esta estação é determinado mediante a utilização de soluções de referência e limitando a área de envidraçados

O valor da transferência por transmissão de referência através de elementos em contacto com o exterior ( $H_{ext,ref}$ ) será:

Tabela 55 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência de elementos em contacto com o exterior

		Área	Uref	A.Uref
Envolvente Exterior	Portas	8,37	0,80	6,70
	Paredes	202,46	0,80	161,97
	Correção env >20%	56,47	0,80	45,18
	Pavimentos	36,20	0,55	19,91
	Coberturas	148,05	0,55	81,43
Envidraçados	Cozinha NE	5,69	2,90	16,50
	Sala NW	6,73	2,90	19,52
	Sala SE	6,03	2,90	17,49
	Escritório NW	5,69	2,90	16,50
	Quarto 1 SE	3,07	2,90	8,90
	Quarto 2 NW	3,07	2,90	8,90
	Quarto 3 SE	3,42	2,90	9,92
	Quarto 4 SW	5,69	2,90	16,50
	Corredor NE	6,14	2,90	17,81
	$\Sigma$	497,08		447,22

Tabela 56 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência através das pontes térmicas lineares

	Tipo	B	$\psi_{ref}$	B. $\psi_{ref}$
Pontes Térmicas	Fachada com pavimento térreo	28,30	0,50	14,15
	Fachada com pavimento sobre o exterior	16,10	0,50	8,05
	Fachada com pavimento sobre ENU	14,70	0,50	7,35
	Fachada com pavimento intermédio	54,10	0,50	27,05
	Fachada com varanda	1,80	0,50	0,90
	Fachada com cobertura	62,60	0,50	31,30
	Duas paredes verticais com angulo saliente	32,00	0,40	12,80
	Fachada com caixilharia	35,90	0,20	7,18
			$\Sigma B.\psi_{ref} =$	108,78

$$H_{ext,ref,total} = 497,08 + 108,78 = 555,99$$

Transferência de calor de referência através de elementos em contacto com espaços não úteis, ( $H_{enu,ref}$ ):

Tabela 57 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência de elementos em contacto com os espaços não úteis

		A	U <sub>ref</sub>	b <sub>tr</sub>	A.U <sub>ref</sub> .b <sub>tr</sub>
Garagem	Parede em contacto com garagem	7,10	0,80	1,00	5,68
	Pavimento intermédio	18,70	0,55	1,00	10,29
Arrumos	Porta em contacto com arrumos	1,90	0,80	0,80	1,22
	Parede em contacto com arrumos	3,61	0,80	0,80	2,31
	Pavimento intermédio	7,70	0,55	0,80	3,39
Lavandaria	Porta em contacto com lavandaria	1,90	1,60	0,70	2,13
	Parede em contacto com lavandaria	13,14	1,60	0,70	14,72
	Pavimento intermédio	7,70	1,00	0,70	5,39
$\Sigma$		61,75			45,11

Tabela 58 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica de referência através das pontes térmicas lineares

			B	$\psi_{ref}$	b <sub>tr</sub>	B. $\psi_{ref}$ .b <sub>tr</sub>
PTL	Garagem	Paredes com pavimento térreo	2,50	0,50	1,00	1,25
		Paredes com pavimento intermédio	2,50	0,50	1,00	1,25
		Duas paredes com angulo saliente	2,90	0,40	1,00	1,16
	Arrumos	Paredes com pavimento térreo	2,90	0,50	0,80	1,16
		Paredes com pavimento intermédio	2,90	0,50	0,80	1,16
		Duas paredes com angulo saliente	2,90	0,40	0,80	0,93
$\Sigma$			16,60			6,91

$$H_{enu,ref} = 45,11 + 6,91 = 52,02$$

O valor da transferência de calor de referência através de elementos em contacto com o solo, ( $H_{ecs,ref}$ ) será:

$$A_i = 104,00 \text{ m}^2$$

$$U_{ref} = 0,5$$

$$H_{ecs,ref} = 0,5 \times 104,00 = 52,00$$

O valor do coeficiente global de transferência de calor por transmissão de referência na estação de aquecimento, ( $H_{tr,ref}$ ) será:

$$H_{tr,ref} = 555,99 + 52,02 + 52 = 660,02$$

$$Q_{tr,i,ref} = 0,024 \times GD \times H_{tr,ref} = 0,024 \times 1205,5 \times 660,02 = 19048,08 \text{ kWh}$$

O valor da transferência por ventilação de referência é:

$$H_{ve,i,ref} = 0,34 \times R_{ph,ref} \times A_p \times P_d = 0,34 \times 0,4 \times 227,57 \times 2,5 = 77,37$$

$$Q_{ve,i,ref} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i,ref} = 0,024 \times 1202,5 \times 77,37 = 2233,01 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos de referência na estação de aquecimento resultam de:

- Ganhos térmicos brutos:

$$Q_{sol,ref} = G_{sul} \times 0,182 \times 0,20 \cdot A_p$$

$$Q_{sol,i} = 110 \times 0,182 \times 0,20 \times 227,57 = 911,19$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times M \times A_p$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times 4,1 \times 227,57 = 2687,15 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,i} = Q_{sol,i} + Q_{int,i} = 911,19 + 2687,15 = 3598,34$$

- Ganhos totais úteis:

$$\eta_{i,ref} = 0,6$$

$$Q_{gu,i,ref} = 0,6 \times 3074,02 = 2159 \text{ kWh}$$

Necessidades Nominais anuais de energia útil máximas para a estação de aquecimento:

O valor máximo permitido pela legislação para esta habitação na zona climática I<sub>1</sub> será:

$$N_i = (Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}) / A_p = \frac{19048,08 + 2233,01 - 2159,00}{227,57} = 84,03 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{ic} = 39,37 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_i = 84,03 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{ic} < N_i, \text{ verifica!}$$

### 3.5.1.2 Comportamento térmico na estação de arrefecimento

- Transferência de calor por transmissão

O fluxo de calor por transmissão resulta da diferença de temperatura entre o valor de conforto (25°C) e o valor médio nesta zona climática.

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,928$$

$$H_{tr,v} = H_{tr,i} = \mathbf{643,11}$$

$$\theta_{v,ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{v,ext} = 18,91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_{tr,v} = 643,11 \times (25 - 18,91) \times 2,928 = 11307,16 kWh}$$

- Transferência de calor devido à renovação do ar interior

Este fluxo também depende da diferença de temperatura e da taxa de renovação de ar,  $R_{ph,v}$ , obtidos na folha de cálculo do LNEC.

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928$$

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d = 0,34 \times 0,60 \times 227,57 \times 2,5 = 116,06$$

$$\mathbf{Q_{ve,v} = 116,06 \times (25 - 18,91) \cdot 2,928 = 2069,54 kWh}$$

- Ganhos Térmicos Brutos

Os ganhos nesta estação resultam dos ganhos internos e solares através dos envidraçados e da envolvente opaca.

$$Q_{int,v} = 4 \cdot A_p \cdot 2,928$$

$$\mathbf{Q_{int,v} = 4 \times 227,57 \times 2,928 = 2665,30 kWh}$$

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[ I_{sol,j} \cdot \sum_n F_{s,v_{nj}} \cdot A_{s,v_{nj}} \right]$$

As tabelas com a determinação de  $Q_{sol}$  encontram-se no Anexo C.

$$Q_{sol,v} = 6813,68 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} = 2665,30 + 6813,68 = 9478,98 \text{ kWh}$$

- Necessidades Nominais de energia útil para a estação de arrefecimento

O valor das Necessidades nominais de energia é obtido da seguinte fórmula:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve}) = \frac{9478,98}{11307,16 + 2069,54} = 0,71$$

$$\gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0, \text{ então } \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}$$

$$a = 4,2 \text{ (inercia termica forte)}$$

$$\eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} = \frac{1-0,71^{4,2}}{1-0,71^{4,2+1}} = 0,92$$

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) Q_{g,v} / A_p = (1 - 0,92) \times \frac{9478,98}{228,87} = 3,43 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

- Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento

Este valor admite os seguintes pressupostos:

$$N_v = (1 - \eta_{v,ref}) \cdot Q_{g,v,ref} / A_p$$

$$\eta_{v,ref} = \left\{ \begin{array}{l|l} 0,52 + 0,22 \cdot \ln \Delta \theta & \Delta \theta > 1 \\ 0,45 & 0 < \Delta \theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta \theta \leq 0 \end{array} \right\}$$

$$\Delta \theta = \theta_{ref,v} - \theta_{ext,v} = 25 - 18,91 = 6,09 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 \times \ln \Delta \theta = 0,52 + 0,22 \times \ln(6,09) = 0,92$$

Os ganhos de calor brutos de referência serão:

$$Q_{g,v,ref} / A_p = \left[ q_{int} \cdot \frac{Lv}{1000} + g_{v,ref} (A_w / A_p)_{ref} \cdot I_{sol,ref} \right]$$

$$I_{sol,ref} = 640$$

$$Q_{g,v_{ref}} = (4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,2 \times I_{sol_{ref}}) \times A_p = (4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,2 \times 640) \times 227,57$$

$$= 10004,43 \text{ kWh/ano}$$

Assim, o valor limite das necessidades de energia de arrefecimento:

$$N_v = (1 - 0,92) \times 10004,53/227,57 = 3,62 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{vc} = 3,43 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_v = 3,62 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{vc} < N_v, \text{ verifica!}$$

### 3.5.1.3 Necessidades de energia para preparação de AQS

É necessário quantificar o valor da energia para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS):

$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_a) / 3600000$$

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000$$

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} = 40 \times 5 \times 1 = 200 \text{ l}$$

$$Q_a = (240 \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000 = 2971,61 \text{ kWh/ano}$$

### 3.5.1.4 Necessidades de Energia Primária

- Necessidades nominais anuais globais de energia primária:

O valor é definido na legislação através da expressão seguinte:

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j}$$

$$- \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}$$

Os equipamentos utilizados para aquecimento e arrefecimento ambiente foram um multi-split (eletricidade) e para aquecimento de AQS um coletor solar térmico (solar) com apoio de uma caldeira a gás.

Os valores de eficiência correspondem aos valores mínimos regulamentares (iguais aos de referência). Os valores de Fpu são de 2,5 para sistemas elétricos e 1,0 para sistemas solares e a gás. Fak corresponde à percentagem de AQS produzida pelo esquentador.

Para determinar o valor de energia renovável através dos coletores solares térmicos, foi utilizado o programa Solterm, utilizando os valores para um coletor padrão definidos na legislação.

Nic=	39,37	Fpu=	2,50	$\eta_k$ =	3,20
Nvc=	3,43	Fpu=	2,50	$\eta_k$ =	2,80
Qa=	2971,61	Fpu=	1,00	$\eta_k$ =	0,86
Eren=	1676,00	Fpu=	1,00	fak=	0,44
Ap=	227,57				

$$N_{tc} = N_{ic} \cdot F_{pu}/n + N_{vc} \cdot F_{pu}/n + fak \cdot Q_a / Ap \cdot F_{pu}/n - E_{ren} \cdot F_{pu}/Ap = 33,13$$

- Limite das Necessidade nominais anuais globais de energia primária:

O valor máximo permitido pela legislação depende dos valores máximos nas diferentes estações e dos equipamentos de referência.

Ni=	84,03	Fpu=	2,50	$\eta_{k,ref}$ =	3,20
Nv=	3,62	Fpu=	2,50	$\eta_{k,ref}$ =	2,80
Qa=	2971,61	Fpu=	1,00	$\eta_{k,ref}$ =	0,86
Ap=	227,57				

$$N_t = N_i \cdot F_{pu}/n + N_v \cdot F_{pu}/n + Q_a / Ap \cdot F_{pu}/n = 84,06$$

Assim, o quociente entre o valor de cálculo e o máximo regulamentar será:

$$R_t = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{33,13}{84,06} = 0,39$$

Classe A

Resumindo, os resultados obtidos no cálculo algébrico encontram-se na Tabela 59.

Tabela 59 – Resultados obtidos com o cálculo algébrico para a zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
39,37	84,03	0,47	3,43	3,62	0,95	33,13	84,06	0,39	A

### 3.5.2 CASO PRÁTICO UTILIZANDO O PROGRAMA DE CÁLCULO

De forma a validar os resultados obtidos no cálculo algébrico, foi feita uma simulação nas folhas de cálculo fornecidas pelo ITEcons na mesma zona climática (I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>), obtendo-se assim os resultados da Tabela 60. Anexo D serão apresentadas as folhas de cálculo com os respetivos resultados.

Tabela 60 – Resultados obtidos nas folhas de cálculo para a zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
38,88	84,03	0,46	3,41	3,62	0,94	36,99	84,06	0,44	A

### 3.5.3 EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O PROGRAMA DE CÁLCULO

Foi considerado de interesse comparar os resultados obtidos na moradia de referência se arbitramos que as soluções preconizadas são as de referência. Assim podemos ver as diferenças entre o edifício em estudo e o edifício de referência. Apenas se mantiveram os valores dos envidraçados e os valores para os sistemas técnicos, pois, estes últimos já eram os de referência. Desta forma obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 61. No Anexo D será apresentada a ficha resumo obtida nas folhas de cálculo para o edifício padrão.

