



**GABRIEL BORTOLUZZI TEIXEIRA**

**AS POTENCIALIDADES DO CONCEITO PASSIVE HOUSE NA  
REABILITAÇÃO COM VISTA AO BALANÇO ENERGÉTICO NULO**

**Março/2019**

**GABRIEL BORTOLUZZI TEIXEIRA**

**AS POTENCIALIDADES DO CONCEITO PASSIVE HOUSE NA REABILITAÇÃO  
COM VISTA AO BALANÇO ENERGÉTICO NULO**

Orientador(s): Prof. Especialista Silvia Maria Afonso Fernandes

Prof. Mestre José Valter Monteiro Larcher

Dissertação - Apresentado à ESTIG no âmbito da Dupla Diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – IPB para Mestrado em Engenharia Civil na área de Engenharia da Construção.

A linguagem utilizada na dissertação foi o Português Brasileiro

**Instituto Politécnico de Bragança**  
**Março/2019**

## Resumo

O parque habitacional português tem grandes necessidades de reabilitações. Segundo a legislação nacional relativa ao desempenho energético dos edifícios, os edifícios novos deverão ter, ao final do ano de 2020, necessidades quase nulas de energia. Os edifícios existentes tenderão a seguir o mesmo caminho, embora com objetivos diferenciados, consoante a sua categoria. O presente trabalho foi realizado para estudo das potencialidades e limitações da aplicação do conceito Passive House, quando comparado com a metodologia regulamentar no contexto da certificação energética. O Enerphit define requisitos de eficiência energética para reabilitação de edifícios e é um dos tipos de certificado emitido pelo Passive House Institute, considerado o conceito com o padrão de eficiência energética mais alto do mundo. O trabalho apresenta, a partir de simulações realizadas pelo autor, resultados do projeto de reabilitação térmica de duas frações de um edifício habitacional, realocado em três localidades com diferentes altitudes e zoneamentos e com aplicação de diferentes cenários, utilizando requisitos regulamentares e os da Passive House, tendo em vista refletir nas potencialidades e limitações do conceito Passive House no caso de uma grande reabilitação.

## Abstract

The Portuguese housing stock has great rehabilitation needs. According to the national legislation on the energy performance of buildings, new buildings are expected to have almost zero energy needs, by the end of 2020. Existing buildings will tend to follow the same path, although with different objectives, depending on their category. The present work was carried out to study the potentialities and limitations of the application of the Passive House concept, when compared to the regulatory methodology in the context of energy certification. Enerphit sets energy efficiency requirements for building rehabilitation and is one of the types of certificate issued by the Passive House Institute, considered the concept with the highest energy efficiency standard in the world. The work presents, from simulations carried out by the author, results of the thermal rehabilitation project of two fractions of a residential building, reallocated in three locations with different altitudes and zoning and applying different scenarios, using regulatory requirements and those of Passive House, in order to reflect on the potentialities and limitations of the Passive House concept in case of major rehabilitation.

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. MOTIVAÇÃO.....	1
1.2. OBJETIVO PRINCIPAL.....	2
1.3. ESTRUTURA.....	2
<b>2. EDIFICAÇÕES E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	4
2.1. A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ENERGÉTICA A NIVEL MUNDIAL E SEU FUTURO .....	4
2.2. DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS .....	5
2.3. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS.....	6
2.4. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS .....	9
2.5. NECESSIDADES DE REABILITAÇÃO EM PORTUGAL.....	11
2.6. BALANÇO ENERGÉTICO NULO NA REABILITAÇÃO .....	13
<b>3. O CONCEITO PASSIVE HOUSE</b> .....	15
3.1. O CONCEITO PASSIVE HOUSE .....	15
3.2. CONCEITO PASSIVE HOUSE EM PORTUGAL .....	18
3.3. CERTIFICAÇÃO PASSIVE HOUSE.....	20
3.4. PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA NOVOS EDIFÍCIOS .....	21
<b>3.4.1. Isolamento Térmico</b> .....	22
<b>3.4.2. Janelas Eficientes</b> .....	23
<b>3.4.3. Sistemas de ventilação com recuperação de calor</b> .....	26
<b>3.4.4. Estanqueidade</b> .....	28
<b>3.4.5. Correção e minimização de pontes térmicas</b> .....	29
3.5. REABILITAÇÃO PASSIVE HOUSE .....	30
<b>4. SISTEMAS TÉCNICOS PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS</b> .....	34
4.1. BOMBA DE CALOR AR-ÁGUA .....	34
4.2. CALDEIRA A GÁS .....	35
4.3. AR CONDICIONADO .....	35
4.4. SALAMANDRA.....	35
<b>5. METODOLOGIA DA TESE</b> .....	37
5.1. PROJETO BASE .....	39
<b>5.1.1. Projeto da Fração A sem alteração</b> .....	39
<b>5.1.2. Projeto da Fração B sem alteração</b> .....	42
<b>5.1.3. Projeto Frações com U máximo</b> .....	44
5.2. APLICAÇÃO DO PROJETO PARA OUTRAS LOCALIDADES .....	47
5.3. ADEQUAÇÃO DE PROJETO PARA SISTEMAS TÉCNICOS.....	49

5.3.1.	Bomba de Calor Ar-Água.....	49
5.3.2.	Caldeira a gás .....	50
5.3.3.	Multi-Split ar-ar .....	50
5.3.4.	Salamandra .....	50
5.3.5.	Recuperador de calor.....	51
6.	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> .....	52
6.1.	APLICAÇÃO DOS REQUISITOS ENERPHIT .....	52
6.1.1.	Fração A .....	52
6.1.2.	Fração B .....	54
6.2.	APLICAÇÃO REQUISITOS PASSIVE HOUSE PARA NOVOS EDIFÍCIOS .....	55
6.2.1.	Fração A .....	55
6.2.2.	Fração B .....	56
6.3.	PROJETO PARA DIFERENTES SISTEMAS TÉCNICOS.....	57
7.	<b>RESULTADOS</b> .....	58
7.1.	COMPARATIVO DE FRAÇÕES SEM ALTERAÇÃO DE PROJETO E REQUISITOS ENERPHIT .....	58
7.1.1.	<b>Realocação de frações sem alteração de projeto</b> .....	58
7.1.2.	<b>Realocações de frações com requisitos Enerphit</b> .....	59
7.1.3.	<b>Simulação do projeto com aplicação de diferentes sistemas</b> .....	61
7.1.3.1.	Bomba de calor ar-água .....	61
7.1.3.2.	Caldeira a gás .....	62
7.1.3.3.	Multi-Split ar-ar .....	64
7.1.3.4.	Salamandra a Biomassa.....	65
7.1.3.5.	Recuperador de calor.....	67
7.1.4.	<b>Fatura energética</b> .....	69
7.2.	COMPARATIVO DE FRAÇÕES COM REQUISITOS MÍNIMOS E REQUISITOS PH PARA NOVOS EDIFÍCIOS .....	70
7.2.1.	<b>Realocação de frações com requisitos mínimos</b> .....	70
7.2.2.	<b>Realocação de frações com requisitos Passive House para novos edifícios</b> ..	71
7.2.3.	<b>Aplicação de Sistemas como medidas de melhoria</b> .....	73
7.2.3.1.	Bomba de calor ar-água .....	73
7.2.3.2.	Caldeira a gás .....	75
7.2.3.3.	Multi-Split ar-ar .....	76
7.2.3.4.	Salamandra a biomassa .....	78
7.2.3.5.	Recuperador de Calor .....	79
7.2.4.	<b>Fatura Energética</b> .....	81
7.3.	COMPARATIVO DE CUSTOS DE CERTIFICAÇÃO .....	83

7.4. COMPARATIVO DAS FRAÇÕES SEM ALTERAÇÃO DE PROJETO E REQUISITO ENERPHIT MANTENDO AS JANELAS .....	83
7.5. COMPARATIVO DAS FRAÇÕES COM U MÁXIMO E DO CONCEITO PH PARA EDIFÍCIOS NOVOS SEM ALTERAÇÃO DE JANELAS .....	85
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	<b>88</b>
8.1. TRABALHOS FUTUROS .....	91
<b>9. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>92</b>

## Índice de figuras

Figura 1: Objetivos da Diretiva de performance energética de edifícios (Aires, 2015). .....	13
Figura 2: Vista de Sul do Primeiro PH, 1992 (Gavião, 2012).....	15
Figura 3: Primavera de 2006 do primeiro PH (Gavião, 2012). .....	16
Figura 4: Vista externa moradia A e B em Ílhavo (Sebastião, 2016). .....	18
Figura 5: Passive House da Costa Nova, em amarelo (Sebastião, 2016). .....	19
Figura 6: Termografia de duas vivendas (Hacienda, 2011). .....	23
Figura 7: Lamelas de sombreamento e palas horizontais e verticais (Marcos, 2013). .....	25
Figura 8: Estratégia bioclimática para regularização da radiação solar (Gomes, 2010). ...	26
Figura 9: Metodologia da Dissertação. ....	38
Figura 10: Principais soluções da envolvente da Fração A.....	41
Figura 11: Principais soluções da envolvente da Fração B.....	43
Figura 12: Zonas climáticas de Portugal (Despacho 15793- F, 2013).....	48

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1: Distribuição de obras concluídas em Portugal (INE, 2016).....	12
--	----

## Índice de quadros

Quadro 1: Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis (Portaria 379-A/2015).....	9
Quadro 2: Requisitos Passive House novas habitações (PHPT, 2018).....	22
Quadro 3: Detalhamento do projeto inicial da Fração A. ....	40
Quadro 4: Detalhamento do projeto inicial da Fração B. ....	42
Quadro 5: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Viseu. ....	44
Quadro 6: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Bragança. ....	45
Quadro 7: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Faro. ....	45
Quadro 8: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Viseu. ....	46
Quadro 9: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Bragança. ....	46
Quadro 10: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Faro. ....	47
Quadro 11: Zonas climáticas de Inverno (Despacho 15793- F, 2013). ....	47
Quadro 12: Zonas climáticas de verão (Despacho 15793- F, 2013). ....	48
Quadro 13: Dados de Localidades utilizadas na dissertação. ....	48
Quadro 14: Dados de alteração de projeto para requisitos Enerphit na Fração A. ....	53
Quadro 15: Dados de alteração de projeto para requisitos Enerphit na Fração B. ....	55
Quadro 16: Detalhamento do projeto Passive House da fração A. ....	56
Quadro 17: Detalhamento do projeto Passive House da fração B. ....	57
Quadro 18: Valores da Fração A sem alteração de projeto. ....	58
Quadro 19: Valores da Fração B sem alteração de projeto. ....	58
Quadro 20: Valores da Fração A com requisitos Enerphit. ....	59
Quadro 21: Valores da Fração B com requisitos Enerphit. ....	60
Quadro 22: Detalhamento de investimento para requisitos Enerphit Fração A. ....	60
Quadro 23: Detalhamento de investimento para requisitos Enerphit Fração B. ....	60
Quadro 24: Período de retorno de investimento para adequação ao Enerphit. ....	60
Quadro 25: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água. ....	61
Quadro 26: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água. 62	
Quadro 27: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água. ....	62
Quadro 28: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água. 62	
Quadro 29: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Bomba de Caldeira a gás. ....	63
Quadro 30: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Caldeira a gás. ....	63
Quadro 31: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Caldeira a gás. ....	63
Quadro 32: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Caldeira a gás. ....	64
Quadro 33: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar. ....	64
Quadro 34: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar. ....	65
Quadro 35: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar. ....	65
Quadro 36: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar. ....	65

Quadro 37: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Salamandra. ....	66
Quadro 38: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Salamandra. ....	66
Quadro 39: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Salamandra. ....	66
Quadro 40: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Salamandra. ....	67
Quadro 41: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Recuperador de Calor. ..	67
Quadro 42: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Recuperador de Calor.....	68
Quadro 43: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Recuperador de Calor. ..	68
Quadro 44: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Recuperador de Calor.....	68
Quadro 45: Alterações nas rph causadas pelo Recuperador de Calor. ....	68
Quadro 46: Fatura energética anual para Fração A. ....	69
Quadro 47: Fatura energética anual para Fração B. ....	70
Quadro 54: Fração A requisitos mínimos. ....	70
Quadro 55: Fração B requisitos mínimos. ....	71
Quadro 56: Fração A Passive House.....	71
Quadro 57: Fração B Passive House.....	71
Quadro 58: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Viseu. ....	72
Quadro 59: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Bragança. 72	
Quadro 60: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Faro.....	72
Quadro 61: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Viseu. ....	72
Quadro 62: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Bragança. 73	
Quadro 63: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Faro.....	73
Quadro 64: Fração A com requisitos mínimos com Bomba de calor ar-água. ....	74
Quadro 65: Fração A com requisitos Passive House com Bomba de calor ar-água. ....	74
Quadro 66: Fração B com requisitos mínimos com Bomba de calor ar-água. ....	74
Quadro 67: Fração B com requisitos Passive House com Bomba de calor ar-água. ....	75
Quadro 68: Fração A com requisitos mínimos com Caldeira a gás. ....	75
Quadro 69: Fração A com requisitos Passive House com Caldeira a gás. ....	76
Quadro 70: Fração B com requisitos mínimos com Caldeira a gás. ....	76
Quadro 71: Fração B com requisitos Passive House com Caldeira a gás. ....	76
Quadro 72: Fração A com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar. ....	77
Quadro 73: Fração A com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar.....	77
Quadro 74: Fração B com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar. ....	77
Quadro 75: Fração B com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar.....	78
Quadro 76: Fração A com requisitos mínimos com Salamandra. ....	78
Quadro 77: Fração A com requisitos Passive House com Salamandra.....	79
Quadro 78: Fração B com requisitos mínimos com Salamandra. ....	79
Quadro 79: Fração B com requisitos Passive House com Salamandra.....	79
Quadro 80: Fração A com requisitos mínimos com Recuperador de calor. ....	80
Quadro 81: Fração A com requisitos Passive House com Recuperador de calor.....	80
Quadro 82: Fração B com requisitos mínimos com Recuperador de calor. ....	80
Quadro 83: Fração B com requisitos Passive House com Recuperador de calor.....	80
Quadro 84: Alterações nas rph causadas pela aplicação de Recuperador de Calor.....	81
Quadro 85: Fatura energética anual Fração A. ....	82

Quadro 86: Fatura energética anual Fração B. ....	82
Quadro 87: Comparativo de custos de certificado. ....	83
Quadro 88: Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de Janela. ....	84
Quadro 89: Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de Janela. ....	84
Quadro 90: Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de Janela. ....	84
Quadro 91: Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de Janela. ....	84
Quadro 92: Comparativo da fatura energética anual da Fração A em Viseu com isolamento do requisito Enerphit.....	85
Quadro 93: Comparativo da fatura energética anual da Fração B em Viseu com isolamento do requisito Enerphit.....	85
Quadro 94: Fração A com requisitos PH sem alteração de Janela. ....	86
Quadro 95: Fração A com requisitos PH sem alteração de Janela. ....	86
Quadro 96: Fração B com requisitos PH sem alteração de Janela. ....	86
Quadro 97: Fração B com requisitos PH sem alteração de Janela. ....	86
Quadro 98: Comparativo da fatura energética anual da Fração A em Viseu com isolamento do requisito PH.....	87
Quadro 99: Comparativo da fatura energética anual da Fração B em Viseu com isolamento do requisito PH.....	87

## Lista de Sigla

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos e Edifícios.

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética.

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios.

PNAEE - Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética.

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

NZEB - Nearly Zero Energy Building.

PHPP - Passive House Planning Package.

EU/UE - União Européia.

PHPT - Passive House Portugal.

PH - Passive House.

PHI - Passive House Institute.

U - Coeficiente de condutibilidade térmica.

g - Fator solar do vidro.

Qp - Demanda de energia primária.

Qh - Necessidade de energia para aquecimento.

COP - Desempenho para aquecimento.

EER - Desempenho para arrefecimento.

AQ - Aquecimento.

AQS - Águas quentes sanitárias.

Nic - Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.

Ntc - Necessidades nominais anuais globais de energia primária.

K/k – Kilo.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. MOTIVAÇÃO

A preocupação com o meio ambiente é um assunto corrente, tendo em vista a degradação causada à natureza até a atualidade. Visando melhorias que podem intervir nesta situação, um dos pontos principais é a geração de energia, sendo que há uma escassez de fontes de energias não renováveis. Edificações habitacionais correspondem a grande parte do consumo energético e com o intuito de amenizar este fato, o estudo de edificações passivas com necessidades quase nulas de energia primária está a ganhar espaço no mundo todo. Neste contexto pode aplicar-se o Conceito Passive House, com elevado padrão de desempenho e eficiente sob o ponto de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável.

A reabilitação de edificações tem como propósito a atualização do desempenho do edifício por meio de obras que melhoram a sua qualidade, reduzindo assim perdas de matérias primas com demolição ou abandono.

Segundo a diretiva europeia 2010/31/EU a partir de 31 de dezembro de 2020 os novos edifícios deverão ter necessidades quase nulas de energia, ou seja, elevado desempenho energético, em que as necessidades quase nulas serão em larga medida satisfeitas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis. Em relação aos edifícios já existentes, a legislação permite alguma flexibilidade quanto ao modo de intervenção, mas certamente o caminho será também de se obter um balanço energético nulo, dando prioridade às soluções passivas.

## 1.2. OBJETIVO PRINCIPAL

Pretende-se com este trabalho estudar os princípios e a aplicação do conceito Passive House, nomeadamente os requisitos EnerPhit, a um edifício de habitação existente sujeito a uma grande reabilitação, compará-la com a metodologia regulamentar, e refletir nas suas potencialidades e limitações, no contexto atual da certificação energética de edifícios.

## 1.3. ESTRUTURA

A dissertação é apresentada em nove capítulos. O primeiro e atual capítulo apresenta a motivação para realização do trabalho, introdução ao assunto, os principais objetivos e a estrutura da tese.

O segundo capítulo é um estudo da arte abrangendo a temática da eficiência energética em edificações habitacionais. São abordados temas como desempenho energético em edifícios tanto em Portugal, como a nível mundial e seu futuro. A legislação Portuguesa para eficiência energética segue ordem cronológica das principais alterações a nível nacional da metodologia regulamentar para Certificação Energética além da introdução ao assunto do NZEB.

O Conceito Passive House, no terceiro capítulo, é apresentado com história e desenvolvimento do conceito, informações importantes em âmbito mundial e em Portugal e princípios para certificação Passive House tanto em novos edifícios como na reabilitação.

O quarto capítulo é a caracterização dos sistemas técnicos utilizados no desenvolvimento da dissertação.

A metodologia da tese presente no quinto capítulo é a introdução ao trabalho prático realizado, com materiais utilizados, caracterização dos projetos base, localidades estudadas para o caso em Portugal e sistemas técnicos.

O sexto capítulo é o desenvolvimento do projeto, com aplicação dos requisitos Enerphit e Passive House para novas edificações nas frações da habitação estudada, realocação de projeto em outras zonas climáticas.

O sétimo capítulo é a apresentação de resultados, em que todas as informações anteriores a este são descritas com valores finais, além da realização de simulação de faturas energéticas anuais para casos de realocação e aplicação de diferentes sistemas técnicos e com comparativo de custos de certificação.

A conclusão, no oitavo capítulo é a discussão dos resultados da tese com potencialidades e limitações dos assuntos tratados durante a dissertação.

O nono capítulo é as referências utilizadas para desenvolvimento da dissertação. Após o último capítulo são apresentados anexos para facilitar o entendimento do trabalho realizado.

## **2. EDIFICAÇÕES E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### **2.1. A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ENERGÉTICA A NIVEL MUNDIAL E SEU FUTURO**

Sendo a problemática energética foco de interesses estatais, os recursos energéticos têm sido alvo de novas discussões por parte do setor da construção civil e instituições ambientais. Agências internacionais, nações e sociedade estão a debater sobre o consumo, os recursos naturais, mudanças climáticas e a segurança energética. A tendência relativa à procura de fontes de energia não se altera facilmente, sendo esperado que as fontes tradicionais e não renováveis continuem a ser maioritárias num futuro próximo, como por exemplo, petróleo, carvão e gás natural (Sebastião, 2016).

Com um melhor aproveitamento das energias renováveis, as próximas décadas irão forçar o desenvolvimento e mudança de paradigma, para mitigar a dependência energética. Um dos problemas encontrados para utilização de energias renováveis é o maior investimento inicial. Mesmo com esse capital de investimento superior, as vantagens são significativas. Sendo essas o baixo risco com a variação de preço de combustíveis fósseis e redução de emissão de CO<sub>2</sub> (Sebastião, 2016).

Segundo o site oficial da União Europeia (2018), nos países da União Europeia o objetivo energético para 2020 é a utilização de 20% de energia obtida a partir de fontes renováveis. Passando para o ano de 2030, as metas aumentam para 27% da energia de fontes renováveis. Sendo a utilização de 14,1% em 2012, o valor previsto para 2020 está prestes a ser alcançado e poderá ser se os países membros da União Europeia adotarem as disposições legislativas para o feito.