Tabela 61 – Resultados obtidos para o edifício de referência na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
50,74	84,03	0,60	3,01	3,62	0,83	46,26	84,06	0,55	B

### 3.5.4 RESTANTES ZONAS CLIMÁTICAS

#### 3.5.4.1 Zona Climática I<sub>1</sub>V<sub>2</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município do Porto, com uma altitude média de 79m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 62 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática

Tabela 62 – Resultados obtidos na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>2</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
17,23	66,01	0,26	14,26	9,13	1,56	29,88	74,91	0,40	A

Verifica-se que as necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento são superiores ao valor máximo. Para corrigir esses valores foram feitas alterações em alguns elementos construtivos, de forma a aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica, mas sem alterar a inércia térmica do edifício. Estas alterações basearam-se na redução das espessuras dos isolamentos das envolventes. Assim as perdas na estação de verão serão mantidas.

Quanto à cobertura, é necessário reduzir o isolamento para 1,5cm de espessura, obtendo-se assim um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ . nas paredes exteriores reduziu-se o isolamento para 1cm, obtendo-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,04\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ . Quanto aos pavimentos exteriores obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ , com uma espessura de isolamento de 1cm. O pavimento térreo deixa de ter isolamento. O pavimento que divide o espaço útil do não útil passa a ter isolamento com 1cm de espessura e desta forma obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{°C}$ . todas as soluções continuavam a cumprir os requisitos mínimos da qualidade.

Os resultados obtidos com estas alterações encontram-se na Tabela 63, bem como na ficha resumo que se encontra no Anexo D

Tabela 63 – Resultados obtidos na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>2</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
45,90	66,01	0,70	9,12	9,13	0,99	45,78	74,91	0,61	B

### 3.5.4.2 Zona Climática I.V<sub>3</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município de Évora, com uma altitude média de 246m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 64 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 64 – Resultados obtidos na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>3</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
16,01	63,84	0,25	44,31	30,56	1,45	52,51	92,35	0,57	B

Nesta zona climática também se verificou que as necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento são superiores ao valor máximo. Para corrigir esses valores tentaram-se fazer algumas alterações na espessura do isolamento, de forma a aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica, mas sem alterar a inércia do edifício.

Fizeram-se tentativas até aos valores máximos de coeficiente de transmissão térmica, mas mesmo assim não se conseguiu fazer cumprir as necessidades de arrefecimento, e as de aquecimento ficaram quase no limite, como se pode ver na Tabela 65 e na ficha resumo das folhas de cálculo que se encontra no Anexo D

Tabela 65 – Resultados obtidos na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>3</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
63,10	63,84	0,99	47,91	30,56	1,57	88,03	92,35	0,95	B-

### 3.5.4.3 Zona Climática I.V<sub>1</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município da Batalha, com uma altitude média de 275m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 66 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 66 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>1</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
29,90	80,44	0,37	9,63	6,42	1,50	35,06	83,76	0,42	A

É de verificar que as necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento são superiores ao valor máximo. De forma a corrigir esses valores foram feitas alterações em alguns elementos construtivos para aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica sem alterar a inércia térmica do edifício.

Quanto à cobertura, é necessário reduzir o isolamento para 2cm de espessura, obtendo-se assim um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,94W/m^2.^{\circ}C$ , nas paredes exteriores reduziu-se o isolamento para 1cm, obtendo-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,04W/m^2.^{\circ}C$ . Quanto aos pavimentos exteriores obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,93W/m^2.^{\circ}C$ , com uma espessura de isolamento de 2cm. O pavimento térreo deixa de ter isolamento. O pavimento que divide o espaço útil do não útil passa a ter isolamento com 1cm de espessura e desta forma obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,0W/m^2.^{\circ}C$ .

Com estas alterações obtém-se uma classe energética B. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 67 e a ficha resumo das folhas de cálculo encontra-se no Anexo D

Tabela 67 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>1</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
66,99	80,44	0,83	5,90	6,42	0,92	53,30	83,76	0,64	B

#### 3.5.4.4 Zona Climática I<sub>2</sub>V<sub>2</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município da Braga, com uma altitude média de 206m. Nas tabelas no Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 68 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 68 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>2</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
29,27	76,25	0,38	12,38	8,22	1,51	36,78	82,09	0,45	A

As necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento são superiores ao valor máximo. Para corrigir esses valores foram feitas alterações em alguns elementos construtivos, de forma a aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica, mas sem alterar a inércia térmica do edifício.

Quanto à cobertura,   necessário reduzir o isolamento para 2cm de espessura, obtendo-se assim um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,94W/m^2.\text{ C}$ . Nas paredes exteriores reduziu-se o isolamento para 1cm, obtendo-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,04W/m^2.\text{ C}$ . Quanto aos pavimentos exteriores obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,93W/m^2.\text{ C}$ , com uma espessura de isolamento de 2cm. O pavimento térreo deixa de ter isolamento. O pavimento que divide o espaço útil do não útil passa a ter isolamento com 1cm de espessura e desta forma obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,0W/m^2.\text{ C}$ .

Com estas alterações obtém-se uma classe energética B. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 69 e também no Anexo D, na ficha resumo das folhas de cálculo.

Tabela 69 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>2</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
65,08	76,25	0,85	8,15	8,22	0,99	58,34	82,09	0,71	B

#### 3.5.4.5 Zona Climática I<sub>2</sub>V<sub>3</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município de Mirandela, com uma altitude média de 595m. Nas tabelas que se encontram no Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 70 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 70 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>3</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
28,78	78,82	0,37	35,46	21,57	1,63	54,46	96,02	0,58	B

Nesta zona climática também se verificou que as necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento são superiores ao valor máximo. Para corrigir esses valores tentaram-se fazer algumas alterações na espessura do isolamento, de forma a aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica, mas sem alterar a inércia do edifício. Foram feitas tentativas até ao valor

máximo de coeficiente de transmissão térmica, mas nunca se conseguiu reduzir as necessidades nominais de arrefecimento abaixo do valor máximo, sem que os valores das necessidades nominais de aquecimento ultrapassassem os limites. Abaixo estão apresentados os resultados obtidos com os valores máximos de coeficiente de transmissão térmica das envolventes opacas.

Tabela 71 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>2</sub>V<sub>3</sub> após alterações na envolvente

Nica	Ni	Nica/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
83,13	78,82	1,12	35,18	21,57	1,63	93,38	96,02	0,97	B-

#### 3.5.4.6 Zona Climática I<sub>3</sub>V<sub>1</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município de Arcos de Valdevez, com uma altitude média de 532m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 72 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 72 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>3</sub>V<sub>1</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
49,83	96,43	0,52	7,61	5,40	1,41	47,32	95,34	0,50	A

Para corrigir os valores das necessidades nominais de arrefecimento, visto que são superiores aos máximos, serão feitas alterações em alguns elementos construtivos, de forma a aumentar o valor do coeficiente de transmissão térmica, mas sem alterar a inércia térmica do edifício. Assim, foram alteradas as espessuras dos isolamentos das envolventes.

Quanto à cobertura, é necessário reduzir o isolamento para 2,5cm de espessura, obtendo-se assim um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,84\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ . Nas paredes exteriores reduziu-se o isolamento para 1cm, obtendo-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=1,04\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ . Quanto aos pavimentos exteriores obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,83\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ , com uma espessura de isolamento de 2,5cm. O pavimento térreo deixa de ter isolamento. O pavimento que divide o espaço útil do não útil passa a ter isolamento com 2cm de espessura e desta forma obtém-se um coeficiente de transmissão térmica  $U=0,78\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Com estas alterações obtém-se uma classe energética B-. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 73 e elencados no Anexo D, na ficha resumo das folhas de cálculo.

Tabela 73 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>3</sub>V<sub>1</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
96,27	96,43	0,99	4,76	5,40	0,88	73,63	95,34	0,77	B-

### 3.5.4.7 Zona Climática I<sub>3</sub>V<sub>2</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município de Covilhã, com uma altitude média de 696m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 74 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 74 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>3</sub>V<sub>2</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
44,67	92,77	0,48	17,84	10,65	1,68	51,74	97,17	0,53	B

De forma a tentar corrigir os valores das necessidades de arrefecimento foram feitas várias tentativas aumentando os valores do coeficiente de transmissão térmica das envolventes opacas até se chegar aos valores máximos. Desta forma verificou-se que os valores das necessidades nominais de arrefecimento também passaram a ser superiores às máximas sem que se conseguisse fazer cumprir as necessidades de arrefecimento. Na Tabela 75 são apresentados os resultados obtidos com os valores máximos de coeficiente de transmissão térmica das envolventes opacas e no Anexo D encontra-se a ficha resumo das folhas de cálculo.

Tabela 75 - Resultados obtidos nas zona climática I<sub>3</sub>V<sub>2</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
107,20	92,77	1,16	13,06	10,65	1,23	91,43	97,17	0,94	B-

### 3.5.4.8 Zona Climática I<sub>3</sub>V<sub>3</sub>

Para esta zona climática foi escolhido o município de Chaves, com uma altitude média de 595m. Nas tabelas do Anexo B pode confirmar-se o valor da altitude média bem como a zona climática a que pertence o município.

Na Tabela 76 serão apresentados os resultados obtidos nas folhas de cálculo para esta zona climática.

Tabela 76 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>3</sub>V<sub>3</sub>

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
45,83	89,67	0,51	22,01	13,00	1,69	55,80	96,85	0,58	B

Também nesta zona se verificaram valores para as necessidades nominais de arrefecimento superiores aos máximos e após várias tentativas verificou-se que com os valores máximos de coeficiente de transmissão térmica das envolventes opacas não se consegue reduzir as necessidades de arrefecimento e as de aquecimento passam a não cumprir com os máximos, tal como se verifica com os resultados apresentados na Tabela 77 e no Anexo D.

Tabela 77 - Resultados obtidos na zona climática I<sub>3</sub>V<sub>3</sub> após alterações na envolvente

Nic	Ni	Nic/Ni	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Ntc	Nt	Ntc/Nt	Classificação energética
107,51	89,67	1,20	17,73	13,00	1,36	95,29	96,85	0,98	B-

## 3.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 3.6.1 ZONA CLIMÁTICA I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>

Nesta zona climática fizeram-se três simulações para o cálculo energético da habitação. A primeira através de cálculo algébrico, utilizando a metodologia de cálculo apresentada no capítulo anterior. A segunda simulação baseou-se na utilização da folha de cálculo para as mesmas soluções construtivas para se verificar se existem diferenças em relação ao cálculo algébrico. Na terceira simulação utilizaram-se as folhas de cálculo, mas com os valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica das envolventes opacas, e os valores de referência dos sistemas técnicos utilizados (estes valores também foram definidos no cálculo inicial), de forma a comparar os valores da habitação original com os valores da habitação de referência.

Ao analisar os valores obtidos no cálculo algébrico e os valores obtidos nas folhas de cálculo, são visíveis algumas diferenças.

Começando pela duração da estação de aquecimento, onde se reparou que existe um erro nas folhas de cálculo no que diz respeito ao valor de referência da duração da estação de aquecimento, pois os valores obtidos são diferentes, como se pode verificar nas folhas de cálculo anexas e no cálculo algébrico apresentado anteriormente.

Para não influenciar muito os resultados e visto que não é possível alterar os valores de referência nas folhas de cálculo, utilizou-se no cálculo algébrico o valor da duração da estação de aquecimento igual ao das folhas de cálculo.

Quanto ao comportamento térmico na estação de aquecimento, existem algumas diferenças, devido a arredondamentos. Na transferência de calor por transmissão a maior diferença encontra-se no coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, pois, no cálculo algébrico obteve-se um valor de  $U_{bf}=0,26$  e nas folhas de cálculo  $U_{bf}=0,29$ .

Assim, obteve-se um valor para a transferência de calor por transmissão de 18300,44kWh através de cálculo algébrico e 18377,48kWh nas folhas de cálculo.

Na transferência de calor por ventilação não se verificaram alterações nos resultados obtidos.

Os ganhos térmicos úteis apenas diferem nos ganhos solares brutos. Mais uma vez, a razão para esta diferença são os arredondamentos. Obtiveram-se assim os valores de 9475,28kWh através de cálculo algébrico e 9705,03kWh nas folhas de cálculo.

Desta forma, nas necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento obteve-se o valor de 39,37 nos cálculos e 38,88 nas folhas de cálculo.

Quanto ao valor limite das necessidades nominais de energia útil de aquecimento não se verificaram diferenças, obtendo-se o valor de 84,03.

Desta forma verifica-se o cumprimento das necessidades de aquecimento em ambos os casos pois  $N_{ic} < N_i$ .

No comportamento térmico da estação de arrefecimento também surgiram algumas diferenças.

Na transferência de calor por transmissão, os valores obtidos nos cálculos e nas folhas de cálculo são parecidos. As diferenças devem-se às mesmas razões da estação de aquecimento, visto que os valores dos coeficientes de transferência são os mesmos para ambas as estações.

Assim, obtém-se um valor de transferência por transmissão de arrefecimento,  $Q_{tr,v}$ , de 11307,6kWh/ano no cálculo algébrico e de 11362,22kWh/ano nas folhas de cálculo.

Quanto à transferência de calor por renovação de ar a diferença é mínima e deve-se aos arredondamentos que a folha de cálculo faz automaticamente. Obtiveram-se valores de  $Q_{ve,v}$  de 2069,54kWh/ano no cálculo algébrico e de 2070,9kWh/ano nas folhas de cálculo.

Os ganhos térmicos são também ligeiramente diferentes. Mais uma vez trata-se de arredondamentos. Nos cálculos algébricos obteve-se um valor de  $Q_{g,v}$  de 9478,98kWh/ano e nas folhas de cálculo 9495,4kWh/ano.

Desta forma os valores obtidos nas necessidades nominais de energia útil da estação de arrefecimento são de 3,43kWk/m<sup>2</sup>.ano no cálculo algébrico e de 3,41 kWk/m<sup>2</sup>.ano nas folhas de cálculo. A diferença é muito pequena, o que não compromete os resultados finais.

No valor limite das necessidades nominais de arrefecimento não se registam diferenças entre os dois métodos de cálculo, obtendo-se um valor de  $N_v$  de 3,63 kWk/m<sup>2</sup>.ano.

Assim, verifica-se o cumprimento das necessidades de arrefecimento em ambos os métodos ( $N_{vc} < N_v$ ).

Nas necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias não se verificam diferenças.

As necessidades nominais anuais de energia primária vão ter valores diferentes. Tal acontece devido às diferenças verificadas em todos os fatores anteriormente descritos, pois esses valores afetam diretamente o cálculo das necessidades de energia primária.

Assim obtiveram-se valores de 41,64 kWk/m<sup>2</sup>.ano no cálculo algébrico e de 36,99 kWk/m<sup>2</sup>.ano nas folhas de cálculo.

No valor limite das necessidades de energia útil, tal como todos os valores limites, foi registado o mesmo valor para ambos os métodos. Assim obteve-se um valor de  $N_t$  de 84,06 kWk/m<sup>2</sup>.ano.

Desta forma conclui-se que em ambos os métodos se verifica o cumprimento das necessidades nominais de energia primária, ou seja,  $N_{tc} < N_t$ .

Em termos de classificação energética, conclui-se que  $N_{tc}/N_t$  é de 0,39 no cálculo algébrico e de 0,44 nas folhas de cálculo. Assim, ambos os métodos enquadram-se na classe energética A, como se pode constatar na Tabela 78.

Tabela 78 – Comparação de resultados obtidos pelos dois métodos

	Cálculo algébrico	Folhas de cálculo
$N_{ic}$	39,37	38,88
$N_i$	84,03	84,03
$N_{ic}/N_i$	0,47	0,46
$N_{vc}$	3,43	3,41
$N_v$	3,62	3,62
$N_{vc}/N_v$	0,95	0,94
$N_{tc}$	33,13	36,99
$N_t$	84,06	84,06
$N_{tc}/N_t$	0,39	0,44
Classe energética	A	A

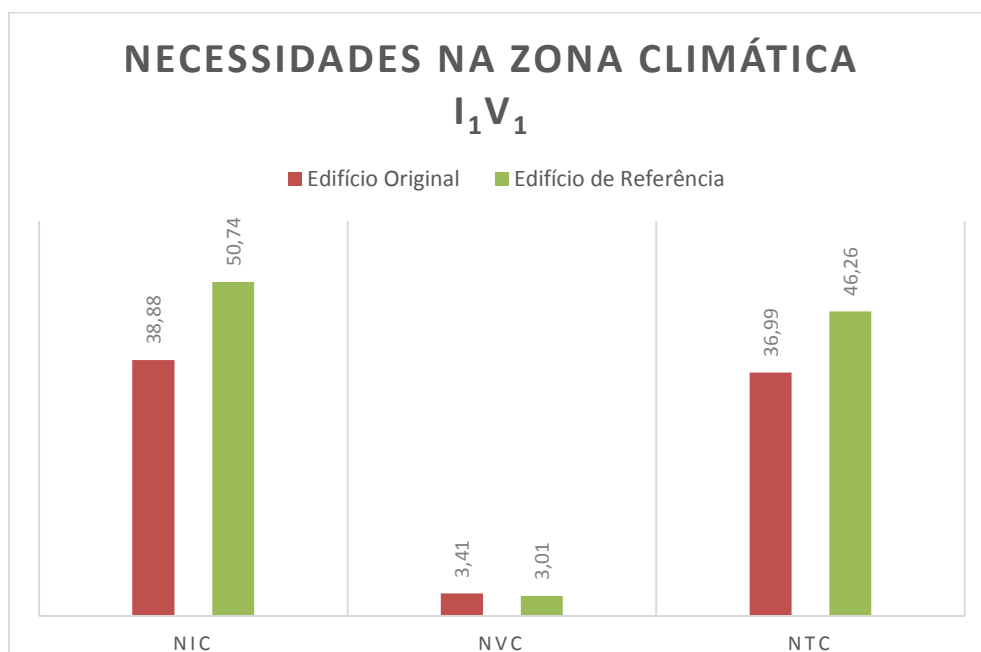
Foi feita uma simulação nas folhas de cálculo onde se alteram os valores dos coeficientes de transmissão térmica das envolventes opacas do edifício em estudo para os valores de referência.

Manteve-se o mesmo tipo de envidraçados e proteções solares. Também foram mantidos os mesmos sistemas técnicos, pois já são utilizados os valores de referência no edifício original.

Esta simulação foi feita para se comparar o edifício em estudo com o edifício de referência nesta zona climática.

Desta forma notaram-se algumas diferenças nas necessidades nominais de aquecimento, arrefecimento e energia primária, como se pode verificar na Figura 18.

Figura 18 – Gráfico representativo das necessidades na zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>



Através do gráfico anterior podemos verificar que nas necessidades nominais de aquecimento existe uma grande diferença e que o edifício original é melhor do que o edifício de referência nesta estação. Esta diferença deve-se aos valores dos coeficientes de transmissão térmica, pois no edifício inicial são mais baixos que os valores de referência, o que provoca um melhor desempenho energético de aquecimento.

Nas necessidades de arrefecimento a diferença é pequena, mas percebe-se que o edifício de referência é ligeiramente melhor do que o edifício original. Tal acontece porque na estação de arrefecimento os ganhos pela envolvente opaca também são contabilizados. Desta forma com um coeficiente de transmissão térmica mais baixo, o valor dos ganhos também é mais baixo e por consequência o fator de utilização também fica mais baixo. Quanto mais baixo for o fator de utilização, mais alto é o valor das necessidades de arrefecimento.

Quanto às necessidades de energia primária verifica-se uma diferença nos valores de Ntc. Tal acontece devido às diferenças nos valores de Nvc e Nic, pois nos sistemas técnicos foram em ambos os casos utilizadas as eficiências de referência. Assim, as classes energéticas são de A para o

edifício original e B para o edifício de referência. Conclui-se então que, de um modo geral, o edifício original é energeticamente melhor do que o edifício padrão.

### 3.6.2 RESTANTES ZONAS CLIMÁTICAS

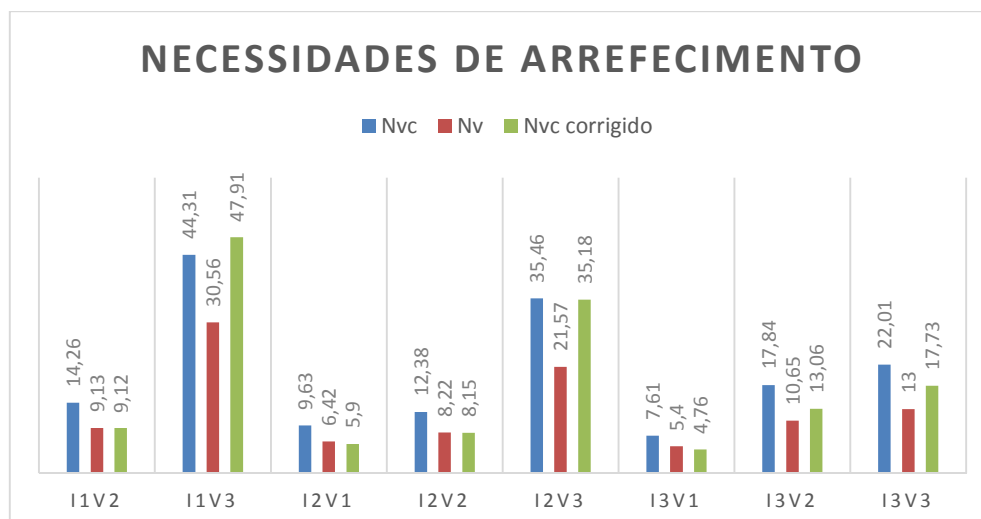
Como se verificou na apresentação dos resultados, em todas as zonas climáticas com exceção da zona I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>, as necessidades nominais de arrefecimento eram superiores ao valor máximo. Este acontecimento deve-se ao facto de os cálculos realizados inicialmente serem feitos para a zona climática com o inverno e o verão menos rigorosos. Desta forma, os elementos construtivos utilizados tinham camadas de isolamento muito altas, provocando um “efeito de estufa” dentro da habitação na estação de aquecimento.

Como foi explicado anteriormente, na estação de aquecimento são contabilizados os ganhos solares através da envolvente opaca dos envidraçados, enquanto no inverno apenas se contabilizam os envidraçados. Desta forma, uma envolvente com um coeficiente de transmissão térmica muito baixo é bom para o inverno, mas é mau para o verão, no que diz respeito aos ganhos solares.

Para tentar melhorar as necessidades de verão fizeram-se algumas alterações ao nível das envolventes, reduzindo-se a espessura dos isolamento, mantendo assim a inércia térmica (forte), fator importante para se verificar com mais facilidade o cumprimento dos valores máximos permitidos.

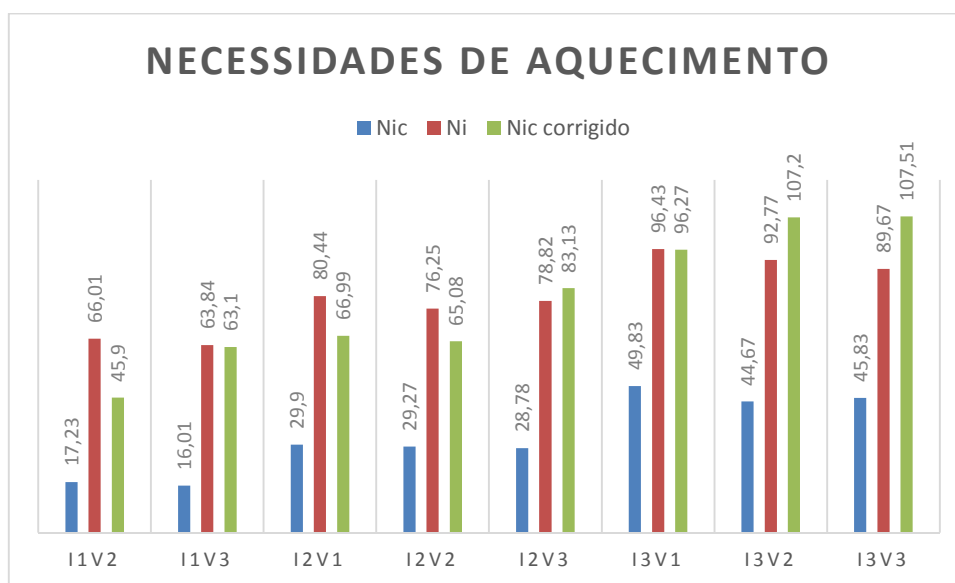
Na Figura 19 podemos verificar o comportamento das necessidades de arrefecimento antes das correções e depois das correções comparando assim os valores obtidos com os máximos permitidos.

Figura 19 – Gráfico representativo das necessidades de arrefecimento



Nas zonas climáticas I<sub>1</sub>V<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>V<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>V<sub>2</sub> e I<sub>3</sub>V<sub>1</sub>, conseguiu-se reduzir o valor das necessidades de arrefecimento abaixo dos valores máximos, mas por consequência as necessidades de aquecimento pioraram, como se pode verificar na Figura 20.

Figura 20 – Gráfico representativo das necessidades de aquecimento



Mais uma vez se comprova que os valores dos coeficientes de transmissão térmica altos prejudicam o inverno e beneficiam o verão. Com este agravamento das necessidades de aquecimento a classe energética do edifício piorou em relação ao primeiro caso, zona climática I<sub>1</sub>V<sub>1</sub>. No entanto verificam-se os requisitos mínimos de classe energética para as habitações novas, B-.

Nas zonas climáticas I<sub>1</sub>V<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>V<sub>3</sub>, I<sub>3</sub>V<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>V<sub>3</sub>, apesar das alterações efetuadas, não se conseguiu reduzir os valores das necessidades de arrefecimento abaixo dos valores máximos permitidos.

Esta situação verifica-se porque a estação de arrefecimento é muito rigorosa, obtendo-se valores para as necessidades de arrefecimento muito elevados. Ao tentar reduzir estes valores, atinge-se o valor máximo do coeficiente de transmissão térmica das envolventes sem que esteja cumprido o valor das necessidades, ou seja  $N_{vc} > N_v$ .

No caso da zona climática I<sub>1</sub>V<sub>3</sub>, chegou-se aos valores de coeficiente de transmissão térmica máximo, continuando a não verificar as necessidades de arrefecimento, mas as necessidades de aquecimento ainda cumpriam. Este cumprimento deve-se à margem muito ampla que existe entre o resultado obtido inicialmente e o valor máximo.