O plano de ação referente à energia do ano de 2010 referente a nova Estratégia Nacional para Energia aprovada através da Resolução do Conselho de Ministros nº 29/2010 de 15 de abril, estará ativo até 2020. Este assume como plano principal a criação de uma agenda para a competitividade e crescimento e

independência energética. Para a realização deste plano existe uma aposta em energias renováveis, aumento da eficiência energética e maior segurança de abastecimento e sustentabilidade económica ambiental, diminuindo a utilização de combustíveis fósseis. Partilhando um pouco de números da nova abordagem energética, apresentam-se objetivos de 31% de fonte de energia renovável no consumo final, redução de 20% do consumo final, e obtenção de 60% da energia utilizada a partir de energias renováveis (Sebastião, 2016).

## 2.2. DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS

Segundo o site oficial da União Europeia (2018), o consumo energético em edifícios é muito elevado, representando em média, nos países membros, 40% da energia final consumida, superando o setor do transporte e indústria. A EU aborda por isso, esta temática como prioritária, tendo criado nos últimos anos algumas diretivas com intuito de aumentar a eficiência energética dos edifícios, com redução de utilização de energia e promoção de energias renováveis. Objetivando tornar os novos edifícios mais eficientes surge a diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios.

As principais razões para a União Europeia definir a eficiência energética como uma de suas prioridades são a segurança de abastecimento, proteção ambiental e limitadas opções na oferta de energia. Existe um grande espaço a ser explorado visando implementar políticas e novas metodologias para poupança energética. Por isso é requerido que o setor de edificações inove em práticas e técnicas na construção e que haja um investimento em tecnologia.

O desempenho energético é referido ao modo de que a edificação se comporta em relação ao seu rendimento e eficiência energética.

A diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios que foi transposta para a legislação atual EPBD (2010/31/EU – Recast), trouxe algumas novidades ao setor, nomeadamente:

- Ao final do ano 2020 todos os novos edifícios deverão ter necessidade quase nula de energia. As necessidades quase nulas de energia serão cobertas por fontes renováveis de energia;
- Todos os edifícios existentes que sofrerem qualquer renovação energética relevante deverão apresentar requisitos mínimos de desempenho energético;

A nova Diretiva EU 2018/844 30/maio/2018 do Parlamento Europeu e do Conselho, que altera a Diretiva 2010/31/EU, tem como principal objetivo acelerar a renovação rentável dos edifícios existentes e servirá de base para os novos requisitos legislativos.

Para uma melhoria do desempenho energético os edifícios devem ser encarados como sistemas térmicos, ou seja, como elementos com características de transmissão e de armazenamento de energia. Assim sendo as condições de conforto dos ocupantes dos edifícios deverão ser asseguradas com o menor consumo de energia (Sebastião, 2016).

### 2.3. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

O primeiro regulamento sobre comportamento térmico de edifícios em Portugal surgiu em 1990, sendo o RCCTE, Decreto-Lei nº 40/90 de 6/fevereiro. Este regulamento foi pioneiro na Europa, pois além de introduzir aspectos térmicos e energéticos no projeto de edifícios, introduziu requisitos mínimos para sombreamento e coeficientes de transmissão térmica máximos para minimização do fenómeno de condensação interior (ADENE, 2011). Mesmo com poucas exigências, introduziu práticas comuns e interesses na introdução de isolamento térmico nos edifícios (Fernandes, 2015).

Para resolver os problemas do excesso de consumo de energias fósseis em edifícios, em 16 de dezembro de 2002 foi aprovada a Diretiva 2002/91/CE (EPBD).

Além de reduzir o consumo de energia nos edifícios e promover a utilização de energias renováveis, surgiram as seguintes novidades:

- Requisitos mínimos para grandes reabilitações ligados ao desempenho energético;
- Revisão a cada 5 anos da legislação;
- Certificação Energética de Edifícios;
- Recursos de energia renovável;
- Adequada qualificação dos técnicos para certificação e instalação de sistemas.

A Diretiva 2002/91/CE, foi aplicada em Portugal com três decretos, sendo estes, Decretos-Lei nº 78/2006, que caracterizou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), Decreto-Lei nº 79/2006 caracterizando o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que revogou o Decreto-Lei nº 118/98 de 7/maio. Decreto-Lei nº 80/2006 caracterizando o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, que revogou o Decreto-Lei nº 40/90 de 6/fevereiro.

Com objetivo de encontrar medidas para promover a eficiência energética nas áreas de transporte, residencial, serviços e indústria até 2015, Portugal implementou o Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015 (PNAEE), através da Resolução nº 80/2008 de 20 de Maio com base na Diretiva nº 2006/32/CE.

A revisão dos decretos-leis nº 78/2006, 79/2006 e 80/2006, ocorreu no ano de 2010, para fazer face aos novos requisitos da diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios. A aplicação da revisão conferida como “Energy Performance of Buildings Directive” de 2010/31/EU - Recast, de 19 de maio, inovou e trouxe novos objetivos em 2012, seu ano de vigor. De entre as inovações está o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia. Algumas mudanças foram apresentadas, sendo estas:

- Diploma único, o Decreto- Lei nº 118/2013, de 20 de Agosto, onde se encontram o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de

Habituação – REH (reformulação do RCCTE), Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços – RECS e SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;

- Para melhor qualidade do ar interior a ventilação natural passa a ser favorecida em relação a equipamentos de ventilação mecânica. Sendo também importante a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para concentrações de poluentes do ar interior.

O regulamento de Desempenho Energético dos edifícios de Habitação (REH) estabelece requisitos, parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético para os edifícios de habitação. Os edifícios novos e edifícios sujeitos a grandes intervenções, em que existe um projeto de especialidade térmica, a legislação define uma metodologia para cálculo dos índices térmicos fundamentais (necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, para arrefecimento, e as necessidades nominais de energia primária, bem como dos valores máximos admissíveis). Além dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente opaca, expressos em termos de coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca e do fator solar dos vãos envidraçados, este pacote legislativo contempla requisitos de ventilação dos espaços e requisitos técnicos dos sistemas para preparação de águas quentes, climatização e sistemas de energias renováveis, nomeadamente requisitos quanto às eficiências e isolamento das tubagens. Há obrigatoriedade da instalação de sistemas solares térmicos, ou outro sistema que garanta uma base anual energia equivalente ao sistema solar térmico.

Embora a metodologia para os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções seja a mesma aplicada aos edifícios novos, há alguma flexibilidade quanto aos limites das necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e energia primária (em função da época de construção do edifício). Além de que, para este tipo de edifícios, a aplicação dos requisitos de comportamento térmico e de sistemas técnicos é obrigatória nos elementos a intervencionar, podendo haver dispensa da sua verificação quando os mesmos possam levar à existência de

incompatibilidades de ordem técnica, funcional, económica ou de valor arquitetónico. Quanto aos restantes edifícios existentes, estes não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico ou de eficiência dos sistemas e a metodologia de cálculo para efeitos de certificação energética é igual à aplicada para edifícios novos somente se houver informação disponível.

A metodologia de cálculo é baseada na comparação com um edifício de referência, sendo este do mesmo tipo que o edifício em avaliação (áreas, envolventes, sistemas técnicos, etc.), mas com valores de referência para os elementos construtivos e sistemas técnicos, sem a contribuição de sistemas de aproveitamento de energia de fonte renovável. Já para os requisitos mínimos quanto à envolvente, destaca-se a importância que o isolamento tem assumido.

Os valores máximos de coeficientes de transmissão térmica superficiais são definidos pela tabela I.05 B da Portaria 379-A/2015 para cada zona climática e serão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis (Portaria 379-A/2015).

$U_{m\acute{a}x}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,80	2,40	2,20

## 2.4. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

A certificação energética é obrigatória desde 2009 para todo tipo de edifícios, novos e existentes.

O REH refere-se a três tipos de edifícios: Edifícios novos, Edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções e Edifícios existentes. Segundo esta legislação um edifício existente sujeito a uma grande intervenção é um edifício sujeito a obras de

construção, reconstrução, alteração, instalação ou modificação de um ou mais componentes, com influência no desempenho energético, no qual se verifique que o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos preexistentes seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício (com exclusão do valor do terreno)(Fernandes, 2015).

Segundo a diretiva 2010/31/EU o certificado de desempenho energético de edifícios deve incluir o desempenho energético do edifício e valores de referência, para que os proprietários ou inquilinos do edifício possam avaliar e comparar o seu desempenho. Pode ainda incluir o consumo anual e a percentagem de energia proveniente de fontes renováveis, recomendações para melhorias em termos de custos do desempenho energético e este certificado tem prazo de validade de até dez anos. É exigido para negociações de imóveis que o certificado ou uma cópia seja entregue ao comprador ou inquilino.

Os procedimentos para a emissão dos certificados energéticos são os seguintes:

- Para Edifícios Novos ou Grandes reabilitações, antes do pedido da licença/autorização de construção, o projeto térmico terá que ser verificado por um Perito Qualificado para atestar o seu cumprimento de acordo com a legislação e propor eventuais medidas de melhoria de desempenho energético do edifício, emitindo um Pré-Certificado. Na fase de conclusão da obra, o edifício é objeto de análise pelo perito, para verificar se a obra finalizada cumpre com o projeto, procedendo à emissão do CE. sua emissão é da responsabilidade do proprietário do edifício.
- Para os Edifícios Existentes, também o proprietário tem que se responsabilizar em obter o CE, para entregar ao futuro proprietário/arrendatário. Deste modo o PQ realiza o CE, conforme a documentação fornecida e a visita ao edifício, existindo apenas um único ato, não havendo qualquer certificado provisório.

A escala de certificação energética é composta por oito classes, em que para edifícios existentes a escala varia de A+ até F, sendo a classe A+ a correspondente

ao melhor desempenho e a F ao pior. Para os casos de edifícios existentes sujeitos a grande intervenção, a edificação pode ter Classe Energética C como a pior hipótese. Já para os casos de novas habitações a certificação deve ser classificada com Classe Energética mínima B-, os restantes edifícios existentes podem ter qualquer classe. Caso algum dos casos não atinja a Classe especificada devem ser realizadas melhorias nesta para então cumprir o requisito de Classe Energética.

## 2.5. NECESSIDADES DE REABILITAÇÃO EM PORTUGAL

A reabilitação é o processo de uso eficiente e compatível de uma propriedade através de reparos, alterações e acrescentos para atualização do desempenho funcional. Este processo é realizado há muitos séculos, devido à deterioração, quando se sentiu a necessidade de intervenções na reabilitação de edifícios.

No ano de 2011 o parque habitacional português apresentava cerca de 1 milhão de edifícios carecendo de intervenção devido ao seu estado de conservação, onde mais de 156 mil edifícios tinham necessidade de grandes reparações ou em estado para intervenção de reabilitação (INE, 2013).

A reabilitação de edifícios visa a melhoria de qualidade em relação ao estado atual ou em relação a qualidade de sua construção. Pode-se ainda aplicar a reabilitação em dois casos (Almeida, 2011):

- Beneficiário: edifício não degradado visando qualidade superior ao de sua construção original;
- Recuperação: Operação em edifício degradado ou construído abaixo dos padrões regulamentares.

Segundo dados do INE (2013), em 2011 apenas dezessete municípios em Portugal apresentavam carência habitacional, e mesmo com estes dados os números de novas habitações são maiores em relação à reabilitação.

O gráfico apresentado a seguir (Gráfico 1) mostra a distribuição de obras concluídas referentes a Portugal. Pode-se perceber que a diferença percentual entre Construção Nova e Obras de Reabilitação diminuiu, variando de 2011 com

25% de obras de reabilitação para 2016 com 31%, demonstrando um avanço para a reabilitação.

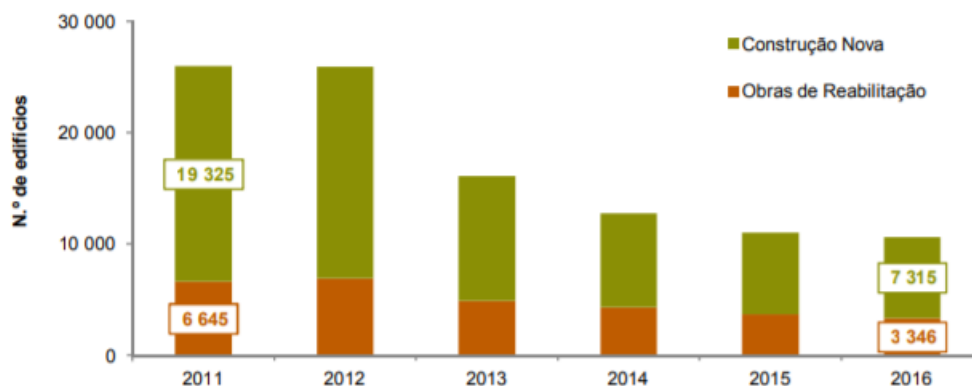


Gráfico 1: Distribuição de obras concluídas em Portugal (INE, 2016).

É fundamental que a reabilitação se faça de uma forma integrada, e que não se desperdice a oportunidade de se intervir energeticamente.

O fato da maioria dos edifícios existentes em Portugal apresentarem baixo desempenho energético está ligado às edificações construídas antes de 1990, que representam 69,46% do setor doméstico, pois foram executadas antes mesmo das primeiras regulamentações térmicas (Horta, 2012). Para o desenvolvimento sustentável é essencial pensar sobre a eficiência energética, otimizando o uso de energia sem comprometer a qualidade do ambiente anterior, com uso de tecnologias eficientes e soluções de construção passivas e ativas (Machado, 2014). Apresentando potencial considerável na conservação de energia e outros benefícios sustentáveis, a reabilitação energética de edifícios é boa solução para a diminuição da dependência energética na Europa. Pode-se alcançar diminuições nas emissões de dióxido de carbono utilizando edificações já existentes, melhorando seu desempenho energético (Galante, Psetti, 2012; Costa et. al, 2014). O impacto ambiental da reabilitação é inferior ao da demolição e posterior construção (Konstantinou, Knaack, 2011).

## 2.6. BALANÇO ENERGÉTICO NULO NA REABILITAÇÃO

A aplicação de balanço energético nulo nos edifícios é objetivada pela implantação da Diretiva - Energy Performance of Buildings Directive. Entre as medidas para alcançar os edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo são apresentadas a minimização das necessidades de energia do edifício, utilização de sistemas técnicos de elevado rendimento e fontes renováveis de energia. Os objetivos pretendidos com a Diretiva são apresentados na figura a seguir (Figura 1).

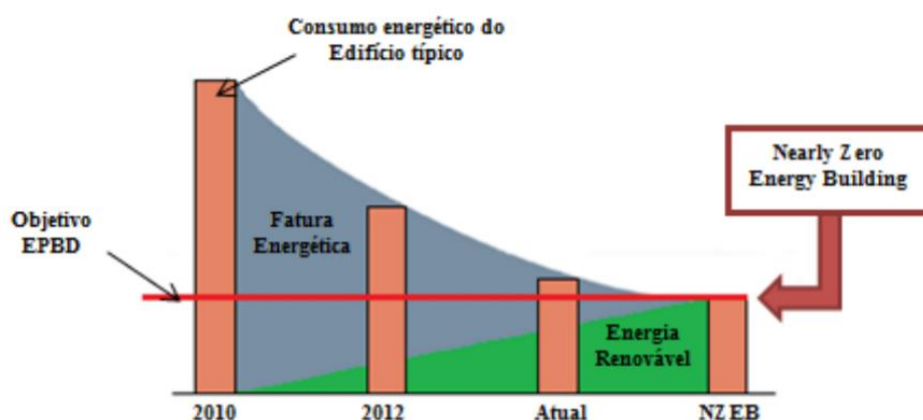


Figura 1: Objetivos da Diretiva de performance energética de edifícios (Aires, 2015).

A reabilitação de edifícios visando o balanço energético nulo não tem meta específica de resultados apresentados pela Diretiva 2010/31/EU, porém refere que devem ser tomadas medidas de forma a estimular a adaptação dos edifícios reabilitados em edifícios com necessidades energéticas muito baixas.

A incorporação do conceito Net/Nearly Zero Energy à reabilitação em países do Sul da Europa é possível, porém de difícil obtenção. As estratégias a serem tomadas na redução das necessidades energéticas de edifícios nem sempre são as ideais, acarretadas pelas orientações já definidas e nem sempre as desejáveis (Aires, 2015).

A reabilitação energética visando o balanço energético nulo faz sentido quando aplicada em conjuntos habitacionais e não apenas sobre uma fração, pois a possibilidade de atuar sobre mais de uma fração permite a gestão de energia

conjunta. A energia não utilizada por uma fração pode ser aproveitadas para satisfazer as necessidades energéticas de outras (Mendes, 2016).

O balanço energético nulo é resultado da minimização das necessidades nominais anuais globais de energia para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias e da geração de energia por fontes renováveis. O presente trabalho apresenta como foco a minimização da necessidade destas energias, em que a geração de energias por fontes renováveis é utilizada apenas para AQS e respeitando a normativa atuante. Neste contexto é então aplicado o conceito Passive House.

Apesar de ainda não existir uma definição concreta de NZEB para o contexto português, os edifícios para serem considerados NZEB, devem possuir grandes espessuras de isolamento térmico e deve-se recorrer aos sistemas técnicos para aproveitamento de energia renovável. Não havendo números limites ainda definidos na legislação portuguesa para as necessidades energéticas, irão ser tidos em conta para a realização deste trabalho os seguintes limites médios, apontados como possíveis valores limites de NZEB, analisando o contexto das definições dos restantes países membros da EU. Os limites estipulados e definidos com base no EPBD para valores de necessidades energéticas que possam ser considerados viáveis para o patamar de NZEB são (Santos, 2017):

- Necessidades de energia para aquecimento menor ou igual a 50 (KWh/m<sup>2</sup>.ano);
- Necessidades de energia para arrefecimento menor ou igual a 10 (KWh/m<sup>2</sup>.ano);
- Necessidades de energia primária menor ou igual a 20 (KWhep/m<sup>2</sup>), e supridas com no mínimo 80% por fontes de energia renovável.

### 3. O CONCEITO PASSIVE HOUSE

#### 3.1. O CONCEITO PASSIVE HOUSE

O conceito Passive House foi usado pela primeira vez em Darmstadt na Alemanha. O conceito foi gradualmente apresentado para operações práticas em países de língua Alemã e na Escandinávia (Wang et. al, 2016). A evolução foi rápida para todos os principais modelos de construção com eficiência energética do mundo (Kylili et. al, 2016).

O primeiro protótipo Passive House que está apresentado nas figuras a seguir (Figura 2; Figura 3), foi executado em 1990 em Darmstadt, a partir do projeto Passive House Preparatory Research Project. A definição de janelas com caixilharia com isolamento térmico e vidros triplos orientados a Sul, diminuição de pontes térmicas, alto nível de isolamento com valores de U de 0,10 e 0,14 W/(m<sup>2</sup>K) e qualidade do ar interior realizada por sistema de ventilação com recuperação de calor são os princípios que orientaram este projeto. O edifício tem total de energia primária utilizada de 120kWh/m<sup>2</sup>a (Gavião, 2012).



Figura 2: Vista de Sul do Primeiro PH, 1992 (Gavião, 2012).



Figura 3: Primavera de 2006 do primeiro PH (Gavião, 2012).

Em 1996 foi fundado então o Passive House Institute, pelo professor Wolfgang Feist, sediado em Darmstadt. A definição do conceito Passive House foi definida como “Um edifício, cujo conforto térmico pode ser alcançado somente pelo pós-aquecimento ou pós-arrefecimento da massa de ar fresco, que terá de atingir os requisitos da qualidade do ar interior, sem necessitar de uma adicional recirculação do ar” (Passipedia, 2010).

Não sendo associada a valores numéricos, a definição dada a uma Passive House é funcional e válida em qualquer condição climática, o que permite a adaptação do conceito para situações concretas (Gavião, 2012).

Algum tempo depois do início de algumas construções e protótipos pioneiros, foram identificados alguns pontos a serem melhorados, sendo estes citados a seguir (Gavião, 2012):

- A falta de reconhecimento da importância da estanqueidade dos edifícios;
- A inexistência de boas soluções de caixilharias e vidros para janelas de alto desempenho;
- A inexistência de soluções tecnológicas simples, viáveis e eficientes energeticamente.

A União Europeia tem tentado quebrar essas barreiras, investindo em divulgação, promoção e implementação de Passive Houses com alguns projetos, estes em tópicos a seguir (Gavião, 2012):

- Cost Efficient Passive Houses as European Standards (CEPHEUS), duração de Janeiro de 1998 à Dezembro de 2001. O propósito do projeto era demonstrar a capacidade de concretizar o conceito por diferentes equipas em variados locais, além de criar redes de trabalho para o conceito. Aconteceu na Alemanha, Áustria, Suíça, França e Suécia (Feist et. al, 2001);
- Promotion of European Passive Houses (PEP), iniciou em Janeiro de 2005 e teve término em Janeiro de 2008. Suportado pela Comissão Europeia e com objetivo de apoiar os intervenientes no processo construtivo, aumentando a rede de intervenientes, além de introduzir o conceito nos países participantes. Teve mais países participantes que o CEPHEUS e ainda trouxe a tona discussões do conceito para países com climas mais quentes (Elswijk, Kaan, 2008);
- Passive-On, ocorreu entre Janeiro de 2005 e Setembro de 2007. Desenvolvimento do conceito em climas quentes da Europa. Os países participantes foram Espanha, França, Itália, Reino Unido e Portugal. Neste projeto a definição de Passive House se alargou pela definição de um limite para o arrefecimento (Passive-On, 2007);

A aplicação do conceito Passive House fora da Europa tem aumentado, prova disso são construções nos Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Japão e Chile (Gavião, 2012).

Segundo o PHPT, Passive House Portugal, existe um padrão de qualidade definido pelo conceito construtivo do Passive House, este que de elevado desempenho e eficiente sob os pontos de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável. Caracterizado por boa qualidade do ar, conforto térmico e inexistência de grandes variações de temperatura, contribuindo para o bem estar e saúde dos ocupantes. Levando em conta os princípios da física evita-se o surgimento de patologias e otimiza-se o desempenho da estrutura.

Considerado o padrão de eficiência energética mais alto do mundo, atinge-se um número de até 75% de poupança de energia em relação a outros edifícios (PHPT, 2018). Este fato é provado a partir de testes, concedendo aos edifícios com o conceito Passive House a definição NZEB – Nearly Zero Energy Building, significando em tradução literal “Edifício com necessidade de energia próxima de zero”.

A construção de uma Passive House segundo o PHPT tem custo similar ao de um edifício convencional, sendo ainda mais baixo quando se tratando da fase de exploração devido à baixa necessidade energética e custos de manutenção.

A baixa necessidade de energia em uma Passive House pode ser suprida por fontes de energia renováveis, protegendo assim o clima, com menor utilização de combustíveis fósseis. Além da redução de emissão de CO<sub>2</sub>, devido à eficiência energética.

### 3.2. CONCEITO PASSIVE HOUSE EM PORTUGAL

As primeiras moradias certificadas como Passive Houses em Portugal foram projetadas pela empresa Homegrid em 2008 na cidade de Ílhavo, Aveiro. As moradias apresentadas na figura a seguir (Figura 4) dividem o mesmo lote, sendo uma de tipologia T3 e outra T4 (Costa, 2015). A conclusão das obras se deu no ano de 2012.



Figura 4: Vista externa moradia A e B em Ílhavo (Sebastião, 2016).

Localizada na Costa Nova também em Ílhavo, Aveiro, e liderada pela empresa Homegrid foi certificada a primeira Passive House no setor de turismo em Portugal (Gavião, Marcelino, 2015). A moradia é uma construção já existente mas com pouco tempo de conclusão da obra, por isso ficou limitada a alguns fatores pois teve de manter a área de construção, volume, alinhamentos e características da fachada da construção degradada existente. O projeto foi realizado de acordo com a norma Passive House e respeitando seus princípios, definida assim com uma arquitetura compacta, baixo fator de forma, evitando locais não aquecidos no interior do edifício, garantindo janelas e portas de grande eficiência energética e estratégias solares passivas. Todos estes critérios permitem a melhor performance energética do edifício, que é apresentado na figura a seguir (Figura 5) (Sebastião, 2016).



Figura 5: Passive House da Costa Nova, em amarelo (Sebastião, 2016).

O estudo *Passive Houses in South West Europe*, por Jurgen Schnieders do Passivehaus Institut, abrangeu uma habitação isolada em Portugal e ocorreu com a relocação desta em Porto e Lisboa. Com seu estudo concluiu-se ser mais difícil construir uma Passive House em climas mais quentes do que nos climas do centro da Europa, devido aos pesos que os ganhos solares têm na estação de arrefecimento. Por outro lado são menos exigentes os requisitos para certificação. Mesmo com estas diferenças quando comparadas com países de climas mais quentes, o aquecimento eficiente continua a ser mais importante que o arrefecimento eficiente (Schnieders, 2009).

A primeira reabilitação Passive House em Portugal foi concluída em 2018. O escritório localizado em Ílhavo foi objeto de intervenção exclusivamente pelo interior, cumprindo o desempenho Enerphit. As necessidades de arrefecimento foram reduzidas em 75%, garantindo elevados níveis de conforto térmico e qualidade do ar interior (PHPT, 2018).

### 3.3. CERTIFICAÇÃO PASSIVE HOUSE

A norma Passive House utiliza três elementos capitais para sua implementação, sendo estes: um limite energético, um requisito de qualidade relativo ao conforto térmico e um conjunto definido de sistemas passivos economicamente viáveis que possibilitam cumprir o limite energético e atingir o requisito de qualidade.

Para um edifício ser classificado como Passive House, este deve possuir o certificado “Quality Approved Passive House”, emitido na fase de projeto ou conclusão da obra. O edifício deve possuir requisitos térmicos mínimos, sendo diferentes de acordo com a utilização (habitação ou comércio) dada ao edifício, ou caso se trate de uma construção ou reabilitação. A certificação é realizada pelo Passive House Institute ou por entidade habilitada para o efeito.

Existem três tipos de certificação para edifícios novos, a Clássica, Plus e Premium, variando de acordo com o consumo relativo ao aquecimento e a geração de energias renováveis (Sebastião, 2016).

Não só edificações podem ser certificadas pelo Passive House Institute, mas também pessoas e componentes construtivos. O certificado para pessoas é emitido por uma entidade independente, o Passive House Institute - PHI. As certificações são a de Certified Passive House Designers (Designer certificado pelo Passive House) e Certified Passive House Tradesperson (Pessoa com aprofundado conhecimento sobre Passive House). A primeira garante aos clientes que o profissional tem conhecimentos e experiência para construir uma Passive House. A segunda é a garantia de qualificação do profissional sobre as Soluções Passive

House. A participação dos tradesperson é de suma importância no desenvolvimento e instalação de produtos para aplicação em Passive Houses, já o designer é responsável por desenvolver o projeto do edifício como um todo, desde o projeto arquitetônico ao projeto de desempenho térmico para a certificação Passive House.

Os produtos e sistemas construtivos certificados visam garantir aos projetistas e construtores a qualidade de sistemas testados e avaliados pelos critérios da PH. Esta certificação é realizada também pelo PHI.

A certificação Enerphit é para aplicação em reabilitação e leva em linha de conta que nem sempre é possível adequar os padrões de certificação Passive House para novas edificações em edifícios já existentes. Tendo em consideração estes aspectos o PHI criou o Enerphit, o qual define padrões necessários para melhorias na renovação e será apresentado no decorrer da dissertação. A seguir serão apresentados os requisitos Passive House para edifícios novos.

#### 3.4. PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA NOVOS EDIFÍCIOS

O que antes era apenas um conceito de construção aplicado à Europa Central, o Passive House hoje pode ser aplicado em qualquer parte do mundo e em todo tipo de edificado. Sendo hoje ainda líder mundial na implementação da eficácia energética dos edifícios (Figueira, 2014).

Os princípios do Passive House para novos edifícios segundo o PHPT são:

- Adequados níveis de isolamento da envolvente do edifício;
- Janelas e Portas Passive House;
- Sistema de ventilação com recuperação de calor;
- Estanquidade ao ar da envolvente do edifício;
- Evitar pontes térmicas na envolvente do edifício.

Os requisitos a serem cumpridos para a certificação de uma Passive House estão apresentados a seguir (Quadro 2).

Quadro 2: Requisitos Passive House novas habitações (PHPT, 2018).

<b>Aquecimento</b>	necessidade anuais <15 kWh (m <sup>2</sup> a) ou necessidades em pico <10 W/m <sup>2</sup>
<b>Arrefecimento</b>	necessidade anuais <15 kWh (m <sup>2</sup> a) + necessidades de desumidificação ou necessidades em pico <10 W/m <sup>2</sup>
<b>Energia primária</b>	PE <120 kWh (m <sup>2</sup> a) ou PER <60 kWh (m <sup>2</sup> a)
<b>Estanquidade ao ar</b>	resultado blower door test(n50) < 0,6 rph
<b>Conforto térmico</b>	temperatura entre 20 e 25°C e excesso de temperatura <10% do tempo

### 3.4.1. Isolamento Térmico

A tendência natural de edificações em estações frias é que a temperatura exterior seja geralmente menor que a interior. Naturalmente por este diferencial, ocorrem perdas de energia através da envolvente. Devido à área ocupada, estima-se que 70% das perdas sejam causadas pela envolvente opaca exterior. Por isso torna-se fundamental a utilização de espessuras de isolamento corretas e bem aplicadas (Passipedia, 2013).

Para que não seja necessário um consumo excessivo de energia para atingir a temperatura de conforto térmico interior, o isolamento térmico objetiva reduzir as perdas de energia.

A proteção das condições atmosféricas é também realizada pelo isolamento, o qual deve causar a permanência do edifício quente e seco, diminuindo assim problemas com umidade interna e aumentando a durabilidade da edificação (Passipedia, 2013).

Para o cumprimento dos requisitos Passive House, o isolamento pelo exterior é a melhor opção, sendo que garante mais vantagens. Estas vantagens são: maior

inércia no interior do edifício com redução da espessura dos elementos construtivos, poupança energética e aumento da temperatura interior (Grangeia, 2013). O método de isolamento pelo exterior também apresenta proteção da estrutura do edifício, sendo que a parede estará protegida das condições atmosféricas. No isolamento exterior os materiais mais utilizados são lã mineral ou poliestireno expandido (EPS), ainda para fortalecer a camada e ganhar resistência ao impacto pode ser utilizado rede de fibra de vidro ou malha de aço (Costa, 2015; Dias, 2015).

Na figura 6 pode ver-se a diferença do comportamento térmico de um edifício convencional e de uma Passive House pelo uso da termografia. Observam-se as fugas de calor no edifício da esquerda representada pelos tons avermelhados, e a neutralidade do edifício Passive House na direita que retém o calor de maneira superior (Hacienda, 2011). Com a utilização do isolamento térmico exigido para a certificação Passive House têm-se provado através de vários exemplos práticos que é possível poupar energia e preservar o edifício (Figueira, 2014).

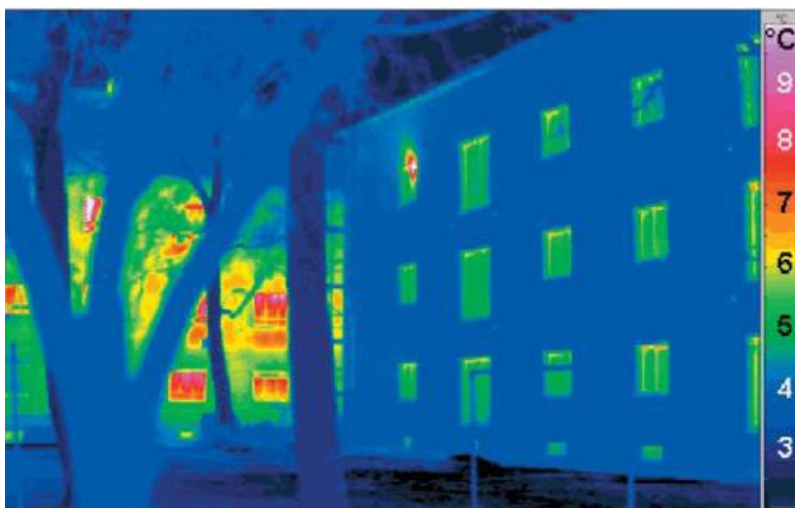


Figura 6: Termografia de duas vivendas (Hacienda, 2011).

### 3.4.2. Janelas Eficientes

Um vão envidraçado é um mecanismo composto por sistema de caixilho e vidro, ombreiras, peitoril e soleira.

A influência do tipo de janela para o comportamento térmico do edifício é de grande importância. Por apresentarem valor de U elevado se comparado com as restantes soluções construtivas, são consideradas como ponto fraco na proteção térmica da envolvente exterior. Em sítios com clima frio as janelas com isolamento baixo acabam por resultar em superfícies frias na fachada, que sem auxílio de sistemas de aquecimento ativos são sujeitas a fenómeno de condensação interior. De acordo com a Normativa Europeia de Energia, o coeficiente de condutividade térmica de janelas Passive House para obtenção de temperatura superior a 17°C junto à superfície, deve ser igual ou inferior a 0,80 W/m<sup>2</sup>.°C (Figueira, 2014).

Os padrões da norma Passive House impõem vãos envidraçados constituídos por janelas eficientes incorporadas por vidro Low-E (de baixa emissividade), o qual objetiva impossibilitar a transferência de calor entre interior e exterior. O vidro destas janelas tem uma camada extra fina de metal de baixa emissividade em um dos lados, para que filtre os raios solares, intensificando assim o controle da transferência de temperatura não impedindo a transmissão luminosa (Sebastião, 2016).

A instalação do envidraçado tem importância na preservação da ventilação, estanquidade e conforto térmico do edifício. A classe de eficiência de uma janela Passive House está associada à sua transmissão térmica linear, quanto menor o seu valor, menor será o calor perdido, acarretando em uma maior qualidade térmica para a habitação (Sebastião, 2016).

A caixilharia é um elemento constituinte dos vãos envidraçados, e apresenta a de Plástico (PVC) reforçada com perfis em aço como opção ótima, conseguindo o aumento da resistência mecânica dos caixilhos e bom isolamento térmico (Grangeia, 2013; Gavião, 2012). Outra boa solução são caixilharias híbridas, constituídas por dois ou mais materiais (alumínio, madeira e PVC), com grandes benefícios na resistência aos agentes atmosféricos (Sebastião, 2016).

A orientação e localização das janelas em relação ao sol são de extrema importância em Passive Houses. Em edifícios no hemisfério Norte a fachada com maior área translúcida deve ser orientada para o sul para maior recolha de energia

solar. Orientações a Leste e Oeste apresentam risco de ganho excessivo nas estações quentes. Janelas a norte apresentam perdas nas estações frias, como para sul (máxima recolha de energia solar) devem apresentar controle com sombreamento para excessivos ganhos solares nas estações quentes (Chiras, 2002).

Mesmo em estações frias os vãos envidraçados devem fornecer balanço de energia positivo. A quantidade de energia admitida dentro do edifício é definida pelo fator solar do vidro ( $g$ ), que deve ter valor próximo de 0,5.

Para países com temperaturas médias o modo de utilização das janelas ajuda a manter o conforto térmico no interior, onde durante o período noturno pode-se abrir as janelas, e com o sombreamento das janelas a sul e oeste manter as temperaturas no período de insolação. Pode-se com estas estratégias poupar de 8% a 20% da energia gasta em arrefecimento (Mlakar, 2011).

Com objetivo de máxima eficiência em casas Passivas, a estratégia a ser adotada com relação ao sombreamento deve passar pela colocação das proteções da figura a seguir (Figura 7) pelo exterior do edifício. Esta solução permite a reflexão da radiação solar antes da entrada no espaço interior, dissipando a energia absorvida pelo elemento sombreador. Deve-se dar preferência para instalações de palas horizontais e verticais ou lamelas de sombreamento (Marcos, 2013).



Figura 7: Lamelas de sombreamento e palas horizontais e verticais (Marcos, 2013).

Podendo agir de forma integrada com os sistemas de sombreamento com vista à otimização dos sistemas passivos, a arquitetura bioclimática estuda a adaptação da construção ao clima do local da construção, aproveitando os recursos naturais. Sendo um conceito apenas opcional nas Passive Houses a Arquitetura

Bioclimática utiliza a vegetação como estratégia de sombreamento para a regularização e equilíbrio das condições climáticas extremas (Sebastião, 2016). A construção de barreiras protetoras dos ventos dominantes pode ser feita por vegetação de folhagem persistente e muito densa. A vegetação de folha caduca contribui para a regularização da quantidade de radiação solar incidente nas fachadas representada pela figura a seguir (Figura 8), pretendida como máxima no inverno e mínima no verão (Gavião, 2012; Gomes, 2010).

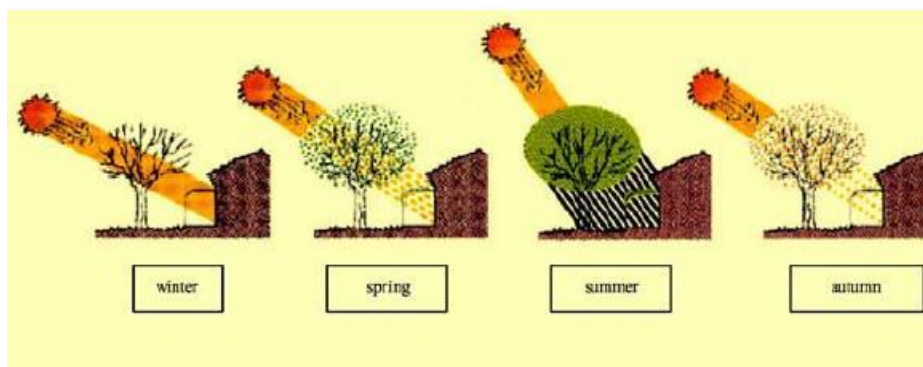


Figura 8: Estratégia bioclimática para regularização da radiação solar (Gomes, 2010).

### 3.4.3. Sistemas de ventilação com recuperação de calor

As condições de conforto interiores segundo o modelo de Fanger's de 1972 são definidas por velocidade do ar, temperatura radiante média, umidade relativa, atividades dos ocupantes e tipo de vestimenta. Temperatura entre 20°C e 26°C e valores de humidade entre 30% e 60% são valores para atingir a zona de conforto (Mlakar, 2011).

A renovação do ar interior é de grande importância nas Passive Houses, obtendo assim boa qualidade do ar interior com técnicas de ventilação. A ventilação natural em estações frias causa grandes perdas térmicas, em que se ocorre para sistemas de ventilação mecânica (Passipedia, 2013).

Para utilização de sistemas de ventilação mecânica não devem existir fissuras na fachada ou utilização de caixilharias de baixa qualidade, ou seja, não deve existir circulação do ar entre o interior e exterior do edifício. A qualidade do ar

e o controle de temperatura será facilitado com o controle total do sistema de ventilação mecânico (Hacienda, 2011).

Sistemas de ventilação de ar com recuperação de calor são capazes de garantir conforto térmico e salubridade do ar com baixo consumo de energia. A constituição do sistema é feita por uma unidade de ventilação, sistema de controle, recuperador de calor, permutador e filtros (Figueira, 2014).

Um permutador de fluxos cruzados se baseia na energia calorífica do ar extraído ser aproveitado para aquecer o ar insuflado, sem que o ar extraído entre em contato direto com o insuflado. Realizando o pré aquecimento do ar vindo do exterior atinge-se a temperatura de 20°C, de conforto interior, através de ganhos internos. No caso de países frios são utilizados sistemas de aquecimento de muito baixo consumo de energia. A taxa de recuperação de calor de um sistema pode ser de 75% a 90% (Passipedia, 2013).

No sistema de insuflação e extração de ar de uma Passive House, o ar deve ser extraído nos ambientes com alto nível de poluição e humidade, como cozinha e casa de banho, e insuflado em quartos, sala, escritório e espaços funcionais. Deve-se controlar a entrada de ar para obtenção de bons níveis de conforto e saúde (Figueira, 2014).

Os sistemas de ventilação devem ainda respeitar um baixo nível acústico, máximo de 25 dB. Exigido ainda por norma, o caudal de ar mínimo de renovação por pessoa deve ser de 30 m<sup>3</sup>/h (Sebastião, 2016).

A imposição associada à ventilação de pelo menos uma abertura por cada compartimento do edifício para favorecimento do fluxo natural nas noites de verão é apenas direcionada para países do sul da Europa (Oliveira, 2013).

A ventilação natural é a renovação de ar sem elementos mecânicos, com a entrada de ar fresco no interior do edifício substituindo o ar poluído no seu interior. O fluxo de ar é resultado do diferencial de pressão causado pela ação do vento ou alteração de densidade de ar por ação da temperatura (Sebastião, 2016).

A admissão de ar que permite baixar os níveis de CO<sub>2</sub> e de poluentes, pode ser realizada por mais três dispositivos: aberturas fixas, aberturas reguláveis e

aberturas auto-reguláveis. Segundo o Passivhaus Institut estes sistemas não são aconselháveis pela constante perda de energia pela ventilação durante a noite no inverno, com a substituição de ar interior aquecido por ar exterior mais frio admitido. A ventilação natural fica abaixo dos padrões do Passive House pois seu desempenho é aleatório e complexo (Gavião, 2012; Gomes, 2010; Silva, 2008).

#### **3.4.4. Estanqueidade**

Pensando em falhas do isolamento em um edifício, se considera que pode ser até útil na renovação de ar, porém a estanqueidade do edifício é fundamental em uma Passive House. Alguns aspectos da importância de estanqueidade em uma Passive House são que o caudal de ventilação pode não ser suficiente para a renovação do ar interior, a não constância da quantidade de ar que entra nestas falhas, as perdas térmicas serão maiores de acordo com o diferencial de temperaturas no interior e exterior, como também a infiltração de água em dias de chuva e vento (Figueira, 2014).