Nos outros casos, com os valores máximos de coeficiente de transmissão térmica, as necessidades de arrefecimento ainda eram superiores ao máximo, e as necessidades de aquecimento deixavam de

verificar. Tal acontece porque ambas as estações são muito rigorosas e o valor das necessidades de arrefecimento a fazer cumprir é muito elevado comparativamente à margem existente entre o valor obtido e o máximo das necessidades de aquecimento.



## 4 Conclusões

O trabalho realizado nesta dissertação teve como principais objetivos comparar o edifício original com o edifício de referência na zona climática  $I_1V_1$  e também verificar o comportamento térmico do edifício em todas as restantes zonas climáticas.

Analisando o edifício original e o edifício de referência pode verificar-se que os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica são mais altos que no edifício original, obtendo-se assim melhores classificações de aquecimento e ligeiramente piores no arrefecimento. De um modo geral o edifício original é melhor que o de referência.

Ao analisar o comportamento do edifício nas várias zonas climáticas conclui-se que com os mesmos elementos construtivos é impossível verificar as necessidades de arrefecimento, o que vem de acordo com o princípio legislativo de construir de acordo com o clima do local.

Como o primeiro caso de estudo foi realizado na zona climática mais amena,  $I_1V_1$ , e já se obtiveram resultados nas necessidades de verão muito próximas das máximas, ao aumentar a temperatura média do ar exterior, diminui-se o fator de utilização de ganhos, ou seja, provoca o aumento das necessidades de verão.

De forma a fazer cumprir as necessidades de verão, a solução optada passou por reduzir a espessura dos elementos construtivos da envolvente opaca, nomeadamente do isolamento, que é o elemento com maior resistência térmica.

Com esta alteração conseguiu-se cumprir todas as necessidades em algumas zonas, com exceção das zonas com o pior verão,  $V_3$ , onde não se conseguiu obter resultados positivos.

Outra hipótese seria aumentar o valor de  $R_{ph}$  para 0,6 e verificar a influência no comportamento térmico nas duas estações.



## Bibliografia

Cardoso, Filipa, 2014 “Um certificado a pensar no consumidor” Revista Técnica Edifícios e Energia, Março/Abril 2014

Disponível em:

[http://www.edificioseenergia.pt/contents/artigorevista/tcapa2\\_1405.pdf](http://www.edificioseenergia.pt/contents/artigorevista/tcapa2_1405.pdf)

Ascenso, Rita, 2014 “Nova legislação para melhores edifícios?” Revista Técnica Edifícios e Energia, Março/Abril 2014

Disponível em:

[http://www.edificioseenergia.pt/contents/artigorevista/tcapa1\\_.pdf](http://www.edificioseenergia.pt/contents/artigorevista/tcapa1_.pdf)

Coelho, Ricardo, 2013 Implicações da Nova Legislação na Certificação Energética de Edifícios Existentes. ISEP. 353pp (Dissertação de mestrado)

IDEAL-EPBD – “Um projeto europeu sobre o comportamento dos consumidores face a certificação energética dos edifícios”, “Implementação da EPDB em Portugal”

Disponível em:

[http://www.idealepbd.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=4&lang=pt](http://www.idealepbd.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=4&lang=pt)

Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons) – Ferramentas de cálculo de aplicação do REH

Disponível em: <http://www.itecons.uc.pt/index.php?module=pubs&id=12>

Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio relativa ao desempenho energético dos edifícios; Jornal Oficial das Comunidades Europeias L153/13, 2010.

Disponível em:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF>

<http://www.adene.pt/> (ADENE – Agência para a Energia)

Decreto-lei n.º 118/2013; Diário da República, 1.ª série - N.º 159 - 20 de Agosto de 2013

Portaria n.º 349 – A/2013; Diário da República, 1.ª série - N.º 232 - 29 de Novembro de 2013

Projeto de T ermica: Aplica o do Novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de  
Habita o Novos

Portaria n  349 – B/2013; Diário da República, 1.  série - N.  232 - 29 de Novembro de 2013

Portaria n  349 – C/2013; Diário da República, 1.  série - N.  233 - 2 de Dezembro 2013

Despacho (extrato) n  15793 – C/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – D/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – E/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – F/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – H/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – I/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – J/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – K/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Despacho (extrato) n  15793 – L/2013; Diário da República, 2.  série - N.  234 - 3 de Dezembro  
2013

Tecnologia das constru es, ISEP 236pp Relatório inédito

Norma EN ISO 10211 – Thermal bridges in building construction; Heat flows and surface  
temperatures

Norma EN ISO 14683 – Pontes solares térmicas nos edifícios Coeficiente de transmissão térmica  
linear. Métodos simplificados de cáculo e valores por defeito

NP 1037-1 – Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás, Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural

NP 1037-2 - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás, Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação mecânica centralizada (VMC) de fluxo simples.

EN 15242 – Ventilation for buildings; calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration



## **ANEXOS**



Anexo A: Modelo tipo do certificado energético para edifícios ou  
frações de habitação



IDENTIFICAÇÃO POSTAL

IDENTIFICAÇÃO FISCAL

INFORMAÇÃO ADICIONAL

(foto do imóvel)

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obteria nas condições mínimas (com base em valores de referência) a que estão obrigados os edifícios novos. Obtenha mais informação sobre a certificação energética no site da ADENE em [www.adene.pt](http://www.adene.pt)

**INDICADORES DE DESEMPENHO**

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condutões padrão.

**Aquecimento Ambiente**



**Arrefecimento Ambiente**

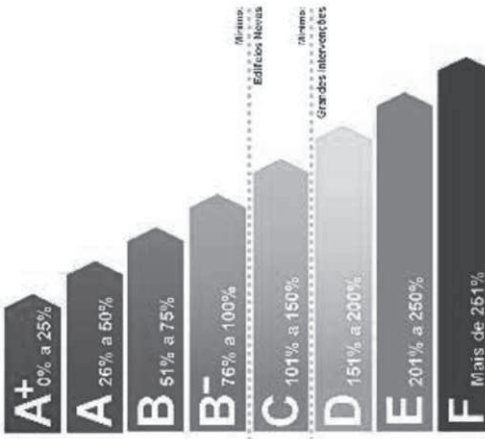


**Água Quente Sanitária**



**CLASSE ENERGÉTICA**

Mais eficiente



Menos eficiente

**ENERGIA RENOVÁVEL**

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.



**EMISSIONES DE CO<sub>2</sub>**

Contributo de emissões de CO<sub>2</sub> estimadas devido ao consumo de energia.



DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

**COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO**

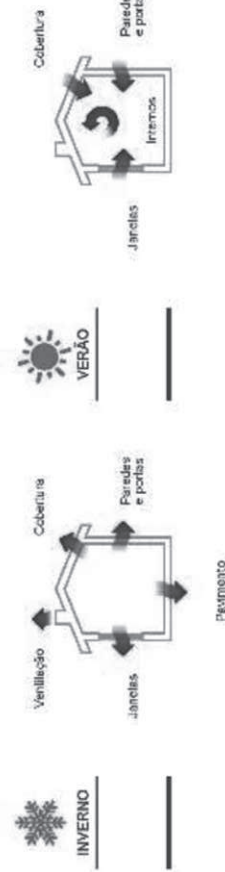
Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a eficiência adequada para estes elementos, tendo em conta, entre outros fatores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES		
COBERTURAS		
PAVIMENTOS		
JANELAS		

Por: ADENE  
Mapa: 5 \*\*\*\*\*

**PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO**

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação seguinte indica o contributo desses elementos em cada estação, bem como os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.





**Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS**

**(tipo de certificado)**

Edifício de Habitação  
SCE1234567890

**PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA**

As medidas propostas foram identificadas pelo Perito Qualificado e têm como objetivo a melhoria do desempenho energético do edifício. A implementação dessas medidas, se além de reduzir a fatura energética anual, poderá contribuir para uma melhoria na classificação energética.

N.º da Medida	• Aplicação	• Descrição da Medida de Melhorias Proposta	• Custo Estimado do Investimento	• Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética
---------------	-------------	---	----------------------------------	---	-------------------

1

2

3

4

5

**CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA**

Representa o impacto a nível económico e do desempenho energético na habitação que este conjunto de medidas de melhoria terá, se for implementado



CUSTO TOTAL ESTIMADO DO INVESTIMENTO

REDUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA FATURA ENERGÉTICA

CLASSE ENERGÉTICA APOS MEDIDAS

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora



**Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS**

**(tipo de certificado)**

Edifício de Habitação  
SCE1234567890

**DEFINIÇÕES**

**INFORMAÇÃO ADICIONAL**

**NOTAS E OBSERVAÇÕES**

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora





Esta secção do certificado enuncia, em detalhe, os elementos considerados pelo Ponto Qualificado no processo de certificação do edifício. Esta informação encontra-se desatualizada entre os principais indicadores energéticos e dados ambientais relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Ponto Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciados ou limites administráveis (quando aplicáveis).

**RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES**

Sigla - Descrição	Valor / Referência	Descrição	Valor
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	Altitude	
NVc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	Graus da (H° C)	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/m².ano)	Temperatura média exterior (T <sub>ve</sub> )	
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	Zona climática de inverno	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	Zona climática de verão	
Eren <sub>ext</sub>	Energia esperada, produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	Duração do estado de aquecimento	
Nic	Necessidades nominais anuais globais de energia mínima (kWh/m².ano)	Duração do estado de arrefecimento	

\* Para obter a certificação, todos os dados relativos ao edifício devem ser avaliados com base nos dados administráveis.

**PARQUES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS**

**VÃOS ENVIDRAÇADOS**



**SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO**



## Anexo B: Municípios, altitudes médias e respetiva zona climática



Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
ABRANTES	SANTARÉM	316	157,49245159	12
AGUIAR DA BEI	GUARDA	981	697,24716326	448
ALANDROAL	ÉVORA	412	224,96355887	105
ALBERGARIA-A	AVERO	423	108,57579075	-5
ALBUFEIRA	FARO	220	72,506862509	-1
ALCANENA	SANTARÉM	676	196,19026594	41
ALCOBAÇA	LEIRIA	514	126,77541474	-2
ALCOCHETE	SETÚBAL	64	11,588579344	-6
ALCOUTIM	FARO	371	194,95661904	-1
ALCÁCER DOS	SETÚBAL	253	64,064374536	-7
ALENQUER	LSBOA	664	127,54393333	-5
ALFÂNDEGA D	BRAGANÇA	1194	501,95862055	149
ALUIÓ	VILA REAL	991	563,50481899	67
ALEZUR	FARO	364	111,87695941	-2
ALUSTREL	BEJA	252	144,06563792	55
ALMADA	SETÚBAL	122	54,050482345	-6
ALMEIDA	GUARDA	851	740,36472519	491
ALMEIRIM	SANTARÉM	167	55,575005948	1
ALMODÔVAR	BEJA	569	304,76101615	152
ALPARÇA	SANTARÉM	138	43,077787739	0
ALTER DO CHÁ	PORTALEGRE	398	216,62491775	127
ALVALAZERE	LEIRIA	613	271,46993291	92
ALVITO	BEJA	308	157,18724545	83
AMADORA	LSBOA	276	148,70835609	39
AMARANTE	PORTO	1344	422,89116572	56
AMARES	BRAGA	895	204,50912606	18
ANADIA	AVERO	540	112,75592630	11
ANSIÃO	LEIRIA	531	279,78923618	156
ARCOS DE VAL	VIANA DO CAS	1409	532,45313345	6
ARGANIL	COIMBRA	1392	477,84011242	69
ARMANMAR	VISEU	945	580,14754725	71
AROUCÁ	AVERO	1211	488,15396518	61
ARRAIÓLOS	ÉVORA	409	243,58026062	130
ARRONCHES	PORTALEGRE	558	310,21076337	221
ARRUDA DOS	LSBOA	383	210,30140774	33
AVERO	AVERO	88	19,219423518	-10
AVIS	PORTALEGRE	240	162,02837337	70
AZAMBUJA	LSBOA	190	56,693820648	-4
BAIÃO	PORTO	1405	557,62691940	49
BARCELOS	BRAGA	489	116,31596894	0
BARRANCOS	BEJA	413	244,21103203	121
BARREIRO	SETÚBAL	79	28,520480946	-8
BATALHA	LEIRIA	516	275,46784586	47
BEJA	BEJA	293	164,85499342	32
BELMONTE	CASTELO BRAN	869	508,83734874	429
BENAVENTE	SANTARÉM	77	22,664535967	-12
BOMBARRAL	LEIRIA	206	79,606386796	5

Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
BORBA	ÉVORA	553	361,1052799	250
BOTICAS	VILA REAL	1265	761,40359099	243
BRAGA	BRAGA	570	205,54861522	15
BRAGANÇA	BRAGANÇA	1487	778,47467744	298
CABECEIRAS	DEBRAGA	1176	573,95302882	136
CADAVAL	LSBOA	657	147,45697789	36
CALDAS DA RAI	LEIRIA	259	89,455114017	-2
CAMINHA	VIANA DO CAS	797	200,34983284	-10
CAMPO MAIOR	PORTALEGRE	337	237,29650196	166
CANTANHEDE	COIMBRA	145	65,745046169	0
CARRAZEDA	DEBRAGANÇA	886	556,69965266	71
CARREGAL DO	VISEU	382	267,8767838	123
CARTAXO	SANTARÉM	137	42,150414462	-3
CASCAIS	LSBOA	453	93,15851006	0
CASTANHEIRA	LEIRIA	1201	654,82900852	347
CASTELO BRAN	CASTELO BRAN	1214	332,94617639	112
CASTELO DE PA	AVERO	692	239,93528789	11
CASTELO DE VI	PORTALEGRE	801	360,8609408	130
CASTRO DAIRE	VISEU	1361	723,94690431	196
CASTRO MARI	FARO	270	89,783213948	-5
CASTRO VERDE	BEJA	285	203,05030477	113
CELORICO DA	BGUARDA	1257	580,24440602	356
CELORICO DE B	BRAGA	840	444,05463208	88
CHAMUSCA	SANTARÉM	204	122,64419030	5
CHAVES	VILA REAL	1050	595,05046648	304
CINFÊES	VISEU	1362	629,06153184	7
COIMBRA	COIMBRA	499	102,84615854	3
CONDEIXA-A-N	COIMBRA	469	139,91489461	5
CONSTÂNCIA	SANTARÉM	221	119,91335389	14
CORUCHE	SANTARÉM	259	81,326931791	2
COVILHÃ	CASTELO BRAN	1991	696,03548698	365
CRATO	PORTALEGRE	441	277,98559145	145
CUBA	BEJA	317	190,84056959	134
ELVAS	PORTALEGRE	491	291,89175915	144
ENTRONCAME	SANTARÉM	91	40,507246377	20
ESPINHO	AVERO	112	42,001801802	-3
ESPOSENDE	BRAGA	274	58,086006509	-5
ESTARREIA	AVERO	140	31,279672092	-6
ESTREMOSZ	ÉVORA	650	321,58283477	207
FAFE	BRAGA	885	498,08789735	159
FARO	FARO	385	77,631435585	-20
FELGUEIRAS	PORTO	573	331,96893793	142
FERREIRA DO A	BEJA	275	97,665382819	9
FERREIRA DO Z	SANTARÉM	451	253,25111523	101
FIGUEIRA DA F	COIMBRA	259	44,482864221	-14
FIGUEIRA DE C	GUARDA	972	573,87022338	119
FIGUEIRO DOS	LEIRIA	1009	447,34826076	108

Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
FORNOS DE AL	GUARDA	909	539,02063772	312
FREIXO DE ESP	BRAGANÇA	874	515,40418146	123
FRONTEIRA	PORTALEGRE	370	221,39810754	145
FUNDAO	CASTELO BRAN	1216	509,11654609	254
GAVIAO	PORTALEGRE	313	227,78857935	29
GOLEGÁ	SANTARÉM	101	19,130624093	7
GONDOMAR	PORTO	467	109,28698139	0
GOUVEIA	GUARDA	1591	736,57653282	231
GRANDOLA	SETUBAL	319	97,395306739	-3
GUARDA	GUARDA	1282	804,9460343	432
GUMARÃES	BRAGA	603	248,25172624	84
GÓIS	COIMBRA	1199	550,04009002	143
IDANHA-A-NOV	CASTELO BRAN	811	323,13086168	108
LAGOA	FARO	99	45,624406676	-11
LAGOS	FARO	249	72,165418088	-5
LAMEGO	VISEU	1118	617,41239673	45
LEIRIA	LEIRIA	421	120,47734637	0
LISBOA	LISBOA	217	80,077609138	-8
LOULÉ	FARO	586	251,30068307	-3
LOURES	LISBOA	391	130,69308245	-6
LOURINHÁ	LISBOA	207	90,549680132	-1
LOUSADA	PORTO	574	291,49534698	156
LOUSÁ	COIMBRA	1199	329,77469426	63
MACEDO DE C	BRAGANÇA	1261	604,48231158	209
MAFRA	LISBOA	424	153,71959521	0
MAIA	PORTO	263	100,91765245	25
MANGUALDE	VISEU	755	477,86093126	213
MANTEIGAS	GUARDA	1990	1147,2432762	513
MARCO DE CA	PORTO	953	290,1109451	9
MARINHA GRA	LEIRIA	180	68,162509607	0
MARVÃO	PORTALEGRE	1019	519,44435963	204
MATOSINHOS	PORTO	121	49,244086460	-7
MAÇÃO	SANTARÉM	637	301,51416519	23
MEALHADA	AVERO	570	114,52713133	22
MELGAÇO	VIANA DO CAS	1333	787,51419173	21
MESÃO FRIO	VILA REAL	1029	341,98352554	47
MIRA	COIMBRA	71	24,719078225	-1
MIRANDA DO	COIMBRA	938	273,77747549	34
MIRANDA DO	BRAGANÇA	905	722,20194935	390
MIRANDELA	BRAGANÇA	929	379,41687651	170
MOGADOURO	BRAGANÇA	988	621,0986836	149
MOIMENTA DA	VISEU	1005	772,06407858	377
MOITA	SETUBAL	61	14,024090638	-4
MONCHIQUE	FARO	896	287,47468463	14
MONDIM DE B	VILA REAL	1300	573,31733234	102
MONFORTE	PORTALEGRE	400	293,36861705	201
MONTALEGRE	VILA REAL	1519	945,32045350	154

Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
MONTENHOR-O	ÉVORA	422	180,20077318	17
MONTENHOR-O	COIMBRA	137	47,301743229	-4
MONTIJO	SETUBAL	139	61,561326515	-5
MONÇÃO	VIANA DO CAS	1111	285,05703388	-5
MORA	ÉVORA	208	131,84933943	34
MORTAGUA	VISEU	772	254,45656054	59
MOURA	BEJA	576	211,40073101	73
MOURÃO	ÉVORA	283	180,43651458	90
MURTOSA	AVERO	34	3,44428144765	-5
MURÇA	VILA REAL	1019	571,69001751	159
MÉRTOLA	BEJA	355	160,27364552	-5
MÉDA	GUARDA	937	581,21407955	235
NAZARÉ	LEIRIA	182	60,886122965	-2
NELAS	VISEU	485	363,12980794	148
NISA	PORTALEGRE	457	257,94029714	40
ODEMIRA	BEJA	503	134,27997068	-5
ODIVELAS	LISBOA	351	142,36679058	9
OERAS	LISBOA	196	76,917349432	-1
OLEIROS	CASTELO BRAN	1087	594,67876238	250
OLHÃO	FARO	405	51,532052946	-22
OLIVEIRA DE A	AVERO	634	228,30223553	20
OLIVEIRA DE F	VISEU	1045	436,19182737	48
OLIVEIRA DO B	AVERO	86	46,350103428	-8
OLIVEIRA DO H	COIMBRA	1229	413,81724443	131
OURIQUE	BEJA	378	189,14317969	60
OURÉM	SANTARÉM	668	231,49561874	81
OUVAR	AVERO	237	37,701072269	-6
PALMELA	SETUBAL	380	43,460096805	-3
PAMPILHOSA D	COIMBRA	1408	635,36997914	250
PARADES	PORTO	510	214,95003263	29
PARADES DE C	VIANA DO CAS	877	437,85251617	114
PAÇOS DE FER	PORTO	564	350,40551216	196
PEDRÓGÃO GR	LEIRIA	772	400,49053174	134
PENACOVA	COIMBRA	559	215,20700723	24
PENAFIEL	PORTO	573	269,24298020	0
PENALVA DO C	VISEU	713	506,61351169	308
PENAMACOR	CASTELO BRAN	1076	538,96112673	295
PENEDONO	VISEU	993	809,05135343	460
PENELA	COIMBRA	865	343,80767379	133
PENICHE	LEIRIA	161	50,282042639	-2
PESO DA RÉGU	VILA REAL	1373	415,94448914	42
PINHEL	GUARDA	914	615,11937372	159
POMBAL	LEIRIA	552	137,03036208	0
PONTE DA BAR	VIANA DO CAS	1363	449,7462848	12
PONTE DE LIM	VIANA DO CAS	832	212,53994392	-12
PONTE DE SOR	PORTALEGRE	281	159,89856262	34
PORTALEGRE	PORTALEGRE	1019	457,75102451	237

Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
PORTTEL	ÉVORA	408	241,58965032	74
PORTIMÃO	FARO	319	59,958957582	-8
PORTO	PORTO	174	78,761537274	-5
PORTO DE MÓ LEIRIA		611	336,18722528	53
PROENÇA-A-N	CASTELO BRAN	949	375,84827038	105
PÓVOA DE LAN BRAGA		705	287,80612685	30
PÓVOA DE VAR PORTO		189	48,153466111	-5
REDONDO	ÉVORA	650	274,63396879	185
REGUENGOS D ÉVORA		363	196,44677566	80
RESENDE	VISEU	1204	662,6983426	45
RIBEIRA DE PE VILA REAL		1283	643,80676456	150
RIO MAIOR	SANTARÉM	486	116,28767785	5
SABROSA	VILA REAL	1090	547,93184403	73
SABUGAL	GUARDA	1225	796,34365914	452
SALVATERRA D SANTARÉM		104	34,777403310	-14
SANTA COMBA VISEU		357	212,97121720	115
SANTA MARIA AVEIRO		464	180,43308096	15
SANTA MARIA VILA REAL		1408	430,00667398	69
SANTARÉM	SANTARÉM	521	91,987860305	0
SANTARÉM DO SETÚBAL		358	117,17369754	-1
SANTO TIROSO PORTO		527	205,29197251	28
SARDOAL	SANTARÉM	448	244,14121569	53
SEA	GUARDA	1990	768,64879885	170
SEYAL	SETÚBAL	83	32,714514111	-11
SERNANCELHE VISEU		959	739,68409948	469
SERPA	BEJA	516	183,60035525	14
SERTÃO	CASTELO BRAN	1081	400,74315536	106
SESIMBRA	SETÚBAL	362	89,378106042	-3
SETÚBAL	SETÚBAL	490	73,87357653	-5
SEVER DO VOU AVEIRO		840	350,36275957	19
SILVES	FARO	414	138,43583131	-2
SINES	SETÚBAL	234	70,046068046	-2
SINTRA	LISBOA	508	172,54439150	-2
SOBRAL DE MO LISBOA		441	242,11245783	110
SOURE	COIMBRA	528	102,19765927	-3
SOUSSEL	PORTALEGRE	452	233,45685387	142
SÁTÃO	VISEU	863	634,96936298	361
SÃO BRÁS DE A FARO		527	336,9083135	123
SÃO JOÃO DA AVEIRO		288	211,27315542	152
SÃO JOÃO DA PIVISEU		975	482,21223317	51
SÃO PEDRO DO VISEU		1110	526,56231964	73
TABUAÇO	VISEU	972	572,37210862	64
TAROUÇA	VISEU	1098	758,40210526	321
TAVIRA	FARO	541	222,84338604	-4
TERRAS DE BO BRAGA		1520	712,62845523	53
TOMAR	SANTARÉM	362	142,06753747	27
TONDELA	VISEU	1045	401,40501215	128

Concelho	Distrito	H_max	H_media	H_min
TORRE DE MO BRAGANÇA		905	462,14147003	102
TORRES NOVAS SANTARÉM		676	117,51112790	11
TORRES VEDRA LISBOA		389	90,057774016	0
TRANCOSSO	GUARDA	982	689,55918666	416
TROFA	PORTO	272	106,69344102	19
TABUA	COIMBRA	519	273,19184668	115
VAGOS	AVEIRO	82	31,1791344	-3
VALE DE CAMB AVEIRO		1046	542,15983300	89
VALENÇA	VIANA DO CAS	774	174,46936129	-6
VALONGO	PORTO	377	160,38812166	35
VALPAÇOS	VILA REAL	1146	588,04423048	221
VENDAS NOVA ÉVORA		184	97,726441316	13
VIANA DO ALE ÉVORA		371	182,49799456	45
VIANA DO CAS VIANA DO CAS		818	146,85140538	-10
VIDIGUEIRA	BEJA	407	171,52008398	58
VIEIRA DO MIN BRAGA		1257	598,42047014	63
VILA DE REI CASTELO BRAN		579	296,54803807	106
VILA DO BISPO FARO		153	73,774588769	-3
VILA DO COND PORTO		233	58,048063742	-5
VILA FLOR BRAGANÇA		849	463,06574253	117
VILA FRANÇA D LISBOA		372	40,128799717	-8
VILA NOVA DA SANTARÉM		207	82,647730255	11
VILA NOVA DE VIANA DO CAS		631	199,41880142	-7
VILA NOVA DE BRAGA		451	133,00069770	19
VILA NOVA DE GUARDA		794	404,14765339	105
VILA NOVA DE PORTO		260	99,743982328	-5
VILA NOVA DE VISEU		1026	793,79991932	526
VILA NOVA DE COIMBRA		465	213,17470805	24
VILA POUÇA DE VILA REAL		1202	781,77085683	225
VILA REAL	VILA REAL	1344	713,39219803	117
VILA REAL DES FARO		249	59,380148180	-4
VILA VELHA DE CASTELO BRAN		548	226,63285726	45
VILA VERDE BRAGA		778	252,60776066	16
VILA VIÇOSA ÉVORA		475	297,10018332	153
VIMIOSO BRAGANÇA		952	628,74082581	261
VINHAIS BRAGANÇA		1268	738,29652977	265
VISEU	VISEU	894	479,16830759	187
VIZELA BRAGA		485	223,73383838	122
VOUZELA	VISEU	1036	549,46174134	142
ÁGUEDA	AVEIRO	756	157,14535851	2
ÉVORA	ÉVORA	437	246,18810225	136
LHAVO	AVEIRO	74	12,779591120	-9
ÓBIDOS	LEIRIA	219	65,112313121	-6