Como a existência de fugas de ar para o exterior gera desequilíbrio no balanço térmico, a circulação de ar deve ser controlada por sistema de ventilação mecânica (Hacienda, 2011).

O risco de condensação nas falhas de isolamento pode gerar aceleração na degradação do edifício. A perfeita estanqueidade do edifício é realizada pela metodologia Red Pencil Method. Esta consiste na obtenção de isolamento contínuo. Para que seja possível adaptar diferentes técnicas e soluções construtivas a eficácia depende do correto planejamento de execução (Figueira, 2014).

Confirmar que a envolvente do edifício está selada é um dos objetivos para a estanqueidade, com a utilização de uma membrana estanque ao ar que se compatibilize com cada elemento construtivo. A constituição desta membrana se difere com o tipo de construção, podendo ser em madeira, chapa de alumínio, membrana pára-vapor ou qualquer outro material que tenha boa capacidade de

impermeabilização. Em países do sul Europeu como Portugal, a estanqueidade ao ar pode ser garantida apenas com o reboco (Almeida, 2013; Oliveira, 2013).

Através do teste de pressurização “Blower Door Test” é nivelada a estanqueidade do edifício. Este é um teste de pressurização e recorre a um ventilador instalado em uma porta ou janela. O teste tem como finalidade quantificar a permeabilidade ao ar de um edifício e medir o fluxo de ar entre as zonas, testar a impermeabilidade da canalização e auxiliar a localizar fugas de ar pela envolvente do edifício (Sebastião, 2016).

O ensaio aplica uma pressão de 50 Pa entre o interior do imóvel e o exterior, e a esta pressão a taxa de renovação de ar deve ser igual ou inferior a 0,6 renovações/hora. O teste deve ser realizado na fase de aplicação da membrana de estanquidade e na fase final da construção. Quando realizado o ensaio todas as portas e janelas exteriores devem estar fechadas, e as interiores abertas. O ensaio é realizado do exterior ao interior e vice-versa. A taxa de troca de ar resultante do teste indica o nível de estanqueidade e a fuga de ar através da envolvente do edifício (Costa, 2015; Santos, 2013).

#### **3.4.5. Correção e minimização de pontes térmicas**

As pontes térmicas são locais onde na envolvente se dá a ligação de elementos que fazem parte do edifício como exemplo: Janelas, cunhais, juntas, paredes, cobertura, lajes térreas, vigas, pilares, pavimento e fundações. Estes pontos são também chamados de irregularidades geométricas pois são zonas frágeis e voláteis que estão sujeitas a um maior choque térmico (Almeida, 2013).

As Pontes Térmicas são parte da envolvente de um edifício. Estas agem na performance energética, por aumentarem perdas de calor no inverno e ganhos no verão, e pela acentuada variação térmica, dando ainda aumento no fluxo multidimensional (Figueira, 2014).

A temperatura na superfície de uma ponte térmica é menor quando comparada aos elementos adjacentes em estações de aquecimento. Esse

diferencial de temperatura pode causar condensações e surgimento de fungos (Larbi, 2005).

As perdas por pontes térmicas lineares devem ser inferiores a 0,01 W/mK segundo o Passive House. Uma forma de minimizar estas perdas é utilizar o fator de forma, ou seja, existirão menos pontes térmicas e serão menores os cuidados para minimizar este efeito de acordo com quanto mais regular for a forma do edifício (Passipedia, 2013).

Os tipos de pontes térmicas são nomeados por Lineares e Pontuais, calculados da mesma maneira, sendo o primeiro encontrado na união de dois ou mais elementos de um edifício, e o segundo na perfuração de uma parede por elemento de elevado nível de condutividade térmica (Larbi, 2005).

O combate do déficit de energia perdida nas pontes térmicas exige um investimento financeiro alto, mas de grande importância para o cumprimento dos requisitos da norma Passive House (Gavião, 2012).

Com a utilização da metodologia Thermal Bridge Free Design, é evitado e ou minimizado o efeito das pontes térmicas. O dimensionamento do isolamento deve ser de tal maneira para que utilizando um lápis seja possível traçar uma camada mínima e contínua em toda a fachada exterior (Figueira, 2014).

### 3.5. REABILITAÇÃO PASSIVE HOUSE

A possibilidade de uma edificação reabilitada ser considerada Passive House depende do cumprimento de todos os critérios do PH – Passive House. A aplicação do conceito na reabilitação se torna mais acessível quando realizado em fase de projeto a adoção dos princípios. Em reabilitações se torna um tanto quanto mais complicado, porém não impede da edificação reabilitada ser certificada pelo Passive House (Gavião, 2012).

Menos exigentes que requisitos para edifícios novos existem requisitos próprios para a reabilitação, denominados requisitos Enerphit. Estes requisitos apresentam menor exigência devido a algumas particularidades inultrapassáveis da

reabilitação, mesmo que em alguns casos seja possível o cumprimento de todos os requisitos de edifícios novos. A regra é então atingir os padrões Enerphit (Gavião, 2012).

O esforço do Passive House Institute em divulgar e exaltar as discussões sobre reabilitação com o conceito Passive House tem tornado mais frequente o certificado em edifícios reabilitados (Gavião, 2012).

O edifício reabilitado com padrões Passive House não originará apenas poupança energética, também gerando maior conforto para os ocupantes e por aumentar as temperaturas das superfícies interiores previne potenciais patologias (Theumer, 2012).

Os princípios da Certificação Passive House para novas habitações e para reabilitação se distinguem em alguns pontos, como já mencionado. Os requisitos Enerphit apresentados tem como base a publicação de Rheinstrasse (2013), publicadas pelo Passive House Institute, referindo os critérios para certificação PH na reabilitação.

A certificação Enerphit pode ser calculada pelos requisitos de demanda de aquecimento ou pelos requisitos dos componentes individuais do edifício (Passive House Institute, 2018).

Quando utilizado o método acima mencionado que se baseia nas necessidades de aquecimento, esta deve ser menor ou igual a 25 KWh/(m<sup>2</sup>a). Devem ser levados em conta alguns outros critérios como os a seguir mencionados (Passive House Institute, 2018):

- Demanda de energia primária: O valor deve respeitar a fórmula  $Q_p \leq 120 \frac{KWh}{m^2a} + \left( \left( Q_h - 15 \frac{KWh}{m^2a} \right) * 1,2 \right)$ , em que  $Q_h$  = Necessidade de energia para aquecimento.
- Renovação do ar: Para respeitar os requisitos deve ser levado em conta o valor máximo de uma renovação por hora. Para comprovar esse valor é utilizado o Blower door test.

- Proteção contra a umidade: Todas as seções e detalhes de conexões devem ser planejadas e executadas sem exceção, para então a umidade no interior do edifício ou nos componentes ser então evitada.
- Conforto térmico: A parede exterior deve ter coeficiente de transmissão térmica menor igual a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a cobertura superior deve ter coeficiente de transmissão térmica menor igual a  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . A temperatura mínima do piso na parte aquecida do edifício deve ser maior ou igual a  $17^\circ\text{C}$  para cumprir o requisito de temperatura interior de  $20^\circ\text{C}$  na estação de aquecimento. As janelas e portas exteriores devem ter coeficiente de transmissão térmica menor ou igual a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

O método para necessidades de componentes individuais, é baseado em elementos isolados da estrutura que cumpram requisitos do Passive House, ou seja, quando um sistema instalado na edificação for certificado pelo PH e ou cumprir os requisitos para sistemas do PHI e for comprovado de alguma forma pelos utilizadores, será então possível ter a certificação para componentes do edifício (Passive House Institute, 2018).

Serão apresentados a seguir alguns requisitos adicionais para certificação de componentes (Passive House Institute, 2018):

- Envolvente opaca: Deve seguir os valores de isolamento exterior menor ou igual a  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , isolamento interior menor igual a  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Sendo que o isolamento interior pode ser realizado somente quando impossível realizar o isolamento exterior. As pontes térmicas como nem sempre é possível eliminá-las devem ser evitadas ou minimizadas de acordo com o custo-benefício.
- Janelas: O coeficiente  $U_w$  da janela deve ser menor igual  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , e o fator  $g$  e  $U_g$  devem levar em conta o cálculo de  $g * 1,6 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2\text{K})} \geq U_g$ .
- Portas externas: O valor do coeficiente de transmissão térmica deve ser menor igual a  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

- Ventilação: O consumo de energia elétrica para o sistema deve ser menor igual a  $0,45 \text{ Wh/m}^3$ . Todos os quartos dentro da zona aquecida da edificação devem estar conectados ao sistema de ventilação de recuperador de calor ou ser parte de uma zona de transferência de ar.

## 4. SISTEMAS TÉCNICOS PARA CLIMATIZAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AQS

Serão apresentados a seguir os principais sistemas técnicos de climatização e preparação de águas quentes sanitárias, que serão estudados na presente tese.

### 4.1. BOMBA DE CALOR AR-ÁGUA

O funcionamento da bomba de calor pode ser explicado como a retirada de calor de um determinado local com temperatura variada e liberado com temperatura elevada em outro local, ou seja, a idéia é transferir o calor de um local para outro. Os componentes de uma bomba de calor são: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão (Sunproject, 2019).

O rendimento da Bomba de calor é elevado quando comparado a sistemas convencionais elétricos, isto devido ao aproveitamento do calor presente no ar (Ariston, 2019).

A bomba de calor ar-água utiliza o calor do ar para aquecer a água que se encontra em acumulador, utilizando um ciclo termodinâmico que se inicia pela aspiração de ar.

O funcionamento da bomba de calor ar-água pode ser apresentado em quatro passos, apresentados a seguir (Ariston, 2019):

- O ar aspirado do ambiente passa pelo evaporador, onde o fluído refrigerante absorve a temperatura do ar ambiente e muda de estado;
- O vapor passa através do compressor, onde por consequência do aumento de pressão a temperatura aumenta;
- O vapor circula pelo condensador e cede a energia acumulada, voltando ao estado líquido;
- O fluído passa pela válvula de expansão e retorna as condições iniciais, onde o processo é reiniciado.

A bomba de calor ar-água é utilizada para aquecimento , arrefecimento e águas quentes sanitárias.

## 4.2. CALDEIRA A GÁS

A caldeira a gás para AQS e para aquecimento do ar ambiente por via de radiadores, chão radiante e outros emissores, é uma opção standard em sistemas de aquecimento central para edifícios com grande necessidade de aquecimento. Algumas das vantagens são a baixa manutenção, eficiência, segurança, limpeza e preços baixos dos combustíveis. Foram muitos os avanços destas caldeiras nos últimos anos, por exemplo a tecnologia de condensação, em que os gases e calor provenientes da combustão são utilizados para pré-aquecer a água antes de passar pela chama.

Segundo a Portaria 349-B de 2013 – Tabela I.16, o rendimento das caldeiras deve ser 0,89 e 0,92 para classe de eficiência energética A, podendo chegar a ser superior a 0,96 em classe de eficiência energética A++.

## 4.3. AR CONDICIONADO

O funcionamento do sistema de ar condicionado segue o mesmo princípio da bomba de calor. Este sistema costuma ser utilizado tanto para aquecimento quanto para arrefecimento. Tem a desvantagem de realizar a recirculação do ar, não garantindo assim homogeneidade da temperatura, com grande variação de temperatura entre teto e chão. O custo de aquisição é baixo e permite controle da temperatura e umidade (Cerqueira, 2011).

## 4.4. SALAMANDRA

A salamandra a biomassa utiliza material vegetal compactado, reduzindo as cinzas e espaço de armazenamento, e aumentando a eficiência calorífica. A não necessidade de chaminé capacita a salamandra a ser instalada em qualquer local da casa desde que tenha uma saída para liberação do dióxido de carbono.

A salamandra pode aquecer a edificação como um todo, desde que seja instalada em local estratégico, com capacidade de manter o ambiente de maneira geral agradável. Mesmo sendo um investimento superior a sistemas técnicos similares, a salamandra tem retorno financeiro, além de apresentar conforto e comodidade.

## 5. METODOLOGIA DA TESE

O estudo da tese objetiva a utilização dos parâmetros da norma Passive House no atual contexto regulamentar Português. Com a utilização de um projeto de um edifício existente em Portugal (sujeito a grande reabilitação), este será adequado aos padrões de reabilitação do Conceito Passive House (requisitos Enerphit) em que será feito um estudo de viabilidade técnica, onde serão comparados valores de custo para os projetos e resultados visando o balanço energético nulo. O estudo centra-se nos parâmetros relacionados com a envolvente, sendo feitas simulações com variação dos valores de U para diferentes sistemas de climatização e preparação de AQS, além de Recuperador de Calor.

Para apresentação de resultados mais conclusivos serão realizadas além das simulações dos projetos adaptadas aos requisitos Enerphit outras simulações. Estas simulações levam em conta o mesmo projeto do edifício, mas com alterações para cumprimento de U máximo segundo a Portaria 379-A de 2015. De realçar que para grandes intervenções os requisitos são os mesmos de edifícios novos, aplicaremos de maneira comparativa os requisitos Passive House para novos edifícios.

Para a realização destes estudos, foi utilizado o programa de cálculo apresentado pelo Itecons disponível na Plataforma para Eficiência Energética de Edifícios. A tabela em plataforma Excel tem como princípio o apoio aos projetistas na aplicação das metodologias de cálculo referidas ao desempenho energético de edifícios de habitação. A ferramenta de cálculo disponibilizada possibilita o preenchimento de todas as informações para Pré-certificados e Certificados Energéticos.

Tendo como caso de estudo a reabilitação sujeita a grande intervenção em fase de projeto de uma edificação com duas frações, o estudo se torna mais conclusivo pela orientação solar ser levada em conta em dois pontos opostos onde cada um destes tem resultados distintos. A situação da edificação quanto à sua localização será levada em conta, porém para resultados mais conclusivos o projeto

será estudado em diferentes regiões de Portugal por motivo comparativo de resultados.

O diferente Zoneamento Climático de Portugal tem alguns extremos de inverno e verão, pelo que serão estudadas zonas com climas diferenciados. Para tal, serão referenciadas as cidades de estudo e alguns detalhes sobre elas, de maneira que fique claro o entendimento do processo realizado.

O estudo leva em conta e como base para início de estudo o pré-certificado energético de uma edificação existente e com os padrões de sistemas e materiais aplicados nesta. As alternativas e mudanças propostas serão feitas sobre este padrão existente, tornando o caso mais real e o estudo próximo de um projeto de reabilitação a ser realmente aplicado em alguma localidade de Portugal.

A figura 9 apresenta a metodologia da dissertação de forma simplificada.

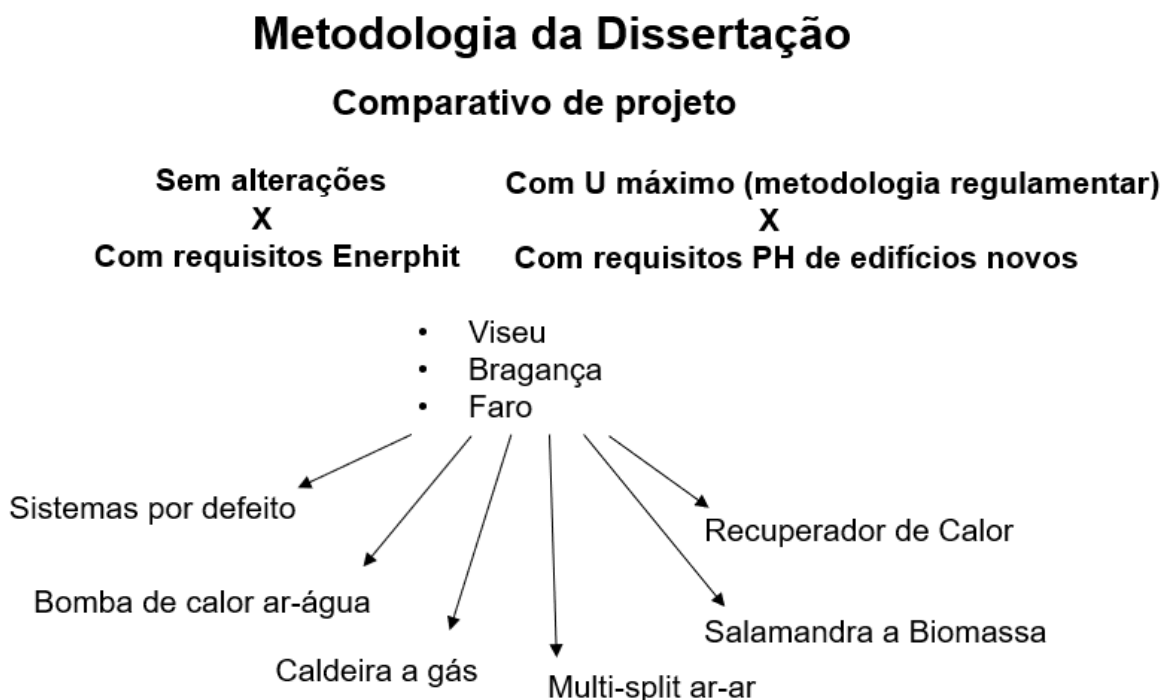


Figura 9: Metodologia da Dissertação.

## 5.1. PROJETO BASE

A base para o desenvolvimento do projeto foi a utilização de dois pré-certificados energéticos (com data de 28/06/2016) relativos às duas frações da edificação a ser estudada e nomeadas “Fração A” e “Fração B”, situadas em Viseu. Os certificados apresentam a classificação energética referente às frações, onde detalhadamente são especificados os elementos presentes na edificação/fração.

### 5.1.1. Projeto da Fração A sem alteração

A fração autónoma A tem orientação da fachada principal situada a Nordeste, com fachadas ainda orientadas a Sudeste e Noroeste. O sistema técnico aplicado é um painel solar térmico para AQS, os demais sistemas são adotados por defeito, sendo estes, resistência eléctrica, multi-split e esquentador a gás.

As principais soluções de projeto são apresentadas na figura 10 e os memoriais de cálculo no anexo 5. Os dados utilizados da fração A são apresentados no Quadro 3 a seguir. As imagens referentes ao projeto arquitetónico e traçado da envolvente são apresentadas no Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4.

Quadro 3: Detalhamento do projeto inicial da Fração A.

<b>Detalhamento do projeto inicial da Fração A</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.47
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.71
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.71
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.61
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.43
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.66
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m²·°C]		
		Solução	Referência	Máximo
<b>Paredes</b>				
PD - Parede exterior com espessura de 36.0cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; tijolo cerâmico furado de 11 cm (Rt=0.27m²·°C/W) com espessura de 11.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; caixa de ar (fluxo horizontal) de 40 mm (Rt=0.18m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; tijolo cerâmico furado de 15 cm (Rt=0.39m²·°C/W) com espessura de 15.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm;	70 68 N 67	0,47 ★★★★☆	0,40	1,60
PE - Parede interior em contacto com Edifício Adjacente, com espessura de 17.0cm, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; tijolo cerâmico furado de 11 cm (Rt=0.27m²·°C/W) com espessura de 11.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm;	51,2	0,61 ★★★★☆	0,80	2,00
PE - Parede interior em contacto com Desvão Superior, com espessura de 17.0cm, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; tijolo cerâmico furado de 11 cm (Rt=0.27m²·°C/W) com espessura de 11.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm;	12,6	0,61 ★★★★☆	0,80	2,00
<b>Coberturas</b>				
COB - Cobertura interior em contacto com Desvão Superior, com espessura de 33.0cm, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; tecto ou cobertura em laje aligeirada de blocos de betão normal com 21 a 28cm de altura (2 fiadas de furos) de =0.30 cm (Rt=0.18m²·°C/W) com espessura de 23.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; betonilha de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.03m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; mosaico cerâmico (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm;	7,4	0,66 ★★☆☆☆	0,70	1,30
COB1 - Cobertura exterior com espessura de 29.5cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; tecto ou cobertura em laje aligeirada de blocos de betão normal com 21 a 28cm de altura (2 fiadas de furos) de =0.30 cm (Rt=0.18m²·°C/W) com espessura de 23.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; telha de barro de 30-60 kg/m² (Rt=0.00m²·°C/W) com espessura de 1.5 cm;	79,5	0,71 ★★☆☆☆	0,35	1,00
<b>Pavimentos</b>				
PAV - Pavimento interior em contacto com Desvão Sanitário, com espessura de 39.0cm, com a seguinte composição: tacos ou parquet de madeira densa (Rt=0.04m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m²·°C/W) com espessura de 4.0 cm; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento+esferovite) de 500 kg/m³ (Rt=0.56m²·°C/W) com espessura de 10.0 cm; pavimento em laje aligeirada de blocos cerâmicos com 21 a 28cm de altura (2 fiadas de furos) de =30 cm (Rt=0.24m²·°C/W) com espessura de 23.0 cm; tacos ou parquet de madeira densa (Rt=0.04m²·°C/W) com espessura de 1.0 cm;	89,5	0,43 ★★★★☆	0,70	1,30

#### VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coef. de Transmissão Térmica*[W/m²·°C]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Vão envidraçado vertical exterior, localizado na fachada, de abertura giratória com caixilho simples em madeira sem quadricula, com Planistar com 4mm + 16mm de caixa de ar+ Planiclear 8mm; permeabilidade ao ar: classe 3; Uwdn = 1.63 W/m²·°C Proteção solar móvel, interior, com portadas de madeira ou plástico (opacas) de cor clara	4.1 1.3 N 4.1	1,63 ★★★★★	2,60	0,38	0,18

Figura 10: Principais soluções da envolvente da Fração A.


### 5.1.2. Projeto da Fração B sem alteração

A fração autónoma B tem orientação da fachada principal situada a Sudoeste, com fachadas ainda orientadas a Noroeste e Sudeste. O sistema técnico aplicado é um painel solar térmico para AQS, os demais sistemas são adotados por defeito, sendo estes, resistência eléctrica, multi-split e esquentador a gás.

As principais soluções de projeto são apresentadas na figura 11 e os memoriais de cálculo no anexo 6. Os dados utilizados da fração B são apresentados no Quadro 4 a seguir. As imagens referentes ao projeto arquitetônico e traçado da envolvente são apresentadas no Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4.

Quadro 4: Detalhamento do projeto inicial da Fração B.

<b>Detalhamento do projeto inicial da Fração B</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.5
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	149.4
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.78
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	34.9
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.61
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	45.82
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.43
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	99.2
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.66
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	95.81
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².°C]		
		Solução	Referência	Máximo
<b>Paredes</b>				
PD - Parede exterior com espessura de 36.0cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm; tijolo cerâmico furado de 11 cm (Rt=0.27m².°C/W) com espessura de 11.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; caixa de ar (fluxo horizontal) de 40 mm (Rt=0.18m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; tijolo cerâmico furado de 15 cm (Rt=0.39m².°C/W) com espessura de 15.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm;	33 26 28	 0,47 *****	0,40	1,60
PS - Parede exterior com espessura de 62.0cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; parede de pedra calcária de <1590 (muito macia) kg/m³ (Rt=0.67m².°C/W) com espessura de 57.0 cm;	14 14	 0,52 *****	0,40	1,60
PE - Parede interior em contacto com Edifício Adjacente, com espessura de 17.0cm, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm; tijolo cerâmico furado de 11 cm (Rt=0.27m².°C/W) com espessura de 11.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm;	45,8	0,61 *****	0,80	2,00
<b>Coberturas</b>				
COB - Cobertura interior em contacto com Desvão Superior, com espessura de 33.0cm, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm; tecto ou cobertura em laje aligeirada de blocos de betão normal com 21 a 28cm de altura (2 fiadas de furos) de =0.30 cm (Rt=0.18m².°C/W) com espessura de 23.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; betonilha de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.03m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; mosaico cerâmico (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.0 cm;	95,6	0,66 *****	0,35	1,00
PAV - Pavimento interior em contacto com Desvão Sanitário, com espessura de 39.0cm, com a seguinte composição: tacos ou parquet de madeira densa (Rt=0.04m².°C/W) com espessura de 1.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento+esterovite) de 500 kg/m³ (Rt=0.56m².°C/W) com espessura de 10.0 cm; pavimento em laje aligeirada de blocos cerâmicos com 21 a 28cm de altura (2 fiadas de furos) de =30 cm (Rt=0.24m².°C/W) com espessura de 23.0 cm; tacos ou parquet de madeira densa (Rt=0.04m².°C/W) com espessura de 1.0 cm;	99,2	0,43 *****	0,70	1,30
<b>Pontes Térmicas Planas</b>				
PTP - Pilar exterior com espessura de 36.0cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.5 cm; tijolo cerâmico furado de 4 cm (Rt=0.10m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; betão armado de inertes correntes com percent. significativa de armadura paralela ao fluxo de calor de = 2400 kg/m³ (Rt=0.10m².°C/W) com espessura de 25.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.5 cm;	2,4 6,8 4,8	 0,68 *****	0,40	-
PTP - Viga exterior com espessura de 36.0cm, cor branca (tonalidade clara), com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.5 cm; tijolo cerâmico furado de 4 cm (Rt=0.10m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ (Rt=1.08m².°C/W) com espessura de 4.0 cm; betão armado de inertes correntes com percent. significativa de armadura paralela ao fluxo de calor de = 2400 kg/m³ (Rt=0.10m².°C/W) com espessura de 25.0 cm; reboco de argamassas tradicionais de 2000 kg/m³ (Rt=0.01m².°C/W) com espessura de 1.5 cm;	2,7 10 6,9	 0,68 *****	0,35	-

#### VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coef. de Transmissão Térmica*[W/m².°C]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Vão envidraçado vertical exterior, localizado na fachada, de abertura giratória com caixilho simples em madeira sem quadricula, com Planistar com 4mm + 16mm de caixa de ar+ Planiclear 8mm; permeabilidade ao ar: classe 3; Uwnd = 1.65 W/m².°C Proteção solar móvel, interior, com portadas de madeira ou plástico (opacas) de cor clara	5,0	1,65 *****	2,60	0,38	0,18

Figura 11: Principais soluções da envolvente da Fração B.

### 5.1.3. Projeto Frações com U máximo

O projeto com alteração de requisitos para U máximo leva em conta os valores máximos de U, que variam de acordo com a zona climática. Serão apresentados nos quadros a seguir (Quadro 5; Quadro 6; Quadro 7; Quadro 8; Quadro 9; Quadro 10) dados dos projetos para as cidades de Viseu, Bragança e Faro. Foram aplicados para o cálculo do U as espessuras de isolamentos comerciais de modo a que cumprissem o U máximo.

Quadro 5: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Viseu.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Viseu</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.37
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.35
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.4
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	2
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.03
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Quadro 6: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Bragança.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Bragança</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.34
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.3
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.2
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.38
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.03
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Quadro 7: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Faro.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração A em Faro</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.47
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.37
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.8
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	2
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.43
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Quadro 8: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Viseu.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Viseu</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.39
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	149.4
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.4
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	34.9
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	2
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	45.82
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	99.2
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.32
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	95.81
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Quadro 9: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Bragança.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Bragança</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.34
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	149.4
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.2
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	34.9
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.38
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	45.82
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	99.2
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.3
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	95.81
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Quadro 10: Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Faro.

<b>Detalhamento do projeto com U máximo da Fração B em Faro</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.46
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	149.4
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	2.8
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	34.9
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	2
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	45.82
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.95
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	99.2
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.39
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	95.81
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

## 5.2. APLICAÇÃO DO PROJETO PARA OUTRAS LOCALIDADES

As zonas climáticas de inverno e verão são divididas em I1, I2, I3 e V1, V2, V3 respectivamente, ambas por ordem de severidade do clima.

A definição das zonas climáticas de inverno são definidas a partir do número de graus-dias na base de 18°C, a qual corresponde à estação de aquecimento e apresentadas no quadro a seguir (Quadro 11).

Quadro 11: Zonas climáticas de Inverno (Despacho 15793- F, 2013).

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

As zonas climáticas de verão correspondem a temperatura média exterior na estação de arrefecimento e apresentadas no quadro a seguir (Quadro 12).

Quadro 12: Zonas climáticas de verão (Despacho 15793- 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	V1	V2	V3

O despacho apresenta um gráfico sobre o mapa do país mostrando a localização das zonas climáticas, sendo este apresentado na figura a seguir (Figura 12).

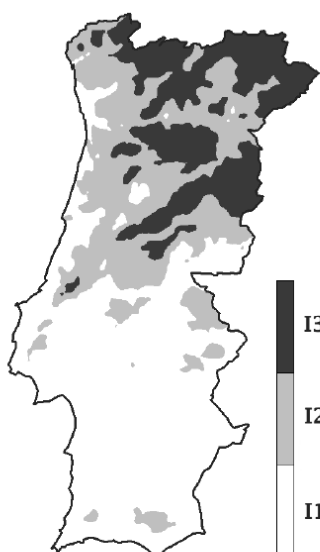


Fig. 01.01 - Zonas climáticas de inverno no continente

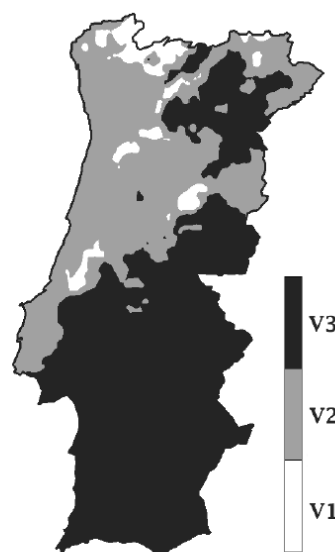


Fig. 01.02 - Zonas climáticas de verão no continente

Figura 12: Zonas climáticas de Portugal (Despacho 15793- F, 2013).

A escolha das localidades para utilização na dissertação levou em conta as diferentes altitudes e zoneamentos de verão e inverno do território Português. Foram escolhidas localidades nos pontos extremos do território nacional e com a máxima diferença de altitude e zoneamentos apresentadas no quadro 13.

Quadro 13: Dados de Localidades utilizadas na dissertação.

Localidade	Altitude (m)	Zoneamento de Verão	Zoneamento de Inverno
Viseu	451	V2	I2
Bragança	680	V2	I3
Faro	145	V3	I1

### 5.3. ADEQUAÇÃO DE PROJETO PARA SISTEMAS TÉCNICOS

Considera-se que importante para melhor entendimento da sensibilidade das alterações efetuar simulações para diferentes sistemas para entendimento da viabilidade da aplicação dos requisitos Enerphit e Passive House para novos edifícios. Foram selecionados então alguns sistemas de AQS e AQ para simular o desempenho da edificação, após isto serão realizadas demonstrações com valores para resultados relevantes levando em consideração a certificação energética.

Os casos a serem estudados a partir deste ponto serão as cidades já detalhadas anteriormente de Viseu, Bragança e Faro. Para o desenvolvimento do estudo de aplicação de sistemas de Água Quente Sanitária e Aquecimento serão realizadas algumas adequações de sistemas com adequada classe energética.

A partir da aplicação dos equipamentos e estudos de alterações referentes a eficiência energética na edificação será também realizado comparativo às edificações sem o sistema.

Para aplicação ao programa do Itecons e efeitos de cálculo houve a aplicação dos sistemas para Aquecimento, Arrefecimento e Águas quentes Sanitárias. Houveram casos onde o sistema não se aplica a arrefecimento ou Águas quentes sanitárias e estes então foram considerados por defeito.

Para além da realização destas simulações com sistemas serão estimadas as viabilidades de aplicação das alternativas propostas durante todo este projeto para então haver um real estudo de viabilidade da aplicação dos requisitos Enerphit e Passive House para novos edifícios.

#### 5.3.1. Bomba de Calor Ar-Água

O sistema a ser aplicado para este caso é o Samsung A2W TDM 16KW Monofásico. Os dados para cálculo são o rendimento em frio (EER) de 5,5 e para aquecimento (COP) DE 3,84. Este apresenta ainda potência consumida de 4,63

KW, e potência restituída 16 KW. O sistema foi aplicado para Aquecimento, Arrefecimento e Águas quentes Sanitárias.

### **5.3.2. Caldeira a gás**

A Caldeira a gás selecionada para aplicação ao projeto é da marca Baxi e de modelo Victoria Plus 24/24 N. Os dados para projeto que esta apresenta são Classe A tanto para Aquecimento quanto para Águas Quentes Sanitárias, o que repara um valor de coeficiente de rendimento nominal 0,9. A potência apresentada pelo produto é de 24 KW com utilização de gás natural como fonte de energia e produção de água instantânea. O sistema foi aplicado para Aquecimento e Águas quentes Sanitárias.

### **5.3.3. Multi-Split ar-ar**

A aplicação de sistema de ar condicionado foi realizada com a utilização do sistema de Multi-Split da marca Daitsu de modelo ASD9U21-DN. Para o preenchimento dos valores de cálculo foi utilizada a classe de aquecimento A+ com valor de COP superior a 3,6 e para arrefecimento com classe de refrigeração A++ utiliza-se o valor de EER superior a 3,2. Com capacidade de aquecimento de 5,2 KW e de arrefecimento de 5,2 KW, além de Potência consumida de 1,55 e 1,56 KW para Aquecimento e Arrefecimento respectivamente.

### **5.3.4. Salamandra**

O caso apresentado é a utilização de salamandra hidro com utilização de Pallets como fonte de energia. A marca com a qual o sistema é apresentado é a Watt modelo Preto 21 KW. O rendimento do sistema apresentado é segundo dados do fabricante de 95,79% e sua Potência 27,34 KW. A consumo de Pallets é de 3,7

Kg por hora e tem capacidade de depósito de 50 Kg. O sistema foi aplicado para Aquecimento e Águas Quentes Sanitárias.

### **5.3.5. Recuperador de calor**

O Recuperador de calor de fluxo cruzado utilizado é da marca Sodeca e modelo Venus 300-AC. A potência total do sistema é de 145 W, com caldal máximo de 265 (m<sup>3</sup>/h) e eficiência de recuperação de calor de 93%. O sistema é aplicado tanto para admissão como para exaustão de ar. Nas simulações realizadas com os sistemas técnicos apresentados anteriormente foi utilizada ventilação natural tal como o projeto sem alterações.

## 6. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 6.1. APLICAÇÃO DOS REQUISITOS ENERPHIT

#### 6.1.1. Fração A

A aplicação do caso de estudo se dá sobre a edificação já existente, e para o isolamento das paredes exteriores os requisitos mínimos já são cumpridos, fazendo com que o caso fique simplificado neste quesito. As paredes exteriores já tinham isolamento térmico de XPS 4 cm e com a maioria da edificação com parede dupla com espaço de ar.

Partindo então para a cobertura exterior, devemos então realizar grandes alterações, sendo que para cumprimento dos requisitos exigidos deve-se chegar a valores de coeficiente de transmissão térmica menor ou igual a  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , e o valor apresentado é de  $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . De maneira com que já existia um isolamento térmico em XPS na cobertura exterior com 4 cm, foi então aumentado a espessura de isolamento para 10 cm, onde serão então cumpridos os requisitos exigidos.

A cobertura interior que apresentava coeficiente de transmissão térmica de  $0,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  com isolamento térmico de 4 cm de XPS, foi feito um aumento para 10 centímetros de XPS, onde então cumpriu o requisito de coeficiente de transmissão térmica menor igual a  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Para as janelas deve ser realizada grande alteração sobre a solução para alcançar os valores exigidos pelo Enerphit, tendo em vista o valor a ser alcançado de coeficiente de transmissão térmica menor igual a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . O valor pode somente ser alcançado com a utilização de vidro triplo com gás argon no espaço de ar com caixilho de PVC, este que com vidro de 4mm e espaço de ar com 18mm.

As portas externas da residência deverão atender um valor máximo de coeficiente de transmissão térmica de  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

As pontes térmicas lineares se possível devem ser minimizadas, desta forma, durante o processo de execução da reabilitação da fração deve ser acompanhada

a aplicação das melhorias referentes ao Enerphit. Os locais onde o responsável da obra julgar necessário e dentro do possível devem ser realizadas as correções das pontes térmicas com camada de material estanque, estas que não obrigatórias em reabilitação caso seja inviável.

Os dados referentes às alterações de projeto com as medidas de melhoria são apresentados no quadro a seguir (Quadro 14), em que as alterações referentes ao projeto inicial estão grifadas.

Quadro 14: Dados de alteração de projeto para requisitos Enerphit na Fração A.

<b>Detalhamento do projeto da Fração A com requisitos Enerphit</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.47
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.32
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.8
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.61
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.43
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.32
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Com os resultados obtidos foi então gerada a Classe energética referente às alterações realizadas. A Classe obtida foi B, mantendo-se por isso a mesma classificação.

O projeto será apresentado para outras localidades Portuguesas para então ser comparado nas diferentes zonas climáticas.

### 6.1.2. Fração B

Os requisitos das paredes exteriores já estão cumprindo os padrões exigidos pelo conceito Enerphit, ou seja, não são necessárias alterações nesta, visto que o coeficiente de transmissão térmica já é menor ou igual a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

A cobertura interior que apresentava coeficiente de transmissão térmica de  $0,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  com isolamento térmico de 4 cm de XPS, foi feito um aumento para 10 cm de XPS, onde então cumpriu o requisito de coeficiente de transmissão térmica menor ou igual a  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Para as janelas deve ser realizada grande intervenção para alcançar os valores exigidos pelo Enerphit, tendo em vista o valor a ser alcançado de coeficiente de transmissão térmica menor ou igual a  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . O valor pode somente ser alcançado com a utilização de vidro triplo com gás argon no espaço de ar com caixilho de PVC, este que com vidro de 4mm e espaço de ar com 18mm.

As portas externas da residência deverão atender um valor máximo de coeficiente de transmissão térmica de  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

As pontes térmicas lineares se possível devem ser minimizadas, desta forma, durante o processo de execução da reabilitação da fração deve ser acompanhada a aplicação das melhorias referentes ao Enerphit. Os locais onde o responsável da obra julgar necessário e dentro do possível devem ser realizadas as correções das pontes térmicas com camada de material estanque, estas que não obrigatórias em reabilitação caso seja inviável.

Os dados referentes às alterações de projeto com as medidas de melhoria são apresentados no quadro a seguir (Quadro 15), em que as alterações referentes ao projeto inicial estão grifadas.

Quadro 15: Dados de alteração de projeto para requisitos Enerphit na Fração B.

<b>Detalhamento do projeto da Fração B com requisitos Enerphit</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.5
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	149.4
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.8
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	34.9
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.61
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	45.82
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.43
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	99.2
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.32
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	95.81
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS	0.89

Com os resultados obtidos foi então gerada a Classe energética referente às alterações realizadas. A Classe obtida foi B, mantendo-se por isso a mesma classificação.

O projeto será apresentado para outras localidades Portuguesas para então ser comparado nas diferentes zonas climáticas.

## 6.2. APLICAÇÃO REQUISITOS PASSIVE HOUSE PARA NOVOS EDIFÍCIOS

### 6.2.1. Fração A

Os requisitos Passive House para novos edifícios são apresentados no tópico 3.4. da dissertação. Para cumprimento dos requisitos de isolamento foram realizadas algumas alterações que são detalhadas nos tópicos e Quadro 16 a seguir:

- Paredes exteriores com isolamento térmico de XPS pelo exterior de 22 cm;
- Cobertura exterior com isolamento térmico de XPS de 23 cm;
- Vãos envidraçados com  $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- Parede interior com isolamento térmico de XPS de 9 cm;
- Desvão sanitário com isolamento de XPS de 7 cm;
- Cobertura interior com isolamento de XPS de 9 cm.

Quadro 16: Detalhamento do projeto Passive House da fração A.

<b>Detalhamento do projeto Passive House da Fração A</b>	
Tipologia	T4
Número de pisos	3
Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	226.13
Pé-direito médio ponderado (m)	2.83
U da parede exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.15
Área da parede exterior (m <sup>2</sup> )	205
U da cobertura exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.15
Área da cobertura exterior (m <sup>2</sup> )	79.46
U médio dos vãos envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.8
Área de vãos envidraçados (m <sup>2</sup> )	53.06
U das paredes interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.35
Área de paredes interiores (m <sup>2</sup> )	63.7
U de pavimentos interiores (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.34
Área de pavimentos interiores (m <sup>2</sup> )	89.5
U da cobertura interior (W/m <sup>2</sup> .°C)	0.35
Área da cobertura interior (m <sup>2</sup> )	7.41
Área do painel solar térmico (m <sup>2</sup> )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.4
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS - Termoacumulador	0.95

### 6.2.2. Fração B

Os requisitos Passive House para novos edifícios são apresentados no tópico 3.4. da dissertação. Para cumprimento dos requisitos de isolamento foram realizadas algumas alterações que são detalhadas nos tópicos e Quadro 17 a seguir:

- Parede exterior 1 com isolamento térmico de XPS pelo exterior de 22 cm;

- Parede exterior 2 com isolamento térmico de XPS de 21 cm;
- Vãos envidraçados com  $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ;
- Parede interior com isolamento térmico de XPS de 9 cm;
- Desvão sanitário com isolamento de XPS de 7 cm;
- Cobertura interior com isolamento de XPS de 10 cm.

Quadro 17: Detalhamento do projeto Passive House da fração B.

<b>Detalhamento do projeto Passive House da Fração B</b>	
Tipologia	T3
Número de pisos	3
Área útil de pavimento ( $\text{m}^2$ )	187.74
Pé-direito médio ponderado (m)	3
U da parede exterior ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )	0.15
Área da parede exterior ( $\text{m}^2$ )	149.4
U médio dos vãos envidraçados ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )	0.8
Área de vãos envidraçados ( $\text{m}^2$ )	34.9
U das paredes interiores ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )	0.35
Área de paredes interiores ( $\text{m}^2$ )	45.82
U de pavimentos interiores ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )	0.34
Área de pavimentos interiores ( $\text{m}^2$ )	99.2
U da cobertura interior ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )	0.33
Área da cobertura interior ( $\text{m}^2$ )	95.81
Área do painel solar térmico ( $\text{m}^2$ )	3.85
Ventilação em renovações de ar por hora	0.43
Rendimento do sistema de aquecimento - Resistência	1
Rendimento do sistema de arrefecimento - Split	3
Rendimento do sistema de AQS - Termoacumulador	0.95

### 6.3. PROJETO PARA DIFERENTES SISTEMAS TÉCNICOS

Para o melhor entendimento do projeto e das suas alterações referentes a localização de aplicação será realizado neste tópico a aplicação da Fração A e B sem e com alterações para diferentes localidades em Portugal, estas que já especificadas anteriormente.