Zona	Zref	θext,v ref	θext,v a	GD ref	GD a	município	Z	θext,v	GD	Zona climática de verão	Zona climática de inverno
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	abrantès	0,157	22,2	1315,7	V3	I2
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	águeda	0,157	20,4	1454,7	V2	I2
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	aguiar da beira	0,697	20,6	2082,0	V2	I3
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	alandroal	0,225	24,3	1154,4	V3	I1
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	albergaria-a-velha	0,109	20,5	1401,9	V2	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	albufeira	0,073	23,1	857,4	V3	I1
alentejo litoral	0,088	22,2	0	1089	1100	alcacer do sal	0,064	22,2	1062,6	V3	I1
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	alcanena	0,196	21,9	1366,4	V2	I2
oeste	0,099	21	0	1165	2200	alcobaça	0,127	21,0	1226,6	V2	I1
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	alcochete	0,012	23,0	992,5	V3	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	alcóutim	0,195	23,1	1077,0	V3	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	alenquer	0,127	21,0	1226,6	V2	I1
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	Alfandega da fé	0,502	22,7	1748,0	V3	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	alijó	0,563	22,8	1741,6	V3	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	aljezur	0,112	23,1	927,6	V3	I1
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	aljustrel	0,144	24,7	1034,0	V3	I1
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	almada	0,054	22,8	1055,5	V3	I1
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	almeida	0,74	21,6	1947,0	V2	I3
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	almeirim	0,056	23,2	1089,1	V3	I1
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	almodôvar	0,305	24,7	1195,0	V3	I1
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	alpiarça	0,043	23,3	1054,0	V3	I1
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	alter do chão	0,217	24,5	1186,2	V3	I1
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	alvaiázere	0,271	21,4	1411,0	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	alvite	0,157	24,7	1047,0	V3	I1
grande lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	amadora	0,149	21,3	1139,0	V2	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	amarante	0,423	21,1	1734,8	V2	I2
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	Amares	0,204	20,6	1533,9	V2	I2
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	anadia	0,113	20,5	1406,3	V2	I2
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	angra do heroísmo	0,056	21,0	673,0	V2	I2
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	ansião	0,28	21,4	1425,4	V2	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Arcos de Valdevez	0,532	19,4	2025,0	V1	I3
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	arganil	0,478	21,0	1742,2	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	armamar	0,58	22,7	1765,4	V3	I2
Entre Douro e Vouga	0,298	20,6	-3	1544	1400	arouca	0,488	20,0	1810,0	V2	I3
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	arraiosos	0,244	24,3	1175,3	V3	I1
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	arronches	0,31	24,5	1297,8	V3	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	arruda dos vinhos	0,21	21,0	1409,2	V2	I2
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	aveiro	0,019	20,7	1302,9	V2	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	avis	0,162	24,5	1120,2	V3	I1
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	azambuja	0,057	23,2	1091,8	V3	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	baião	0,558	20,7	1950,8	V2	I3
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	barcelos	0,116	20,9	1419,5	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	barrancos	0,244	24,7	1134,0	V3	I1
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	barreiro	0,028	22,9	1016,5	V3	I1
pinhal litoral	0,126	20,1	-2	1323	1900	batalha	0,275	19,8	1606,1	V1	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	beja	0,165	24,7	1055,0	V3	I1
cova da beira	0,507	22,5	-6	1687	1400	belmonte	0,509	22,5	1689,8	V3	I2
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	benavente	0,023	23,4	1000,0	V3	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	bombarral	0,08	21,0	1123,2	V2	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	borba	0,361	24,3	1304,0	V3	I2
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	boticas	0,761	20,9	2136,5	V2	I3
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	braga	0,206	20,6	1536,5	V2	I2
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	bragança	0,778	20,8	2162,0	V2	I3
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	cabeceiras de basto	0,574	20,4	1875,0	V2	I3
oeste	0,099	21	0	1165	2200	caldas da rainha	0,089	21,0	1143,0	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	calheta		21,4	589,0	V2	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	calheta		22,5	48,0	V3	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	câmara de lobos	0,157	21,5	283,5	V2	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Caminha	0,2	20,8	1527,0	V2	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	campo maior	0,237	24,5	1210,2	V3	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	cantanhede	0,066	20,9	1303,0	V2	I1
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	carregal do sal	0,268	21,9	1266,9	V2	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	carrezeda de ansiães	0,557	22,8	1733,2	V3	I2
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	cartaxo	0,042	23,3	1051,3	V3	I1
grande lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	cascais	0,093	21,9	1043,8	V2	I1
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	castanheira de pera	0,655	20,6	2025,4	V2	I3
beira interior sul	0,361	22,4	-7	1274	1800	castelo branco	0,333	22,6	1223,6	V3	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	castelo de paiva	0,24	21,6	1442,0	V2	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	castelo de vide	0,361	24,5	1359,0	V3	I2
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	castro daire	0,724	20,5	2133,3	V2	I3
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	castro marim	0,09	23,1	888,0	V3	I1
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	castro verde	0,203	24,7	1093,0	V3	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	cavadal	0,147	21,0	1270,6	V2	I1
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	celorico da beira	0,58	22,4	1787,0	V3	I2
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	celorico de basto	0,444	21,0	1768,4	V2	I2
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	chamusca	0,123	22,8	1270,0	V3	I1
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	chaves	0,595	22,1	1887,5	V3	I3
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	cinfaes	0,629	20,5	2064,4	V2	I3
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	coimbra	0,103	20,9	1340,0	V2	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	condeixa-a-nova	0,14	20,9	1377,0	V2	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	constância	0,12	22,4	1267,6	V3	I1
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	coruche	0,081	23,1	1156,6	V3	I1
cova da beira	0,507	22,5	-6	1687	1400	covilhã	0,696	21,4	1951,6	V2	I3
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	crato	0,278	24,5	1259,4	V3	I1
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	cuba	0,191	24,7	1081,0	V3	I1
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	elvas	0,292	24,5	1276,2	V3	I1
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	entroncamento	0,04	23,0	1163,6	V3	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	espinho	0,042	20,9	1166,8	V2	I1
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	esposende	0,058	21,0	1344,1	V2	I2

baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	estarreja	0,031	20,6	1316,1	V2	I2
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	estremoz	0,322	24,3	1261,1	V3	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	évora	0,246	24,3	1177,5	V3	I1
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	fafe	0,498	20,6	1761,0	V2	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	faro	0,078	23,1	866,4	V3	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	felgueiras	0,332	21,4	1589,2	V2	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	ferreira de zêzere	0,253	21,5	1440,5	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	ferreira do alentejo	0,098	24,7	988,0	V3	I1
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	figueira da foz	0,044	20,9	1281,0	V2	I2
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	figueira de castelo Rodrigo	0,574	22,4	1781,0	V3	I2
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	figueiró dos Vinhos	0,447	21,0	1692,6	V2	I2
serra da Estrela	0,553	21	-4	1851	1600	fornos de Algodres	0,539	21,1	1828,6	V2	I3
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	freixo de espada à cinta	0,515	23,1	1674,4	V3	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	fronteira	0,221	24,5	1191,0	V3	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	funchal	0,037	22,3	103,5	V3	I1
cova da Beira	0,507	22,5	-6	1687	1400	fundão	0,509	22,5	1689,8	V3	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	gavião	0,228	24,5	1199,4	V3	I1
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	góis	0,55	20,8	1857,4	V2	I3
lezíria do Tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	golegã	0,019	23,4	989,2	V3	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	gondomar	0,109	20,9	1274,0	V2	I1
serra da Estrela	0,553	21	-4	1851	1600	gouveia	0,737	20,3	2145,4	V2	I3
alentejo litoral	0,088	22,2	0	1089	1100	grândola	0,097	22,2	1098,9	V3	I1
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	guarda	0,805	21,3	2012,0	V2	I3
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	guimarães	0,248	21,3	1386,0	V2	I2
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	horta	0,055	21,0	671,5	V2	I1
beira interior sul	0,361	22,4	-7	1274	1800	idanha-a-nova	0,323	22,7	1205,6	V3	I1
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	ilhavo	0,013	20,7	1296,3	V2	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	lagoa	0,046	23,1	808,8	V3	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	lagoa	0,045	21,1	656,5	V2	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	lagos	0,072	23,1	855,6	V3	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	lajes das Flores	0,054	21,0	670,0	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	lajes do Pico	0,409	18,9	1202,5	V1	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	lamego	0,617	22,5	1817,2	V3	I3
pinhal litoral	0,126	20,1	-2	1323	1900	leiria	0,12	20,1	1311,6	V2	I2
grande Lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	lisboa	0,08	22,0	1021,7	V2	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	loulé	0,251	23,1	1177,8	V3	I1
grande Lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	loures	0,131	21,5	1108,4	V2	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	lourinha	0,091	21,0	1147,4	V2	I1
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	lousã	0,33	21,3	1505,4	V2	I2
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	lousada	0,291	21,5	1523,6	V2	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	mação	0,302	21,2	1504,2	V2	I2
Alto Trás-os-Montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	macedo de Cavaleiros	0,604	22,0	1901,0	V3	I3
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	machico	0,026	22,3	87,0	V3	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	madalena	0,034	21,2	640,0	V2	I1
grande Lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	mafra	0,154	21,3	1147,5	V2	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	maia	0,101	20,9	1261,2	V2	I1
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	mangualde	0,478	21,3	1665,9	V2	I2
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	manteigas	1,147	19,6	2354,0	V1	I3
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	marco de Canaveses	0,29	21,5	1522,0	V2	I2
pinhal litoral	0,126	20,1	-2	1323	1900	marinha Grande	0,068	20,2	1212,8	V2	I1
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	marvão	0,519	24,5	1548,6	V3	I2
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	matosinhos	0,049	20,9	1178,0	V2	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	mealhada	0,115	20,9	1352,0	V2	I1
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	mêda	0,581	22,4	1788,0	V3	I2
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Melgaço	0,787	18,4	2407,5	V1	I3
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	mértola	0,16	24,7	1050,0	V3	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	mesão Frio	0,342	24,1	1432,2	V3	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	mira	0,025	20,9	1262,0	V2	I2
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	miranda do Corvo	0,274	21,4	1415,8	V2	I1
Alto Trás-os-Montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	miranda do Douro	0,722	21,2	2078,0	V2	I3
Alto Trás-os-Montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	mirandela	0,379	23,6	1563,5	V3	I2
Alto Trás-os-Montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	mogadouro	0,621	21,9	1926,5	V2	I3
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	moimenta da Beira	0,772	21,5	2034,2	V2	I3
península de Setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	moita	0,014	23,0	995,5	V3	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Monção	0,285	20,4	1654,5	V2	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	monchique	0,287	23,1	1242,6	V3	I1
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	mondim de Basto	0,573	20,4	1873,5	V2	I3
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	monforte	0,293	24,5	1277,4	V3	I1
Alto Trás-os-Montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	montalegre	0,945	19,6	2412,5	V1	I3
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	montemor-o-novo	0,18	24,3	1104,9	V3	I1
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	montemor-o-velho	0,047	20,9	1284,0	V2	I1
península de Setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	montijo	0,062	22,7	1067,5	V3	I1
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	mora	0,132	24,5	1084,2	V3	I1
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	mortágua	0,255	20,9	1492,0	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	moura	0,211	24,7	1101,0	V3	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	mourão	0,18	24,3	1104,9	V3	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	murça	0,572	22,7	1754,2	V3	I2
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	murtosa	0,003	20,7	1285,3	V2	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	nazaré	0,061	21,0	1081,4	V2	I1
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	nelas	0,363	21,6	1447,4	V2	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	nisa	0,258	24,5	1235,4	V3	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	nordeste	0,166	20,4	838,0	V2	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	óbidos	0,065	21,0	1090,2	V2	I1
alentejo litoral	0,088	22,2	0	1089	1100	odemira	0,134	22,2	1139,6	V3	I1
grande Lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	odivelas	0,142	21,4	1127,1	V2	I1
grande Lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	oeiras	0,077	22,0	1016,6	V3	I1
pinhal interior sul	0,361	22,4	-3	1511	1500	oleiros	0,595	21,7	1862,0	V2	I3
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	olhão	0,052	23,1	819,6	V3	I1
Entre Douro e Vouga	0,298	20,6	-3	1544	1400	oliveira de Azeméis	0,228	20,8	1446,0	V2	I2
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	oliveira de Frades	0,436	21,4	1586,1	V2	I2
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	oliveira do Bairro	0,046	20,6	1332,6	V2	I2

pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	oliveira do hospital	0,414	21,1	1639,8	V2	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	ourém	0,231	21,7	1411,9	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	ourique	0,189	24,7	1079,0	V3	I1
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	ovar	0,038	20,6	1323,8	V2	I2
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	paços de ferreira	0,35	21,3	1618,0	V2	I2
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	palmela	0,043	22,8	1039,0	V3	I3
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	pampilhosa da serra	0,635	20,7	1993,4	V2	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	paredes	0,215	21,7	1402,0	V2	I2
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Paredes de Coura	0,438	19,8	1884,0	V1	I3
beira interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	pedrógão grande	0,4	21,1	1617,4	V2	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	penacova	0,215	20,9	1452,0	V2	I2
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	penafiel	0,269	21,6	1488,4	V2	I2
vão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	penalva do castelo	0,407	21,5	1531,0	V2	I2
beira interior sul	0,361	22,4	-7	1274	1800	penamacor	0,539	21,2	1594,4	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	penedono	0,809	21,3	2086,0	V2	I3
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	penela	0,344	21,2	1527,8	V2	I2
oeste	0,099	21	0	1165	2200	peniche	0,05	21,0	1057,2	V2	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	peso da régua	0,416	23,7	1535,8	V3	I2
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	pinhel	0,615	22,2	1822,0	V3	I3
pinhal litoral	0,126	20,1	-2	1323	1900	pombal	0,137	20,1	1343,9	V2	I2
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	ponta delgada	0,048	21,1	661,0	V2	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	ponta do sol	0,04	22,2	108,0	V3	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Ponte da Barca	0,45	19,8	1902,0	V1	I3
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Ponte de lima	0,212	20,7	1545,0	V2	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	ponte de sôr	0,16	24,5	1117,8	V3	I1
pinhal litoral	0,126	20,1	-2	1323	1900	porto de mós	0,336	19,7	1722,0	V1	I2
alto alentejo	0,246	24,5	0	1221	1200	portalegre	0,458	24,5	1475,4	V3	I2
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	portel	0,242	24,3	1173,1	V3	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	portimão	0,06	23,1	834,0	V3	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	porto	0,079	20,9	1226,0	V2	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	porto moniz	0,023	22,3	82,5	V3	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	porto santo	0,22	21,2	378,0	V2	I1
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	póvoa de lanhoso	0,288	21,2	1446,0	V2	I2
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	povoia de varzim	0,048	20,9	1176,4	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	povoação	0,018	21,3	616,0	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	praia da vitória	0,026	21,2	628,0	V2	I1
pinhal interior sul	0,361	22,4	-3	1511	1500	proença-a-nova	0,376	22,4	1533,5	V3	I2
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	redondo	0,275	24,3	1209,4	V3	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	reguengos de monsaraz	0,196	24,3	1122,5	V3	I1
Tâmega	0,320	21,4	-3	1570	1600	resende	0,663	20,4	2118,8	V2	I3
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	ribeira brava	0,232	21,1	396,0	V2	I1
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	ribeira de pena	0,644	21,8	1961,0	V2	I3
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	ribeira grande	0,045	21,1	656,5	V2	I1
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	rio maior	0,116	22,8	1251,1	V3	I1
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	s. brás de alportel	0,337	23,1	1332,6	V3	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	sabrosa	0,548	22,9	1720,6	V3	I2
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	sabugal	0,796	21,3	2003,0	V2	I3
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	salvaterra de magos	0,035	23,3	1032,4	V3	I1
vão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	santa comba d'ão	0,213	22,1	1162,4	V3	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	santa cruz	0,073	22,0	157,5	V3	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	santa cruz da graciosa	0,022	21,2	622,0	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	santa cruz das flores	0,019	21,2	617,5	V2	I1
Entre Douro e Vouga	0,298	20,6	-3	1544	1400	santa maria da feira	0,18	21,0	1378,8	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	santa marta de penaguião	0,43	23,6	1555,4	V3	I2
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	santana	0,52	19,4	828,0	V1	I1
lezíria do tejo	0,073	23,1	-6	1135	2700	santarem	0,092	23,0	1186,3	V3	I1
alentejo litoral	0,088	22,2	0	1089	1100	santiago do cacém	0,117	22,2	1120,9	V3	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	santo tirso	0,205	20,9	1427,6	V2	I2
Entre Douro e Vouga	0,298	20,6	-3	1544	1400	são João da madeira	0,211	20,9	1422,2	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	são João da pesqueira	0,482	23,3	1628,2	V3	I2
vão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	são pedro do sul	0,527	21,1	1759,0	V2	I2
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	são roque do pico	0,037	21,1	644,5	V2	I1
madeira	0,380	20,2	-6	618	1500	são vicente	0,108	21,8	210,0	V2	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	sardoal	0,244	21,6	1428,8	V2	I1
vão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	sátão	0,635	20,8	1964,2	V2	I3
serra da estrela	0,553	21	-4	1851	1600	seia	0,769	20,1	2196,6	V2	I3
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	seixal	0,033	22,9	1024,0	V3	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	sernancelhe	0,74	21,7	1989,4	V2	I3
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	serpa	0,184	24,7	1074,0	V3	I1
pinhal interior sul	0,361	22,4	-3	1511	1500	sertã	0,401	22,3	1571,0	V3	I2
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	sesimbra	0,089	22,6	1108,0	V3	I1
península de setúbal	0,047	22,8	-5	1045	1500	setúbal	0,074	22,7	1085,5	V3	I1
baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	sever do vouga	0,35	20,0	1667,0	V1	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	silves	0,07	23,1	852,0	V3	I1
alentejo litoral	0,088	22,2	0	1089	1100	sines	0,07	22,2	1069,2	V3	I1
grande lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	sintra	0,173	21,1	1179,8	V2	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	sobral de monte agração	0,242	21,0	1479,6	V2	I2
baixo Mondego	0,067	20,9	0	1304	1000	soure	0,102	20,9	1339,0	V2	I2
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	sousel	0,233	24,3	1163,2	V3	I1
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	tábua	0,273	21,4	1414,2	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	tabuaço	0,572	22,7	1754,2	V3	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	tarouca	0,758	21,6	2014,6	V2	I3
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	tavira	0,223	23,1	1127,4	V3	I1
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	terras de bouro	0,713	19,1	2195,6	V1	I3
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	tomar	0,142	22,3	1296,2	V3	I1
vão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	tondela	0,401	21,5	1519,6	V2	I2
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	torre de moncorvo	0,462	23,4	1600,2	V3	I2
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	torres novas	0,118	22,5	1265,0	V3	I1
oeste	0,099	21	0	1165	2200	torres vedras	0,09	21,0	1145,2	V2	I1
beira interior norte	0,717	21,7	-5	1924	1000	trancoso	0,69	21,8	1897,0	V2	I3
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	trofa	0,107	20,9	1270,8	V2	I1

baixo vouga	0,050	20,6	-2	1337	1100	vagos	0,031	20,6	1316,1	V2	I2
Entre Douro e Vouga	0,298	20,6	-3	1544	1400	vale de cambra	0,542	19,9	1885,6	V1	I3
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Valença	0,174	20,9	1488,0	V2	I2
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	valongo	0,16	20,9	1355,6	V2	I2
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	valpaços	0,588	22,1	1877,0	V3	I3
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	velas	0,035	21,2	641,5	V2	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	vendas novas	0,098	24,3	1014,7	V3	I1
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	viana do alentejo	0,182	24,3	1107,1	V3	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Viana do Castelo	0,147	21,0	1447,5	V2	I2
baixo alentejo	0,178	24,7	0	1068	1000	vidigueira	0,172	24,7	1062,0	V3	I1
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	vieira do minho	0,598	20,3	1911,0	V2	I3
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	vila de porto	0,097	20,8	734,5	V2	I1
pinhal interior sul	0,361	22,4	-3	1511	1500	vila de rei	0,297	22,6	1415,0	V3	I2
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	vila do bispo	0,074	23,1	859,2	V3	I1
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	vila do conde	0,058	20,9	1192,4	V2	I1
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	vila do corvo	0,011	21,3	605,5	V2	I1
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	vila flor	0,463	23,0	1689,5	V3	I2
açores	0,010	21,3	-6	604	1500	vila franca de campo	0,035	21,2	641,5	V2	I1
grande lisboa	0,109	21,7	-10	1071	1700	vila franca de xira	0,04	22,4	953,7	V3	I1
médio tejo	0,168	22,1	-7	1330	1300	vila nova da barquinha	0,083	22,7	1219,5	V3	I1
minho-lima	0,268	20,5	-4	1629	1500	Vila nova de Cerveira	0,199	20,8	1525,5	V2	I2
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	vila nova de famalicão	0,133	21,7	1213,5	V2	I1
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	vila nova de foz coa	0,404	23,8	1519,0	V3	I2
Grande Porto	0,094	20,9	0	1250	1600	vila nova de gaia	0,1	20,9	1259,6	V2	I1
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	vila nova de paiva	0,794	20,3	2266,3	V2	I3
pinhal interior norte	0,361	21,2	-2	1555	1600	vila nova de poiares	0,213	21,5	1318,2	V2	I2
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	vila pouca de aguiar	0,782	20,8	2168,0	V2	I3
douro	0,579	22,7	-6	1764	1400	vila real	0,713	21,9	1951,6	V2	I3
algarve	0,145	23,1	0	987	1800	vila real de santo antónio	0,059	23,1	832,2	V3	I1
beira interior sul	0,361	22,4	-7	1274	1800	vila velha de ródão	0,227	23,3	1032,8	V3	I1
Cávado	0,171	20,7	-3	1491	1300	vila verde	0,253	20,5	1597,6	V2	I2
alentejo central	0,221	24,3	0	1150	1100	vila viçosa	0,297	24,3	1233,6	V3	I1
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	vimioso	0,623	21,9	1929,5	V2	I3
Alto tras-os-montes	0,680	21,5	-7	2015	1500	vinhais	0,738	21,1	2102,0	V2	I3
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	viseu	0,479	21,3	1667,8	V2	I2
ave	0,426	20,8	-3	1653	1500	vizela	0,233	21,4	1363,5	V2	I2
dão-lafões	0,497	21,2	-3	1702	1900	vouzela	0,549	21,0	1800,8	V2	I3



## Anexo C: Ganhos solares Brutos



Ganhos Solares Brutos na Estação de Aquecimento

Envidraçado	X	Fh	Fo	Ff	Fo*Ff	<0,9	Fs	Aw	Fg	gi	As	X*As
Cozinha NE	0,33	0,81	1,00	1,00	1,00	0,90	0,73	12,74	0,70	0,68	4,39	1,45
Sala NW	0,33	1,00	0,83	1,00	0,83	0,83	0,85	15,08	0,70	0,68	6,06	2,00
Sala SE	0,84	1,00	1,00	0,91	0,91	0,90	0,90	13,52	0,70	0,68	5,75	4,83
Escritório NW	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	12,74	0,70	0,68	5,42	1,79
Quarto1 SE	0,84	0,79	1,00	0,72	0,72	0,72	0,50	6,87	0,70	0,68	1,62	1,36
Quarto2 NW	0,33	0,86	1,00	0,80	0,80	0,80	0,69	6,97	0,70	0,68	2,27	0,75
Quarto3 SE	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	7,67	0,70	0,68	3,26	2,74
Quarto4 SW	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	12,74	0,70	0,68	5,42	4,55
Corredor NE	0,33	0,88	1,00	0,84	0,84	0,84	0,72	13,75	0,70	0,68	4,68	1,54
												Σ 21,01

Qsol,i= 9475,28

Ganhos Solares Brutos na Estação de arrefecimento

Envidraçado	Isol	Ph	Fo	Ff	Fo*Ff	<0,9	Fs	Fw	g <sup>l</sup> vi	gTp	gT	Fmv	gv	Fg	Aw	As	Fs*As*Isol
Cozinha NE	285,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,85	0,75	0,64	0,03	0,40	0,39	0,70	12,74	3,52	902,41
Sala NW	285,00	1,00	0,68	1,00	0,68	0,68	0,68	0,85	0,75	0,64	0,03	0,40	0,39	0,70	15,08	4,16	807,05
Sala SE	375,00	1,00	1,00	0,77	0,77	0,77	0,77	0,85	0,75	0,64	0,03	0,70	0,21	0,70	13,52	2,01	580,02
Escritório NW	285,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,85	0,75	0,64	0,03	0,40	0,39	0,70	12,74	3,52	902,41
Quarto1 SE	375,00	1,00	1,00	0,72	0,72	0,72	0,72	0,85	0,75	0,64	0,03	0,70	0,21	0,70	6,87	1,02	275,59
Quarto2 NW	285,00	1,00	1,00	0,69	0,69	0,69	0,69	0,85	0,75	0,64	0,03	0,40	0,39	0,70	6,97	1,92	378,51
Quarto3 SE	375,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,85	0,75	0,64	0,03	0,70	0,21	0,70	7,67	1,14	384,60
Quarto4 SW	375,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,85	0,75	0,64	0,03	0,70	0,21	0,70	12,74	1,89	638,84
Corredor NE	285,00	1,00	1,00	0,78	0,78	0,78	0,78	0,85	0,75	0,64	0,03	0,40	0,39	0,70	13,75	3,80	844,09
																	$\Sigma Fs*As*Isol=$ 5713,51





Anexo D: Folhas de Cálculo e Fichas resumo das várias zonas  
climáticas



















Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu} + H_{eq}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu,REF} + H_{eq,REF}$   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  $H_{tr,REF}$   W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFCIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext,REF}$   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  $H_{ec,REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr,REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFCIMENTO**

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

##### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\frac{1}{\eta_{RC,V}} = \frac{0}{0} \times$$