Serão detalhados os valores que influenciarão para a aplicação dos requisitos Enerphit e Passive House para novos edifícios e os demais valores referentes à certificação energética.

## 7. RESULTADOS

São apresentados neste capítulo os resultados do estudo efetuado e será feita uma análise e discussão destes para então ser realizada a conclusão do projeto com os dados já discutidos.

### 7.1. COMPARATIVO DE FRAÇÕES SEM ALTERAÇÃO DE PROJETO E REQUISITOS ENERPHIT

#### 7.1.1. Realocação de frações sem alteração de projeto

Os valores utilizados para tal apresentação são os valores de projeto recebidos para estudo de caso em que a edificação será somente realocada em outras cidades já detalhadas anteriormente nas cidades de Viseu (atual locação do edifício), Bragança e Faro.

Para o caso apresentado neste tópico serão detalhados os valores obtidos para fração A e Fração B nos quadros a seguir (Quadro 18; Quadro 19).

Quadro 18: Valores da Fração A sem alteração de projeto.

Fração A sem alterações de Projeto										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(€)
Viseu	43.36	51.01	9.87	10.55	2972	2972	121.29	151.09	B-	1888.27
Bragança	63.02	64.4	10.08	10.83	2972	2972	170.61	184.79	B-	2646.73
Faro	23.9	33.66	17.62	18.97	2972	2972	79.11	114.73	B	1239.65

Quadro 19: Valores da Fração B sem alteração de projeto.

Fração B sem alterações de Projeto										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(€)
Viseu	27.41	34.99	14.26	10.55	2377	2377	82.45	110.73	B	1044.16
Bragança	41.95	44.42	14.46	10.83	2377	2377	118.97	134.54	B-	1502.94
Faro	14.6	23.5	21.82	18.97	2377	2377	56.75	89.01	B	721.26

Foram apresentados nas tabelas referente à realocação das Frações os valores pertinentes. Existe grande diferença entre os valores apresentados quando se tratando de diferentes localizações da mesma edificação. Os valores tem diferença pois levam em conta o diferente zoneamento climático do país.

Os valores de Nic, em excessão de Faro, estão longe dos parâmetros do conceito PH. Os valores de Ntc entretanto estão dentro dos padrões de certificação Passive House Enerphit, no entanto vale recordar que os resultados levam em conta a legislação atuante que considera temperatura interior do edifício mínima de 18°C, enquanto a metodologia de cálculo da norma Passive House exige temperatura mínima de 20°C.

### 7.1.2. Realocações de frações com requisitos Enerphit

Os valores utilizados neste tópico são os resultados de projeto com as referidas adequações aos requisitos Enerphit. São comparados os valores das necessidades energéticas, classes e faturas energéticas para a fração A e B, além do valor de investimento para adequação ao conceito Passive House para cada uma das frações e seus respectivos períodos de retorno de investimento, apresentados nos quadros a seguir (Quadro 20; Quadro 21; Quadro 22; Quadro 23; Quadro 24).

Quadro 20: Valores da Fração A com requisitos Enerphit.

Fração A com Requisitos Enerphit										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Viseu	35.26	50.99	7.67	10.55	2972	2972	99.22	151.03	B	1548.92
Bragança	51.47	64.37	7.88	10.83	2972	2972	139.92	184.72	B-	2174.71
Faro	19.51	33.65	13.93	18.97	2972	2972	65.06	114.7	B	1023.63

Quadro 21: Valores da Fração B com requisitos Enerphit.

Fração B com requisitos Enerphit										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(€)
Viseu	20.65	34.99	9.86	10.55	2377	2377	61.91	110.73	B	786.08
Bragança	31.99	44.42	10.09	10.83	2377	2377	90.44	134.54	B	1144.46
Faro	11.02	23.5	15.61	18.97	2377	2377	42.62	89.01	A	543.78

Quadro 22: Detalhamento de investimento para requisitos Enerphit Fração A.

Detalhamento do investimento para requisitos Enerphit Fração A			
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	53.06	100	5306
Isolamento térmico extra	86.87	17.45	1515.88

Quadro 23: Detalhamento de investimento para requisitos Enerphit Fração B.

Detalhamento do investimento para requisitos Enerphit Fração B			
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	34.9	100	3490
Isolamento térmico extra	95.81	17.45	1671.9

Quadro 24: Período de retorno de investimento para adequação ao Enerphit.

Período de retorno de investimento para adequação ao Enerphit				
Localidade	Fração A		Fração B	
	Investimento	Período de retorno	Investimento	Período de retorno
	(Euros)	(Anos)	(Euros)	(Anos)
Viseu	6821.88	20.1	5161.9	20
Bragança	6821.88	14.45	5161.9	14.4
Faro	6821.88	31.58	5161.9	29.08

A certificação energética das frações com requisitos Enerphit realocadas sofreram alterações, pois os valores base utilizados são os de necessidades nominais anuais globais de energia primária, sendo que o valor dividido pela referência caracteriza a Classe Energética. Os valores de Nic e Ntc da aplicação da norma Passive House (Enerphit) quando comparados aos resultados do projeto

inicial apresentaram pouca diferença, sendo que esta diferença seria maior se a edificação utilizada como base tivesse em piores condições.

### 7.1.3. Simulação do projeto com aplicação de diferentes sistemas

#### 7.1.3.1. Bomba de calor ar-água

A solução de Bomba de calor ar-água escolhida é da marca Samsung, para aquecimento, arrefecimento e AQS.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 25; Quadro 26; Quadro 27; Quadro 28) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Enerphit e para todas as localidades.

Quadro 25: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água.

<b>Fração A sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	11778	1801	35.72	63.34	B
Bragança	15107	1801	48.63	74.75	B
Faro	9956	1801	26.57	56.14	A

Quadro 26: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água.

<b>Fração A com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	10017	1801	29.45	63.32	A	6821.88	70.76
Bragança	12766	1801	40.1	74.71	B	6821.88	52
Faro	8540	1801	22.04	53.13	A	6821.88	97.95

Quadro 27: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água.

<b>Fração B sem alteração de projeto com Bomba de Calor ar-água</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	8179	1801	25.65	49.75	B
Bragança	10197	1801	35.21	57.85	B
Faro	7573	1801	20.75	47.43	A

Quadro 28: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água.

<b>Fração B com requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	6592	1801	19.25	49.75	A	5161.9	64.21
Bragança	8175	1801	26.74	57.85	A	5161.9	48.51
Faro	6145	1801	15.6	47.43	A	5161.9	79.78

### 7.1.3.2. Caldeira a gás

A Caldeira a gás escolhida é da marca Maxi, para aquecimento e AQS, para arrefecimento foi considerado por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando

inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 29; Quadro 30; Quadro 31; Quadro 32) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Enerphit e para todas as localidades.

Quadro 29: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Bomba de Caldeira a gás.

<b>Fração A sem alteração de projeto com Caldeira a gás</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	2032	1801	61.53	80.88	B-
Bragança	2032	1801	83.57	96.17	B-
Faro	2032	1801	46.37	68.39	B

Quadro 30: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Caldeira a gás.

<b>Fração A com requisitos Enerphit com Caldeira a gás</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	2032	1801	50.7	80.85	B	6821.88	32.31
Bragança	2032	1801	68.89	96.12	B	6821.88	23.58
Faro	2032	1801	38.42	68.38	B	6821.88	46.55

Quadro 31: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Caldeira a gás.

<b>Fração B sem alteração de projeto com Caldeira a gás</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	2039	1801	44.59	62.57	B
Bragança	2039	1801	60.92	73.4	B-
Faro	2039	1801	36.67	56.67	B

Quadro 32: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Caldeira a gás.

<b>Fração B com requisitos Enerphit com Caldeira a gás</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	2039	1801	33.43	62.57	B	5161.9	30.2
Bragança	2039	1801	46.21	73.4	B	5161.9	22.47
Faro	2039	1801	27.52	56.67	A	5161.9	39.36

### 7.1.3.3. Multi-Split ar-ar

O Multi-split ar-ar escolhido é da marca Daitsu para aquecimento e arrefecimento, para AQS é utilizado esquentador a gás considerado por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 33; Quadro 34; Quadro 35; Quadro 36) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Enerphit e para todas as localidades.

Quadro 33: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar.

<b>Fração A sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	10646	1801	42.48	61.06	B
Bragança	13889	1801	56.3	71.14	B-
Faro	8674	1801	35.03	55.32	B

Quadro 34: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar.

Fração A com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	8984	1801	35.15	61.05	B	6821.88	60.5
Bragança	11663	1801	46.57	71.12	B	6821.88	45.6
Faro	7384	1801	29.1	55.32	B	6821.88	74.84

Quadro 35: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar.

Fração B sem alteração de projeto com Multi-split ar-ar					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	7506	1801	32.23	48.98	B
Bragança	9472	1801	42.49	56.15	B-
Faro	6759	1801	29.25	47.55	B

Quadro 36: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar.

Fração B com requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	6047	1801	24.1	48.98	A	5161.9	54.28
Bragança	7588	1801	32.15	56.15	B	5161.9	39.77
Faro	5492	1801	21.91	47.55	A	5161.9	56

#### 7.1.3.4. Salamandra a Biomassa

A Salamandra a Biomassa escolhida é da marca Watt para aquecimento e AQS, para arrefecimento é considerado Multi-split por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando

inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 37; Quadro 38; Quadro 39; Quadro 40) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Enerphit e para todas as localidades.

Quadro 37: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Salamandra.

<b>Fração A sem alteração de projeto com Salamandra</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	13359	1801	8.22	80.88	A+
Bragança	18002	1801	8.4	96.17	A+
Faro	8763	1801	14.68	68.39	A+

Quadro 38: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Salamandra.

<b>Fração A com requisitos Enerphit com Salamandra</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	11447	1801	6.39	80.85	A+	6821.88	55.16
Bragança	15273	1801	6.57	96.12	A+	6821.88	41.47
Faro	7728	1801	11.61	68.38	A+	6821.88	68.83

Quadro 39: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Salamandra.

<b>Fração B sem alteração de projeto com Salamandra</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	7717	1801	11.88	62.57	A+
Bragança	10521	1801	12.05	73.4	A+
Faro	5248	1801	18.18	56.67	A

Quadro 40: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Salamandra.

Fração B com requisitos Enerphit com Salamandra							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	6414	1801	8.22	62.57	A+	5161.9	46.4
Bragança	8600	1801	8.4	73.4	A+	5161.9	36.41
Faro	4556	1801	13.01	56.67	A+	5161.9	51.86

#### 7.1.3.5. Recuperador de calor

O Recuperador de calor de fluxo cruzado aplicado é da marca Sodeca para ventilação, os demais sistemas são considerados por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido o sistema ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

A aplicação do Recuperador de Calor acarretou na variação de renovações de ar por hora, os valores serão apresentados no Quadro 45.

Os quadros a seguir (Quadro 41; Quadro 42; Quadro 43; Quadro 44) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Enerphit e para todas as localidades.

Quadro 41: Valores de Fração A sem alteração de projeto com Recuperador de Calor.

Fração A sem alterações de Projeto com Recuperador de calor de fluxo cruzado							
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	31.7	53.23	12.1	10.55	109.4	156.64	B
Bragança	47.6	67.17	12.29	10.83	149.31	191.72	B-
Faro	17.11	35.01	19.47	18.97	79.07	118.13	B

Quadro 42: Valores de Fração A com requisitos Enerphit com Recuperador de Calor.

<b>Fração A com requisitos Enerphit com Recuperador de calor de fluxo cruzado</b>									
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	22.9	52.08	9.85	10.55	85.54	153.78	B	6821.88	18.6
Bragança	34.98	65.74	10.04	10.83	115.9	188.16	B	6821.88	13.28
Faro	12.34	34.32	15.76	18.97	64.05	116.38	B	6821.88	29.53

Quadro 43: Valores de Fração B sem alteração de projeto com Recuperador de Calor.

<b>Fração B sem alterações de Projeto com Recuperador de calor de fluxo cruzado</b>							
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	16.28	39.54	17.97	10.55	76.58	122.11	B
Bragança	26.42	50.1	18.09	10.83	102.03	148.74	B
Faro	8.37	26.28	24.3	18.97	62.09	95.96	B

Quadro 44: Valores de Fração B com requisitos Enerphit com Recuperador de Calor.

<b>Fração B com requisitos Enerphit com Recuperador de calor de fluxo cruzado</b>									
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	9.62	38.58	13.44	10.55	56.16	119.7	A	5161.9	20.13
Bragança	16.21	48.9	13.59	10.83	72.76	145.73	A	5161.9	14.04
Faro	4.9	25.69	18.06	18.97	48.22	94.49	B	5161.9	29.61

Quadro 45: Alterações nas rph causadas pelo Recuperador de Calor.

<b>Alterações nas renovações de ar por hora causadas pela aplicação do sistema de Recuperador de calor</b>	
	Renovações de ar por hora (rph)
Fração A sem alteração de projeto	0.46
Fração A com requisitos Enerphit	0.43
Fração B sem alteração de projeto	0.52
Fração B com requisitos Enerphit	0.49

#### 7.1.4. Fatura energética

A partir do projeto inicial e projeto com alterações para os requisitos Enerphit foram gerados valores de faturas energéticas para todos os casos de realocação das frações e para aplicação de sistemas de aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias. A avaliação da viabilidade de aplicação do conceito Passive House com requisitos Enerphit para os casos de reabilitação foi então realizada.

A fatura energética anual leva em conta as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias, o rendimento dos equipamentos utilizados nas frações, o custo da energia (a qual varia de acordo com o tipo de fonte de energia com a qual o sistema trabalha) e a área da fração estudada. Os valores de fatura energética anual consideram o ar interior com 18°C (inverno) e 25°C (verão) durante o ano todo. Serão apresentados os valores das faturas energéticas nos quadros a seguir (Quadro 46; Quadro 47).

Quadro 46: Fatura energética anual para Fração A.

Fração A			
Fração/Medida de melhoria	Fatura energética anual (Euro)		
	Localidade		
	Viseu	Bragança	Faro
Projeto inicial	1888.27	2646.73	1239.65
Requisitos Enerphit	1548.92	2174.71	1023.63
Projeto inicial com Bomba de Calor ar-água	549.26	747.78	408.56
Requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água	452.85	616.61	338.91
Projeto inicial com Caldeira a gás	1212.42	1659.91	871.9
Requisitos Enerphit com Caldeira a gás	1001.29	1370.54	725.35
Projeto inicial com Multi-split ar-ar	676.47	888.93	561.87
Requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar	563.72	739.31	470.72
Projeto inicial com Salamandra a Biomassa	692.64	927.51	562.38
Requisitos Enerphit com Salamandra a Biomassa	568.96	762.99	463.27
Projeto inicial com Recuperador de calor	1705.41	2319.16	1239.12
Requisitos Enerphit com Recuperador de calor	1338.6	1805.34	1008.07

Quadro 47: Fatura energética anual para Fração B.

Fração B			
Fração/Medida de melhoria	Fatura energética anual (Euro)		
	Localidade		
	Viseu	Bragança	Faro
Projeto inicial	1044.16	1502.94	721.26
Requisitos Enerphit	786.08	1144.46	543.78
Projeto inicial com Bomba de Calor ar-água	322.22	442.32	260.67
Requisitos Enerphit com Bomba de Calor ar-água	241.83	335.92	195.97
Projeto inicial com Caldeira a gás	693.25	963.95	535.74
Requisitos Enerphit com Caldeira a gás	522.3	734.2	404.58
Projeto inicial com Multi-split ar-ar	413.22	542.08	375.76
Requisitos Enerphit com Multi-split ar-ar	318.11	412.27	283.59
Projeto inicial com Salamandra a Biomassa	433.176	575.48	388.79
Requisitos Enerphit com Salamandra a Biomassa	321.93	433.69	289.26
Projeto inicial com Recuperador de calor	970.38	1290.13	788.36
Requisitos Enerphit com Recuperador de calor	713.92	922.41	614.05

## 7.2. COMPARATIVO DE FRAÇÕES COM REQUISITOS MÍNIMOS E REQUISITOS PH PARA NOVOS EDIFÍCIOS

### 7.2.1. Realocação de frações com requisitos mínimos

Os valores utilizados para tal apresentação são os requisitos mínimos segundo a Portaria 379-A de 2015.

Para o caso apresentado neste tópico serão detalhados os valores obtidos para fração A e Fração B nos quadros a seguir (Quadro 54; Quadro 55).

Quadro 48: Fração A requisitos mínimos.

Fração A requisitos mínimos										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Viseu	52.77	51.02	9.15	10.55	2972	2972	144.22	151.12	B-	2240.88
Bragança	66.03	64.41	9.62	10.83	2972	2972	177.76	184.81	B-	2756.1
Faro	33.85	33.66	16.78	18.97	2972	2972	103.28	114.73	B-	1611.31

Quadro 49: Fração B requisitos mínimos.

Fração B requisitos mínimos										
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(€)
Viseu	36.1	34.99	11.11	10.55	2377	2377	101.56	110.73	B-	1284.19
Bragança	45.51	44.42	11.55	10.83	2377	2377	125.46	134.54	B-	1584.39
Faro	22.41	23.5	18.25	18.97	2377	2377	73.28	89.01	B-	928.9

## 7.2.2. Realocação de frações com requisitos Passive House para novos edifícios

Os valores utilizados neste tópico são os resultados de projeto com as referidas adequações aos requisitos Passive House para edifícios novos. São comparados os valores das necessidades energéticas, classes e faturas energéticas para a fração A e B, além do valor de investimento para adequação ao conceito Passive House para cada uma das frações e seus respectivos períodos de retorno de investimento, apresentados nos quadros a seguir (Quadro 56; Quadro 57; Quadro 58; Quadro 59; Quadro 60; Quadro 61; Quadro 62; Quadro 63).

Quadro 50: Fração A Passive House.

Fração A Passive House											
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	21.67	50.99	7.65	10.55	2972	2972	65.21	151.03	A	15311.68	12.6
Bragança	33.29	64.37	7.85	10.83	2972	2972	94.44	184.72	B	14913.36	11.65
Faro	11.63	33.65	13.04	18.97	2972	2972	44.61	114.7	A	16160.76	17.92

Quadro 51: Fração B Passive House.

Fração B Passive House											
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	10.42	34.99	10.18	10.55	2377	2377	36.59	110.73	A	9784.02	12.02
Bragança	17.41	44.42	10.37	10.83	2377	2377	54.21	134.54	A	8912.04	9.96
Faro	5.33	23.5	15.01	18.97	2377	2377	27.9	89.01	A	10643.04	18.67

Quadro 52: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Viseu.

<b>Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Viseu</b>				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	53.06	130	6897.8	
Isolamento térmico parede externa	205	22.74	4661.7	14
Isolamento térmico cobertura externa	79.46	22.74	1806.92	14
Isolamento térmico parede interior	63.7	13.24	843.39	9
Isolamento térmico desvão sanitário	89.5	11.37	1017.62	7
Isolamento térmico cobertura interior	7.41	11.37	84.25	7

Quadro 53: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Bragança.

<b>Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Bragança</b>				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	53.06	130	6897.8	
Isolamento térmico parede externa	205	21.81	4471.05	13
Isolamento térmico cobertura externa	79.46	20.88	1659.13	12
Isolamento térmico parede interior	63.7	12.3	783.51	8
Isolamento térmico desvão sanitário	89.5	11.37	1017.62	7
Isolamento térmico cobertura interior	7.41	11.37	84.25	7

Quadro 54: Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Faro.

<b>Detalhamento do investimento para Passive House Fração A em Faro</b>				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	53.06	130	6897.8	
Isolamento térmico parede externa	205	26.48	5428.4	18
Isolamento térmico cobertura externa	79.46	23.69	1882.41	15
Isolamento térmico parede interior	63.7	13.24	843.39	9
Isolamento térmico desvão sanitário	89.5	11.37	1017.62	7
Isolamento térmico cobertura interior	7.41	12.3	91.14	8

Quadro 55: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Viseu.

<b>Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Viseu</b>				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	34.9	130	4537	
Isolamento térmico parede externa 1	28.24	22.74	642.18	14
Isolamento térmico parede externa 2	121.16	23.69	2870.28	15
Isolamento térmico parede interior	45.82	13.24	606.66	9
Isolamento térmico desvão sanitário	99.2	11.37	1127.904	7
Isolamento térmico cobertura interior	95.81	0	0	0

Quadro 56: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Bragança.

Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Bragança				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	34.9	130	4537	
Isolamento térmico parede externa 1	28.24	21.81	615.91	13
Isolamento térmico parede externa 2	121.16	21.81	2642.5	13
Isolamento térmico parede interior	45.82	12.3	563.59	8
Isolamento térmico desvão sanitário	99.2	11.37	1127.9	7
Isolamento térmico cobertura interior	95.81	6	574.86	-1

Quadro 57: Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Faro.

Detalhamento do investimento para Passive House Fração B em Faro				
Alterações na edificação	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Preço unitário (Euro)	Valor total (Euro)	Diferença de isolamento (cm)
Diferença de preço janelas PH e utilizada no projeto base	34.9	130	4537	
Isolamento térmico parede externa 1	28.24	26.48	747.8	18
Isolamento térmico parede externa 2	121.16	24.61	2981.75	16
Isolamento térmico parede interior	45.82	13.24	606.66	9
Isolamento térmico desvão sanitário	99.2	11.37	1127.9	7
Isolamento térmico cobertura interior	95.81	6.7	641.93	2

A certificação energética das frações com requisitos Passive House para novos edifícios realocadas sofreram alterações, pois os valores base utilizados são os de necessidades nominais anuais globais de energia primária, sendo que o valor dividido pela referência caracteriza a Classe Energética. Os valores de Nic e Ntc (estes que representam valores mínimos referentes ao PH) das frações quando comparados entre projeto inicial e com requisitos PH apresentam diferença significativa.

### 7.2.3. Aplicação de Sistemas como medidas de melhoria

#### 7.2.3.1. Bomba de calor ar-água

A aplicação da Bomba de calor ar-água é da marca Samsung para aquecimento, arrefecimento e AQS.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 64; Quadro 65; Quadro 66; Quadro 67) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos Passive House e para todas as localidades.

Quadro 58: Fração A com requisitos mínimos com Bomba de calor ar-água.

<b>Fração A com requisitos mínimos com Bomba de Calor ar-água</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	13218	1801	41.52	63.35	B
Bragança	15522	1801	50.37	74.74	B
Faro	11466	1801	32.67	56.14	B

Quadro 59: Fração A com requisitos Passive House com Bomba de calor ar-água.

<b>Fração A com requisitos Passive House com Bomba de Calor ar-água</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	7738	1801	20.59	63.32	A	15311.68	47.57
Bragança	9720	1801	28.25	74.71	A	14913.36	43.85
Faro	7058	2972	16.51	56.13	A	16160.76	65.02

Quadro 60: Fração B com requisitos mínimos com Bomba de calor ar-água.

<b>Fração B com requisitos mínimos com Bomba de Calor ar-água</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	8891	1801	29.88	49.75	B
Bragança	10243	1801	36.2	57.85	B
Faro	8099	1801	24.21	47.43	B

Quadro 61: Fração B com requisitos Passive House com Bomba de calor ar-água.

<b>Fração B com requisitos Passive House com Bomba de Calor ar-água</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	5421	1801	12.73	49.75	A	9784.02	45.37
Bragança	6225	1801	17.37	57.85	A	8912.04	37.67
Faro	5277	1801	11.62	47.43	A+	10643.04	67.32

### 7.2.3.2. Caldeira a gás

A aplicação de Caldeira a gás é da marca Maxi para aquecimento e AQS, para arrefecimento foi considerado por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 68; Quadro 69; Quadro 70; Quadro 71) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos PH e para todas as localidades.

Quadro 62: Fração A com requisitos mínimos com Caldeira a gás.

<b>Fração A com requisitos mínimos com Caldeira a gás</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	2032	1801	71.38	80.88	B-
Bragança	2032	1801	86.52	96.17	B-
Faro	2032	1801	56.72	68.39	B-

Quadro 63: Fração A com requisitos Passive House com Caldeira a gás.

<b>Fração A com requisitos Passive House com Caldeira a gás</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	2032	1801	35.58	80.85	A	15311.68	21.2
Bragança	2032	1801	48.66	96.12	B	14913.36	19.54
Faro	2032	1801	28.92	68.38	A	16160.76	29.37

Quadro 64: Fração B com requisitos mínimos com Caldeira a gás.

<b>Fração B com requisitos mínimos com Caldeira a gás</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	2039	1801	51.63	62.57	B-
Bragança	2039	1801	62.45	73.4	B-
Faro	2039	1801	42.36	56.67	B

Quadro 65: Fração B com requisitos Passive House com Caldeira a gás.

<b>Fração B com requisitos Passive House com Caldeira a gás</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	2039	2039	22.32	62.57	A	9784.02	20.21
Bragança	2039	2039	30.24	73.4	A	8912.04	16.77
Faro	2039	2039	20.7	56.67	A	10643.04	30.47

### 7.2.3.3. Multi-Split ar-ar

A aplicação de Multi-split ar-ar é da marca Daitsu para aquecimento e arrefecimento, para AQS é utilizado esquentador a gás considerado por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando

inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 72; Quadro 73; Quadro 74; Quadro 75) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos PH e para todas as localidades.

Quadro 66: Fração A com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar.

<b>Fração A com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	12071	1801	48.46	61.07	B-
Bragança	14313	1801	58.04	71.16	B-
Faro	10170	1801	41.29	55.33	B

Quadro 67: Fração A com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar.

<b>Fração A com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	6759	1801	25.69	61.05	A	15311.68	43.74
Bragança	8690	1801	33.92	71.12	A	14913.36	40.21
Faro	5959	1801	22.94	55.32	A	16160.76	57.26

Quadro 68: Fração B com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar.

<b>Fração B com requisitos mínimos com Multi-split ar-ar</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	8267	1801	35.81	48.98	B
Bragança	9578	1801	42.68	56.15	B-
Faro	7346	1801	31.87	47.55	B

Quadro 69: Fração B com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar.

Fração B com requisitos Passive House com Multi-split ar-ar							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência		(Euro)	(Anos)
Viseu	4722	1801	17.24	48.98	A	9784.02	41.96
Bragança	5678	1801	22.24	56.15	A	8912.04	34.71
Faro	4657	1801	17.49	47.55	A	10643.04	58.91

#### 7.2.3.4. Salamandra a biomassa

A aplicação de Salamandra a Biomassa é da marca Watt para aquecimento e AQS, para arrefecimento é considerado Multi-split por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido um sistema técnico ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

Os quadros a seguir (Quadro 76; Quadro 77; Quadro 78; Quadro 79) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos PH e para todas as localidades.

Quadro 70: Fração A com requisitos mínimos com Salamandra.

Fração A com requisitos mínimos com Salamandra					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	15578	1801	7.62	80.88	A+
Bragança	18712	1801	8.02	96.17	A+
Faro	11113	1801	13.98	68.4	A+

Quadro 71: Fração A com requisitos Passive House com Salamandra.

<b>Fração A com requisitos Passive House com Salamandra</b>							
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência			
Viseu	8237	1801	6.37	80.85	A+	15311.68	39.64
Bragança	10981	1801	6.54	96.12	A+	14913.36	36.45
Faro	5868	1801	10.87	68.38	A+	16160.76	52.1

Quadro 72: Fração B com requisitos mínimos com Salamandra.

<b>Fração B com requisitos mínimos com Salamandra</b>					
Localidade	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	9393	1801	9.26	62.57	A+
Bragança	11208	1801	9.62	73.4	A+
Faro	6753	1801	15.2	56.67	A

Quadro 73: Fração B com requisitos Passive House com Salamandra.

<b>Fração B com requisitos Passive House com Salamandra</b>							
Localidade	Energia produzida a		Necessidades nominais		Classe Energética	Custo de Investimento	Período de retorno
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência			
Viseu	4441	1801	8.48	62.57	A+	9784.02	38.01
Bragança	5788	1801	8.64	73.4	A+	8912.04	31.45
Faro	3460	1801	12.51	56.67	A+	10643.04	53.63

#### 7.2.3.5. Recuperador de Calor

A aplicação de Recuperador de calor de fluxo cruzado da marca Sodeca para ventilação, os demais sistemas são considerados por defeito.

Os valores de necessidades nominais anuais de energia útil para águas quentes sanitárias não se alteram quando inserido o sistema ao edifício, estes então não serão apresentados neste tópico pois foram apresentados anteriormente.

A aplicação do Recuperador de Calor acarretou na variação de renovações de ar por hora, os valores serão apresentados no Quadro 84.

Os quadros a seguir (Quadro 80; Quadro 81; Quadro 82; Quadro 83) serão apresentados de forma com que demonstrem os resultados do sistema aplicado nas frações com e sem requisitos PH e para todas as localidades.

Quadro 74: Fração A com requisitos mínimos com Recuperador de calor.

Fração A com requisitos mínimos com Recuperador de Calor									
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	52.48	53.23	9.46	10.55	2972	2972	159.16	156.62	C
Bragança	66.57	67.17	9.95	10.83	2972	2972	192.54	191.72	B-
Faro	33.68	35.01	17.06	18.97	2972	2972	118.49	118.1	B-

Quadro 75: Fração A com requisitos Passive House com Recuperador de calor.

Fração A com Requisitos Passive House com Recuperador de Calor											
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)	Período de retorno (Anos)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência			
Viseu	21.27	52.09	7.88	10.55	2972	2972	79.79	153.78	B	15311.68	12.55
Bragança	32.74	65.75	8.08	10.83	2972	2972	108.66	188.16	B	14913.36	11.56
Faro	11.4	34.32	13.23	18.97	2972	2972	59.6	116.38	B	16160.76	17.85

Quadro 76: Fração B com requisitos mínimos com Recuperador de calor.

Fração B com requisitos mínimos com Recuperador de Calor									
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)		
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	
Viseu	37.85	39.55	11.52	10.55	2377	2377	125.13	122.13	C
Bragança	47.79	50.12	11.97	10.83	2377	2377	150.36	148.78	C
Faro	23.45	26.28	18.56	18.97	2377	2377	95	95.96	B-

Quadro 77: Fração B com requisitos Passive House com Recuperador de calor.

Fração B com Requisitos Passive House com Recuperador de Calor											
Localidade	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)	Período de retorno (Anos)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)				
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência			
Viseu	11.63	38.58	10.51	10.55	2377	2377	58.74	119.7	A	9784.02	11.73
Bragança	19.2	48.9	10.7	10.83	2377	2377	77.81	145.74	B	8912.04	9.77
Faro	5.99	25.69	15.24	18.97	2377	2377	48.59	94.49	B	10643.04	18.25

Quadro 78: Alterações nas rph causadas pela aplicação de Recuperador de Calor.

<b>Alterações nas renovações de ar por hora causadas pela aplicação do sistema de Recuperador de calor</b>	
	Renovações de ar por hora (rph)
Fração A com requisitos mínimos	0.46
Fração A com requisitos PH	0.43
Fração B com requisitos mínimos	0.52
Fração B com requisitos PH	0.49

#### **7.2.4. Fatura Energética**

A partir do projeto com requisitos mínimos e projeto com alterações para os requisitos Passive House para novos edifícios foram gerados valores de faturas energéticas para todos os casos de realocação das frações e para aplicação de sistemas de aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias. A avaliação da viabilidade de aplicação do conceito Passive House para os casos de reabilitação foi então realizada.

A fatura energética anual leva em conta as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias, o rendimento dos equipamentos utilizados nas frações, o custo da energia (a qual varia de acordo com o tipo de fonte de energia com a qual o sistema trabalha) e a área da fração estudada. Os valores de fatura energética anual consideram o ar interior com 18°C a 25°C durante o ano todo. Serão apresentados os valores das faturas energéticas nos quadros a seguir (Quadro 85; Quadro 86).

Quadro 79: Fatura energética anual Fração A.

Fração A			
Fração/Medida de melhoria	Fatura energética anual (Euro)		
	Localidade		
	Viseu	Bragança	Faro
Projeto inicial	2240.88	2756.1	1611.31
Passive House	1025.9	1475.82	709.25
Projeto inicial com Bomba de Calor ar-água	638.45	774.48	502.38
Passive House com Bomba de Calor ar-água	316.57	434.38	253.82
Projeto inicial com Caldeira a gás	1414.75	1721.03	1084.76
Passive House com Caldeira a gás	692.33	957.84	534.53
Projeto inicial com Multi-split ar-ar	768.33	915.77	658.15
Passive House com Multi-split ar-ar	418.25	544.85	375.9
Projeto inicial com Salamandra a Biomassa	794.5	957.25	669.1
Passive House com Salamandra a Biomassa	408.23	548.07	358.91
Projeto inicial com Recuperador de calor	2470.57	2983.84	1845.18
Passive House com Recuperador de calor	1250.2	1694	939.69

Quadro 80: Fatura energética anual Fração B.

Fração B			
Fração/Medida de melhoria	Fatura energética anual (Euro)		
	Localidade		
	Viseu	Bragança	Faro
Projeto inicial	1284.19	1584.39	928.9
Passive House	469.99	689.37	358.58
Projeto inicial com Bomba de Calor ar-água	375.52	454.8	304.08
Passive House com Bomba de Calor ar-água	159.87	218.19	145.98
Projeto inicial com Caldeira a gás	820.78	999.25	642.52
Passive House com Caldeira a gás	336.62	467.67	293.27
Projeto inicial com Multi-split ar-ar	458.18	544.58	408.74
Passive House com Multi-split ar-ar	224.98	287.8	228.07
Projeto inicial com Salamandra a Biomassa	484.04	579.38	426.68
Passive House com Salamandra a Biomassa	226.63	296	228.21
Projeto inicial com Recuperador de calor	1580.33	1897.81	1201.82
Passive House com Recuperador de calor	746.33	985.89	618.73

### 7.3. COMPARATIVO DE CUSTOS DE CERTIFICAÇÃO

A certificação energética referente a normativa atuante é emitida por um perito, o qual terá feito a avaliação e análise do projeto e condições da edificação, já a certificação Passive House é realizada por um perito avaliador do Instituto Passive House, além do desenvolvimento do projeto da habitação feito por designer qualificado pelo PHI.

A comparação de custos de certificados é realizada com base em pesquisa de mercado, e será detalhada no Quadro 87. Foi utilizado para o custo do Certificado de Eficiência Energética: valor do profissional capacitado + taxa de emissão de certificado + IVA. Para os custos do certificado Passive House com requisitos Enerphit levou-se em conta: valor do profissional capacitado + Blower Door Test. O orçamento foi apresentado com valor final pelos profissionais.

Quadro 81: Comparativo de custos de certificado.

Comparativo de custos de certificados		
Fração / Custo de certificação (€)	Eficiência energética - Normativa atuante	Passive House
Fração A (T4)	295	2399
Fração B (T3)	272	2399

### 7.4. COMPARATIVO DAS FRAÇÕES SEM ALTERAÇÃO DE PROJETO E REQUISITO ENERPHIT MANTENDO AS JANELAS

Segundo Gavião (2012), os vãos envidraçados de baixa emissividade com vidro duplo e gás argon no espaço de ar são suficientes para Portugal. A maior parte do investimento calculado para adaptação aos requisitos da envolvente do Enerphit são os vãos envidraçados, por este motivo foi realizada simulação apenas para a cidade de Viseu da aplicação dos requisitos Enerphit mas mantendo os vãos envidraçados. Os resultados energéticos e de viabilidade são apresentados nos Quadros a seguir (Quadro 88; Quadro 89; Quadro 90; Quadro 91; Quadro 92; Quadro 93).

Quadro 82: Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de Janela.

Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de janelas										
Sistema	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Sistemas por defeito	38.29	51.02	10.35	10.55	2972	2972	109.01	151.1	B	1699.47
Recuperador de calor	38.02	53.23	10.7	10.55	2972	2972	124.04	156.62	B-	1930.51

Quadro 83: Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de Janela.

Fração A com requisitos Enerphit sem alteração de janelas						
Sistema	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência		
Bomba de calor ar-água	11017	1801	32.64	63.34	B	1515.88
caldeira	2032	1801	56.29	80.88	B	1515.88
multi split	9894	1801	39.34	61.07	B	1515.88
salamandra	12161	1801	8.62	80.88	A+	1515.88

Quadro 84: Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de Janela.

Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de janelas										
Sistema	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Sistemas por defeito	22.94	34.99	12.5	10.55	2377	2377	69.82	110.73	B	885.46
Recuperador de Calor	24.53	39.55	12.96	10.55	2377	2377	93.04	122.13	B-	1177.12

Quadro 85: Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de Janela.

Fração B com requisitos Enerphit sem alteração de janelas						
Sistema	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência		
Bomba de calor ar-água	7303	1801	21.94	49.75	A	1671.9
caldeira	2039	1801	38.17	62.57	B	1671.9
multi split	6687	1801	27.75	48.98	B	1671.9
salamandra	6855	1801	10.42	62.57	A+	1671.9

Quadro 86: Comparativo da fatura energética anual da Fração A em Viseu com isolamento do requisito Enerphit.

<b>Comparativo Fração A em Viseu com isolamento do requisito Enerphit</b>			
Sistema	Projeto com Isolamento Enerphit (Euros)	Projeto sem alterações (Euros)	Período de retorno (anos)
Sistema por defeito	1699.47	1888.27	8.03
Bomba de calor ar-água	501.83	549.26	31.96
Caldeira a gás	1102.79	1212.42	13.83
Multi-split ar-ar	628.16	676.47	31.38
Salamandra	639	692.64	28.26
Recuperador de Calor	1930.51	1705.41	Não há

Quadro 87: Comparativo da fatura energética anual da Fração B em Viseu com isolamento do requisito Enerphit.

<b>Comparativo Fração B em Viseu com isolamento do requisito Enerphit</b>			
Sistema	Projeto com Isolamento Enerphit (Euros)	Projeto sem alterações (Euros)	Período de retorno (anos)
Sistema por defeito	885.46	1044.16	10.54
Bomba de calor ar-água	275.63	322.22	35.89
Caldeira a gás	592.22	693.25	16.55
Multi-split ar-ar	357.03	413.22	29.75
Salamandra	371.7	433.18	27.19
Recuperador de Calor	1177.12	970.38	Não há

## 7.5. COMPARATIVO DAS FRAÇÕES COM U MÁXIMO E DO CONCEITO PH PARA EDIFÍCIOS NOVOS SEM ALTERAÇÃO DE JANELAS

Seguindo a mesma lógica do comparativo apresentado anterior a este, será apresentado os valores comparativos entre as frações com U máximo e com conceito PH para edifícios novos sem alteração de janelas. Os resultados energéticos e de viabilidade são apresentados nos Quadros a seguir (Quadro 94; Quadro 95; Quadro 96; Quadro 97; Quadro 98; Quadro 99).

Quadro 88: Fração A com requisitos PH sem alteração de Janela.

<b>Fração A com requisitos Passive House para edifícios novos sem alteração de janelas</b>										
Sistema	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Sistemas por defeito	29.96	59.13	9.72	9.71	2972	2972	87.66	170.67	B	1371.22
Recuperador de calor	29.67	61.57	10.12	9.71	2972	2972	102.68	176.78	B	1602.26

Quadro 89: Fração A com requisitos PH sem alteração de Janela.

<b>Fração A com requisitos Passive House para edifícios novos sem alteração de janelas</b>						
Sistema	Energia produzida a partir de fontes renováveis		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência		
Bomba de calor ar-água	9509	1801	26.93	69.37	A	8413.88
caldeira	2032	1801	46.52	89.29	B	8413.88
multi split	8436	1801	33.07	66.33	A	8413.88
salamandra	10194	1901	8.1	89.29	A+	8413.88

Quadro 90: Fração B com requisitos PH sem alteração de Janela.

<b>Fração B com requisitos Passive House para edifícios novos sem alteração de janelas</b>										
Sistema	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento		Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento		Energia útil para preparação de água quente sanitária		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Fatura energética anual (€)
	Nic (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Nvc (KWh/m <sup>2</sup> .ano)		Qa (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência	Valor	Referência		
Sistemas por defeito	12.68	34.99	12.89	10.55	2377	2377	44.49	110.73	A	567.3
Recuperador de Calor	14.02	39.55	13.39	10.55	2377	2377	67.11	122.13	B	851.47

Quadro 91: Fração B com requisitos PH sem alteração de Janela.

<b>Fração B com requisitos Passive House para edifícios novos sem alteração de janelas</b>						
Sistema	Energia produzida a partir de fontes renováveis		Necessidades nominais anuais globais de energia primária		Classe Energética	Custo de Investimento (Euro)
	Eren (KWh/ano)		Ntc (KWhep/m <sup>2</sup> .ano)			
	Valor	Referência	Valor	Referência		
Bomba de calor ar-água	5959	1801	15.44	49.75	A	5247.02
caldeira	2039	1801	27.09	62.57	A	5247.02
multi split	5367	1801	20.93	48.98	A	5247.02
salamandra	2877	1801	10.74	62.57	A+	5247.02

Quadro 92: Comparativo da fatura energética anual da Fração A em Viseu com isolamento do requisito PH.