Rendimento do sistema de recuperação de calor  $\eta_{RC,V}$

$$\frac{0}{227,57} = \frac{0}{227,57} \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal médio diário insuflado  $V_{ins}$

$$\frac{1,00}{0,34} = \frac{1,00}{0,34}$$

factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor  $b_{ve,e}$

$$0,34 \times 0,40 = 0,136$$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento  $R_{ph,i}$

$$\frac{227,57}{2,50} = 91,028$$

Área útil de pavimento  $A_p$

$$\frac{2,50}{77,37} = 0,032$$

Pé direito médio da fração  $P_d$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação  $H_{ve,i}$

$$0,34 \times 0,40 = 0,136$$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento  $R_{ph,i}$

$$\frac{227,57}{2,50} = 91,028$$

Área útil de pavimento  $A_p$

$$\frac{2,50}{77,37} = 0,032$$

Pé direito médio da fração  $P_d$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação  $t_{ve,i}$

##### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\frac{1}{\eta_{RC,V}} = \frac{0}{0} \times$$

Rendimento do sistema de recuperação de calor  $\eta_{RC,V}$

$$\frac{0}{341,36} = \frac{0}{341,36} \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal médio diário insuflado  $V_{ins}$

$$\frac{1,00}{0,34} = \frac{1,00}{0,34}$$

factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor  $b_{ve,e}$

$$0,34 \times 0,60 = 0,204$$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento  $R_{ph,v}$

$$\frac{227,57}{2,50} = 91,028$$

Área útil de pavimento  $A_p$

$$\frac{2,50}{116,06} = 0,021$$

Pé direito médio da fração  $P_d$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação  $H_{ve,v}$

$$\frac{1}{\eta_{RC,V}} = \frac{0}{0} \times$$

Rendimento do sistema de recuperação de calor  $\eta_{RC,V}$

$$\frac{0}{341,36} = \frac{0}{341,36} \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal médio diário insuflado  $V_{ins}$

$$\frac{1,00}{0,34} = \frac{1,00}{0,34}$$

factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor  $b_{ve,e}$

$$0,34 \times 0,60 = 0,204$$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento  $R_{ph,v}$

$$\frac{227,57}{2,50} = 91,028$$

Área útil de pavimento  $A_p$

$$\frac{2,50}{116,06} = 0,021$$

Pé direito médio da fração  $P_d$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação  $H_{ve,v}$







$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 12390,21 \text{ kWh/ano}$$

#### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} = 110 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

x

$$0,182$$

x

$$0,2$$

x

$$\text{Área útil de pavimento } A_p = 227,57 \text{ m}^2$$

=

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} = 911,19 \text{ kWh/ano}$$

+

$$\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} = 2685,18 \text{ kWh/ano}$$

=

$$\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} = 3596,370635 \text{ kWh/ano}$$







Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 636,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 77,37 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 714,15 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,203 \quad \text{}^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 636,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{e,i} \quad 18\,377,48 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,203 \quad \text{}^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 77,37 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{e,i} \quad 2\,233,01 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{e,i} \quad 12\,390,21 \quad \text{kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} \quad 20\,610,48 \quad \text{kWh/ano} \\ &= \\ &\text{parâmetro } \gamma_i \quad 0,60 \\ &\text{parâmetro } a_i \quad 4,20 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 659,96 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,REF} \quad 77,37 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,REF} \quad 737,34 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,203 \quad \text{}^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 659,96 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{e,i,REF} \quad 19\,046,54 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,203 \quad \text{}^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,REF} \quad 77,37 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{e,i,REF} \quad 2\,233,01 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_i$

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

Ganhos totais úteis  $Q_{g,u,i}$   kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_{i,REF}$

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  $Q_{t,i}$   kWh/ano

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento  $Q_{r,i}$   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  $A_b$   m<sup>2</sup>

Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N_c$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento  $Q_{t,REF}$   kWh/ano

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento  $Q_{r,REF}$   kWh/ano

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento  $Q_{g,u,REF}$   kWh/ano

Necessidades Anuais na estação de aquecimento  kWh/ano

Área útil de pavimento  $A_b$   m<sup>2</sup>

Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N$   kWh/m<sup>2</sup>.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**

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{636,78} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{116,06} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr,v} \quad \boxed{752,84} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{636,78} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{6} \quad ^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \quad \text{horas} \\ &\div \\ &1000 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad \boxed{11\,362,22} \quad \text{kWh/ano}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{116,06} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{6} \quad ^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \quad \text{horas} \\ &\div \\ &1000 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad \boxed{2\,070,90} \quad \text{kWh/ano}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ &+ \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gb,v} \quad \boxed{9\,495,40} \quad \text{kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} \quad \boxed{13\,433,12} \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

$$= \begin{array}{l} \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{0,71} \\ \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,92} \end{array}$$

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{l} (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,08} \\ \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{9495,40} \text{ kWh/ano} \\ \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{227,57} \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{e,c} \quad \boxed{3,41} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{array}$$

#### F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{l} (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,08} \\ \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \quad \boxed{10004,43} \text{ kWh/ano} \\ \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{227,57} \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N \quad \boxed{3,62} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{array}$$

Folha de Cálculo G

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Util $N_{e,c}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>el</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{e,c} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{e,c} \cdot F_{conv} / \eta_i$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limites das Necessidades de Energia Util $N_{e,c}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>sp</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_{e,c} \cdot F_{conv} / \eta_i$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Electricidade	38,88	1,00	1	3,20	2,5	2764,31	30,37	Sistema 3	Electricidade	84,03	1,00	3,2	2,5	65,65
Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	-	1	-	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	1	2,5	0,00
		TOTAL				2764,31		30,37		TOTAL				65,65	

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Util $N_{e,r}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_r$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_r$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>el</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_r \cdot \delta \cdot N_{e,r} / \eta_r \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_r \cdot \delta \cdot N_{e,r} \cdot F_{conv} / \eta_r$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limites das Necessidades de Energia Util $N_{e,r}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_r$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{r,ref}$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>sp</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_r \cdot N_{e,r} \cdot F_{conv} / \eta_r$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Electricidade	3,41	1,00	0	2,80	2,5	0,00	0,00	Sistema 3	Electricidade	3,62	1,00	2,8	2,5	3,23
Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	-	2,8	-	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	2,8	2,5	0,00
		TOTAL				0,00		0,00		TOTAL				3,23	

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

CONSUMO DE AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Util $Q_{u,p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_h$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>el</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,p} / \eta_h \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,p} \cdot F_{conv} / \eta_h$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Limites das Necessidades de Energia Util $Q_{u,p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{h,ref}$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>sp</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_{u,p} \cdot F_{conv} / \eta_h$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Gas Propano	13,06	0,44	1	0,86	1	1506,52	6,62	Sistema 2	Gas Propano	13,06	1,00	0,86	1	15,18
Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	-	0,95	-	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	0,95	2,5	0,00
		TOTAL				1506,52		13,98		TOTAL				15,18	

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Util $Q_{u,p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_h$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>el</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,p} / \eta_h \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,p} \cdot F_{conv} / \eta_h$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Limites das Necessidades de Energia Util $Q_{u,p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{h,ref}$	Fator de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>sp</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_{u,p} \cdot F_{conv} / \eta_h$ kWh <sub>sp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Gas Propano	13,06	0,44	1	0,86	1	1506,52	6,62	Sistema 2	Gas Propano	13,06	1,00	0,86	1	15,18
Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	-	0,95	-	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	0,95	2,5	0,00
		TOTAL				1506,52		13,98		TOTAL				15,18	

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{el}$   kWh/ano  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>









**FICHA N.º 1**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**  
**DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
(nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

**Câmara Municipal de** Évora

**Edifício**

Empreendimento: I1V3 Nº de frações: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Freguesia: \_\_\_\_\_ Concelho: Évora

**Tipo de intervenção**

Edifício Novo     Grande intervenção  
(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
0	227,57	2,50	T4

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
0	0,40	16,01	63,84	44,31	30,56	2972	52,51	92,35	1676	0

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: 0  
Inscrito na: 0 Número de inscrição: 0  
Assinatura: \_\_\_\_\_



**FICHA N.º 1**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**  
**DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
(nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

**Câmara Municipal de** Batalha

**Edifício**

Empreendimento: I2V1 Nº de frações: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Freguesia: \_\_\_\_\_ Concelho: Batalha

**Tipo de intervenção**

Edifício Novo     Grande intervenção  
(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
0	227,57	2,50	T4

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
0	0,40	29,90	80,44	9,63	6,42	2972	35,06	83,76	1676	0

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: 0  
Inscrito na: 0 Número de inscrição: 0  
Assinatura \_\_\_\_\_







**FICHA N.º 1**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**  
**DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
(nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

**Câmara Municipal de** Mirandela

**Edifício**

Empreendimento: I2V3 Nº de frações: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Freguesia: \_\_\_\_\_ Concelho: Mirandela

**Tipo de intervenção**

Edifício Novo     Grande intervenção  
(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
0	227,57	2,50	T4

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
0	0,40	28,78	78,82	35,46	21,57	2972	54,46	96,02	1676	0

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: 0  
Inscrito na: 0 Número de inscrição: 0  
Assinatura: \_\_\_\_\_

















### 1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_gran de_reabilitação
Local (município)	LAJES DO PICO
Região	B
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	409
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	6,5
Altura da fração ( $H_{FA}$ ) em m	6,5

Área útil (m <sup>2</sup> ):	227,6
Pd (m):	2,50
N.º de pisos da fração	2
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u10REH: 3,94) (m/s)	
Vol (m <sup>3</sup> ):	569
Texterior (°C)	11,6
Zref (m)	10
Aenv/Au:	45%
Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada:	<b>Inferior</b>

### 2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	
Área dos vãos (m <sup>2</sup> )	101,98
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	3
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 <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)	550			

### 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)	Não	Não	Não	Não
Escoamento de ar				
Perda de carga				
Altura da conduta (m)				
Cobertura				
Número de condutas semelhantes				

### 5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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

$R_{ph,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,40
$R_{ph,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60
W <sub>m</sub> (kWh)	0,0

#### 8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

$R_{ph,i REF}$ (h-1)	0,40
----------------------	------

#### 8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)	0,40
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério R <sub>ph</sub> mínimo	<b>Satisfatório</b>

Nota: No Cálculo de R<sub>ph</sub> 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: \_\_\_\_\_

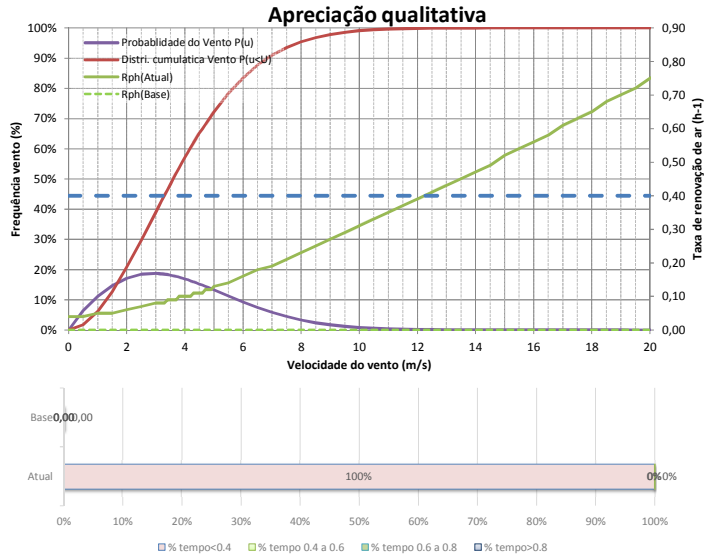
Data: 23/10/2014



**Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)**

**1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar**

(Ajuda)



**2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)**

(Ajuda)

**Janelas:**

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	2
---	---

**Permeabilidade ao ar da envolvente:**

Valor n50 recomendado para construção usual:	1,80
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,70
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	1,01

**3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada**

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	804 m <sup>3</sup> /h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m <sup>3</sup> /h)	1184 cm <sup>2</sup>	804 m <sup>3</sup> /h	1047 m <sup>3</sup> /h	1484 m <sup>3</sup> /h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	1184 cm <sup>2</sup>	1,41 h-1	1,84 h-1	2,61 h-1

**Isolamento sonoro:** Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Mista	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	30,2
Correcção	Ctr	Área da janela (m <sup>2</sup> )	15,1
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m <sup>3</sup> )	158,3
Tipo vidro	4-15-5 (33,-1,-4)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	0		

Tipo de parede	Simplex 22cm ETICS (isol de 70 kg/m <sup>3</sup> ) (54dB)	Rw (Ctr) (dB)	
	A (m <sup>2</sup> )		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	0	52	Rw vidro 33
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C -1
Janela (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	15,1	24	Ctr -4
Parede (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	15,1	54	IGU Rw+Correcção 29
Fachada (Área (m <sup>2</sup> )/Rw(Ctr))	30,2	27	Janela Rw+Correcção 24
Fachada D2m,n,T,W (dB)		25	

<b>Resultados: isolamento sonoro</b>		
Isolamento fachada (D2m,n,T,W)	25	
Isolamento mínimo requerido (D2m,n,T,W)	33	Melhorar isolamento

**Síntese:**

Grelhas fixas com 550 cm<sup>2</sup> de área livre. As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuídas pelas diferentes fachadas.