<b>Comparativo Fração A em Viseu com isolamento do requisito Passive House</b>			
Sistema	Projeto com Isolamento Passive House (Euros)	Projeto com U máximo (Euros)	Período de retorno (anos)
Sistema por defeito	1371.22	2240.88	9.68
Bomba de calor ar-água	414.07	638.45	37.5
Caldeira a gás	906.4	1414.75	16.55
Multi-split ar-ar	531.7	768.33	35.56
Salamandra	532.67	794.5	32.14
Recuperador de Calor	1602.26	2470.57	9.69

Quadro 93: Comparativo da fatura energética anual da Fração B em Viseu com isolamento do requisito PH.

<b>Comparativo Fração B em Viseu com isolamento do requisito Passive House</b>			
Sistema	Projeto com Isolamento Passive House (Euros)	Projeto com U máximo (Euros)	Período de retorno (anos)
Sistema por defeito	567.3	1284.19	7.32
Bomba de calor ar-água	193.91	375.52	28.9
Caldeira a gás	406.71	820.78	12.67
Multi-split ar-ar	271.28	458.18	28.07
Salamandra	276.77	484.04	25.32
Recuperador de Calor	851.47	1580.33	7.2

## 8. CONCLUSÕES

A reabilitação de edifícios tem grande potencial no parque habitacional português e visa a melhoria de qualidade em relação ao estado atual de sua construção. Para promover discussões ainda maiores sobre esta temática esta dissertação focalizou-se no estudo de reabilitação de um edifício em Portugal. A discussão sobre aplicação do conceito Passive House e requisitos EnerPhit para um edifício existente, sujeito a uma grande reabilitação, e comparações com a metodologia regulamentar visando reflexão sobre potencialidades e limitações no contexto atual da certificação energética de edifícios com vista ao balanço energético nulo foi realizada, e a partir dos resultados obtidos e analisados pode-se então destacar alguns pontos relevantes.

O estudo da dissertação teve a comparação de um projeto de edificação existente com um projeto com requisitos de envolvente Enerphit, além da comparação de projeto com valores de U máximos segundo a metodologia regulamentar (os mesmos padrões que para novos edifícios) com um projeto com requisitos de envolvente do conceito Passive House para novos edifícios.

Os requisitos de envolvente para edifícios novos e/ou sujeitos a grande intervenção em Portugal são apresentados na Portaria 379-A/2015, e para adequação aos valores de U máximos (diferentes para cada zona climática) são suficientes algumas soluções, detalhadas a seguir:

- Paredes exteriores com isolamento térmico de XPS com 4 cm a 9 cm de espessura;
- Cobertura exterior com espessura de isolamento térmico de XPS entre 8 cm a 11 cm;
- Paredes interiores com isolamento de XPS entre 0 cm e 1 cm;
- Cobertura interior com 1 cm a 11 cm de espessura do isolamento de XPS;
- Janelas com vidro duplo.

Os resultados suficientes para adequação aos requisitos Passive House relativos à de envolvente são apresentados a seguir:

- Paredes exteriores para os requisitos Enerphit com 4 cm de XPS de isolamento térmico, para os padrões Passive House em novos edifícios é necessário isolamento térmico de 21 cm a 23 cm de XPS;
- O isolamento térmico da cobertura superior exterior do edifício para padrões Enerphit é de 10 cm de XPS, para o conceito Passive House em novos edifícios é utilizado 23 cm de XPS;
- A cobertura interior dos dois conceitos necessitou 10 cm de XPS para atingir o valor especificado de U;
- Para os vãos envidraçados é necessário utilizar vidros triplos com gás árgon no espaço de ar e caixilharia de PVC tanto para os requisitos Enerphit quanto para PH em novos edifícios. Sobre a necessidade de vidro triplo em Portugal, alguns estudos apresentam vidro duplo como suficiente para o conforto térmico no interior do edifício.
- As paredes interiores não são especificadas para os requisitos Enerphit, mas para o conceito Passive House em novos edifícios é necessário isolamento térmico entre 7 cm e 10 cm de XPS.

As renovações de ar por hora em edifícios, segundo a metodologia regulamentar atuante em Portugal, tem os valores de cálculo como padrão, que não garante valor real. Para os padrões exigidos pelo conceito Passive House é necessário ensaio (Blower door test) após a conclusão do edifício para garantia da conformidade do projeto.

Em algumas simulações realizadas com os requisitos de envolvente Passive House para novos edifícios e Enerphit, foram mantidas as janelas com vidro duplo por motivo comparativo. Embora as alterações para janelas Passive House serem responsáveis pela maior parte do custo das reabilitações, não são elas, mas sim os isolamentos térmicos aplicados na envolvente que resultam nas maiores variações de resultado para necessidades nominais anuais globais de energia primária.

A orientação solar da edificação é um dos princípios básicos a serem estudados, prova disto são as diferenças de resultados entre as Frações A e B com orientações solares opostas.

A certificação energética referente a metodologia regulamentar em Portugal foi comparada quando aplicado o conceito Passive House na edificação. A aplicação dos requisitos do conceito teve bons resultados. Há casos em que não existe mudança de Classe Energética, porém há grande diminuição no valor de necessidades nominais anuais globais de energia primária, resultado este positivo na busca do balanço energético nulo.

O período de retorno da adequação de projeto aos requisitos Enerphit e PH com aplicação dos sistemas técnicos são variados. Quanto maior a eficiência dos sistemas menor é o impacto do acréscimo das espessuras do isolamento térmico.

Para os edifícios alcançarem o padrão Balanço Energético Nulo estes devem estar primeiramente muito bem isolados para então ser viável a aplicação de sistemas técnicos de elevada eficiência. Deste modo não haverá tanta dependência em relação a flutuação nos preços de energia. Os limites estipulados neste estudo para considerar um edifício como NZEB (com base em alguns trabalhos já efetuados) são: necessidades de energia para aquecimento menor ou igual a 50 (KWh/m<sup>2</sup>.ano) e necessidades de energia para arrefecimento menor ou igual a 10 (KWh/m<sup>2</sup>.ano).

Os limites estipulados de necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento para edifícios NZEB se aproximam dos resultados da aplicação dos requisitos Enerphit e Passive House para novos edifícios.

As potencialidades do conceito Passive House para aplicação em Portugal foram resultado do projeto, levando sempre em conta os princípios da edificação ter elevado desempenho e ser eficiente sob os pontos de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável. Estes princípios são comprovados pela grande qualidade térmica à qual um edifício, seguindo os requisitos do Enerphit e Passive House para novos edifícios está adaptado. A qualidade da edificação é visível quando as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento têm valor abaixo dos edifícios correntes seguindo a metodologia regulamentar, e foi o que ocorreu no projeto estudado.

O elevado desempenho energético e conforto térmico são os grandes diferenciais e vantagens da aplicação do conceito. A viabilidade de aplicação do conceito é considerada positiva em um âmbito nacional geral, mas deve-se levar em conta que pela grande diferença de verão e inverno entre os municípios portugueses podem haver situações não viáveis, necessitando assim um estudo prévio de viabilidade de aplicação do conceito.

As limitações do conceito Passive House, principalmente na reabilitação em Portugal existem. O mercado português ainda não oferece suficientes opções de materiais de construção e sistemas que se adaptam ao conceito. Na maioria dos casos não é possível fazer um estudo de viabilidade de aplicação de algum sistema por falta de informações, que não são apresentadas em materiais e catálogos.

## 8.1. TRABALHOS FUTUROS

A realização do presente trabalho não abrangeu alguns casos, estes que são apresentados como sugestões de trabalhos futuros, e a seguir:

- Introdução de componentes de energias renováveis para o balanço energético nulo do edifício;
- Aplicação da metodologia PHPP nos casos de estudo;
- Estudo da influência das pontes térmicas lineares nos casos de estudo.

## 9. REFERÊNCIAS

- ADENE, 2011. Agência para a Energia. **Perguntas & Respostas sobre o RCCTE**. Maio de 2011.
- Aires, Marco André Martins. **Viabilidade da Aplicação do Conceito NZEB à Reabilitação de Conjuntos Habitacionais em Países do Sul da Europa**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.
- Almeida, M. (2011). **Apontamentos da Unidade Curricular Patologia e Reabilitação Não Estrutural**. Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães.
- Almeida, E. (2013) - **Casas Passivas: Conceito Passivhaus em Climas Mediterrâneos** – Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Ariston (2019) – **Como escolher uma Bomba de Calor**. Disponível online em: <https://www.ariston.com/pt/>.
- CERDEIRA, César Eduardo Carvalho. **Avaliação de Sistemas de Climatização em Edifícios Residenciais**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho, Braga, 2011.
- Chiras, Daniel D. **The solar house: passive heating and cooling**. Chelsea Green Publishing, 2002.
- COSTA, Sara Luísa Pereira Gonçalves da. **Eficiência Energética de Edifícios: Conceito Passivhaus**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.
- Costa, R. J., L. Bragança, R. Mateus and J. C. Bezerra (2014). "**Reabilitação sustentável de edifícios antigos: contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade**." Revista Engenharia Civil 49: 65-90.

- Decreto-Lei n.º156/92 de 26 de Julho. **Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.**
- Decreto-Lei n.º 118/98, de 07 de Maio. **Regulamenta os sistemas energéticos de climatização em edifícios.**
- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 04 de Abril. **Sistema nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.**
- Decreto-Lei n.º 68/2008 de 14 de abril - **Estabelece a definição das unidades territoriais para efeitos de organização territorial das associações de municípios e áreas metropolitanas, para a participação em estruturas administrativas do Estado e nas estruturas de governação do Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013 (QREN).**
- Decreto - Lei n.º 85/2009 de 3 de Abril. **Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 68/2008, de 14 de Abril, através da redefinição das unidades territoriais de nível 3 (NUTS III) do Alto Alentejo e Alentejo Central para efeitos de organização territorial das associações de municípios e para a participação em estruturas administrativas do Estado e nas estruturas de governação do Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013.**
- Decreto-Lei n.º 118/2013. De 20 de Agosto - **Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.**
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 **Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.**
- Dias. F.R. **Integração de Energias Renováveis num modelo de Edifício de Balanço Energético Quase Zero ( NZEB ), 2015.**

- Dimplex (2019) - **Bombas de calor**. Disponível online em: <https://www.dimplex.com/en/>.
- Directiva 2010/31/EU, Jornal Oficial da União Europeia, 19 de Maio de 2010.
- Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, **relativa ao desempenho energético dos edifícios**.
- Directiva 2006/32/CE do parlamento europeu e do conselho de 5 de Abril de 2006. **Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos**, que revoga a Directiva 93/76/CEE do Conselho.
- Elswijk, M. & Kaan, H. (2008). **European Embedding of Passive Houses**. Promoting of European Passive Houses.
- **ENERPHIT AND ENERPHIT+I: Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components**. Darmstadt: Passive House Institute, 13 set. 2013.
- EPBD-2002. Directiva 2002/ 91/CE do Parlamento Europeu e do Concelho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao **desempenho Energético dos Edifícios**. Jornal Oficial da União Europeia. 16/12/2002.
- **Estatísticas da Construção e Habitação**. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I. P., 2017. Anual.
- Feist, W., Peper, S. & Gorg, M. (2001). CEPHEUS: **Final Technical Report. enercity / Stadtwerke Hannover AG** - Passivhaus Institut, Hannover.
- Fernandes, Sílvia Maria Afonso. **Contributos para a Caracterização Energética de Edifícios Habitacionais do Concelho de Bragança**. 2015. 159 f. Trabalho profissional no âmbito das provas públicas para atribuição do título de especialista em Engenharia Civil, 2015.
- Figueira, José Carlos Sousa. **Simulação do Comportamento Térmico e Energético de Passive Houses em Portugal**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

- Galante, A. and G. Pasetti (2012). "**A methodology for evaluating the potential energy savings of retrofitting residential building stocks.**" *Sustainable Cities and Society* 4: 12-21.
- Gavião, J. e Marcelino, J. (2015) **Primeira Passive House no setor do Turismo em Portugal** – Eficiência Energética – revista eletrónica.
- Gavião, João Rui Santos Pires. **Princípios para a Aplicação do Conceito Passive House em Portugal.** 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção, Universidade do Minho, Braga, 2012.
- Gomes, J., Rodrigues, A. 2010 - **Análise do ciclo de vida das caixilharias: um estudo comparativo, Caixiave** – Indústria de Caixilharia, S.A., Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Grangeia, Rui Manuel da Cruz. **Passivhaus em Portugal: Viabilidade Económica.** 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2013.
- Hacienda, C.d.E.Y., O.G.d. Industria, and E.y. Minas, *Guía del estándar PassivHaus - Edifícios de consumo energético casi nulo.* 2011.
- Horta, Ricardo Manuel Correia. **Construção Sustentável de Edifícios de Balanço Energético Quase Zero.** 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- Itecons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (2019). Disponível online em: <https://www.itecons.uc.pt/>.
- Kylili, Angeliki; Ilic, Milos; Fokaides, Paris A.. **Whole-building Life Cycle Assessment (LCA) of a passive house of the sub-tropical climatic zone. Resources, Conservation And Recycling,** v. 116, p.169-177, jan. 2017.
- Konstantinou, T. and U. Knaack (2011). "**Refurbishment of residential buildings: a design approach to energy-efficiency upgrades.**" *Procedia Engineering* 21: 666-675.

- Larbi, A.B., **Statistical modelling of heat transfer for thermal bridges of buildings**. Energy and Buildings, 2005. 37(9): p. 945-951.
- Lei n.º 21/2010 de 23 de Agosto. **Integra o concelho de Mação na unidade territorial do Médio Tejo**.
- Machado, Ricardo Alves. **Reabilitação de Edifícios Visando a Eficiência Energética**. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2014.
- Marcos, A. (2013) - **Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica** – Dissertação de mestrado – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa, Portugal.
- Mendes, Catarina Magalhães. **Avaliação da Viabilidade da Reabilitação Energética de Conjuntos Habitacionais com Vista à sua Autonomia Energética**. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2016.
- Mlakar, J. and J. Štrancar, **Overheating in residential passive house: Solution strategies revealed and confirmed through data analysis and simulations**. Energy and Buildings, 2011. 43(6): p. 1443-1451.
- **O Parque Habitacional e a sua Reabilitação - Análise e Evolução 2001-2011**. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I. P., 2013. Monografia.
- Oliveira, R. (2013) - **Construir segundo requisitos Passivhaus: Modelação de Pontes Térmicas** – Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Passipedia (2010). **The Passive House Resource**. Disponível online em <http://www.passipedia.org/>.
- Passipedia (2013). **The Passive House Resource**. Disponível online em <http://www.passipedia.org/>.

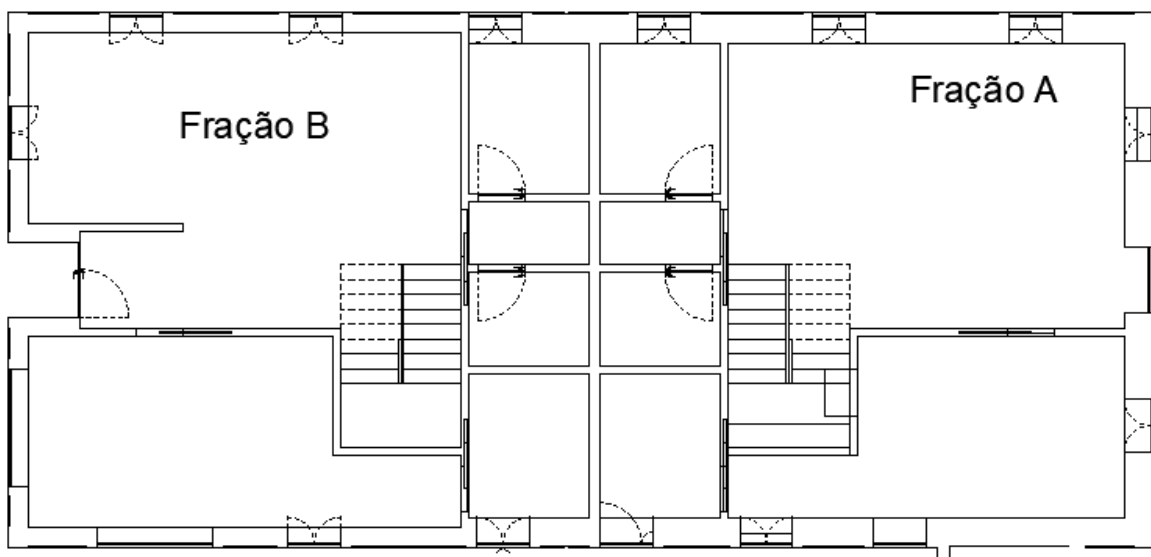
- Passive-On (2007). **A norma Passivhaus em climas quentes da Europa: directrizes de projecto para casas confortáveis de baixo consumo energético.** Passive-On Project, Milão.
- PHI – Passive House Institute (2018). Disponível online em: <https://passivehouse.com/>.
- PHPT – Passive House Portugal (2018). Disponível online em: <http://passivhaus.pt/>.
- PNAEE (2008). **Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015.** Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008 de 20 de Maio.
- Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29 - **Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCaE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.**
- Portaria n.º 379-A/2015. 22 de outubro/2015. **Alteração à Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção**
- RCCTE (1990). **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.** Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro.
- RSECE (1998). **Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios.** Decreto-Lei n.º 119/98, de 7 de Maio.
- RSECE (2006). **Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios.** Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril.

- RCCTE (2006). **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios**. Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril.
- Resolução da Assembleia da República n.º 29/2010 - **Programa de Estabilidade e Crescimento para 2010-2013**.
- Rodrigues, João Tiago Corredeira Calejo. **Modelo Dinâmico de um Esquentador**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.
- Santos, João Baptista dos. **Análise e Controlo de Sistemas de Aquecimento Residenciais**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2013.
- Santos, Pedro André Cardoso dos. **NZEB: Nearly Zero Energy Building. Metodologias para Implementação NZEB. Aplicação a Edifício Unifamiliar Novo**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra. 2017.
- Schnieders, J. (2009). **Passive House in South West Europe**. Passivhaus Institut, Darmstadt.
- Sebastião, André Daniel Fernandes. **O Conceito Passive House**. 2016. 79 f. Relatório (Licenciatura) – Licenciatura em Energia e Ambiente, Instituto Politécnico de Guarda, Guarda, 2016.
- Site EU – União Europeia (2018). Disponível online em: [https://europa.eu/european-union/index\\_pt](https://europa.eu/european-union/index_pt).
- Sodeca (2019) – **Recuperadores de calor, unidades de filtração e filtros de ar**. Disponível online em: <https://www.sodeca.com/pt>.
- Silva, F. (2008) - **Impacto Energético de Ventilação Mecânica e Recuperação de Calor em Edifícios Residenciais de Portugal** – Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sunproject (2019) – **Bombas de Calor**. Disponível online em: <http://www.sunproject.pt/bomba-de-calor/>.

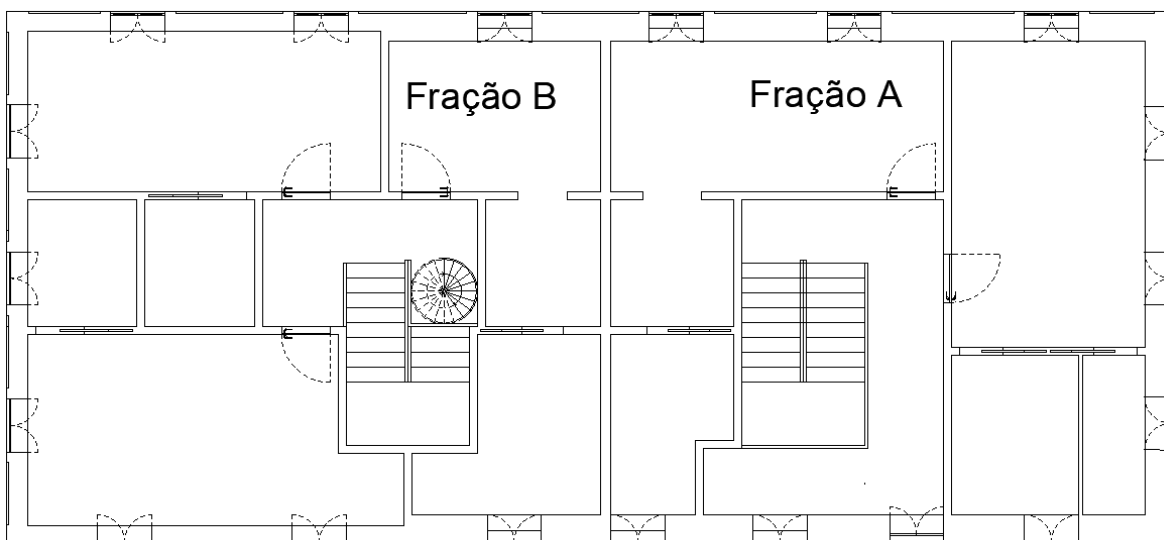
- Theumer, S. (2012). **Introduction to PHPP**. Passive House Basics Course, Hannover.
- Wang, Yang; Kuckelkorn, Jens; Zhao, Fu-Yun; Spliethoff, Hartmut; Lang, Werner. A state of art of review on interactions between energy performance and indoor environment quality in Passive House buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p.1303-1319, may. 2017.

# ANEXOS

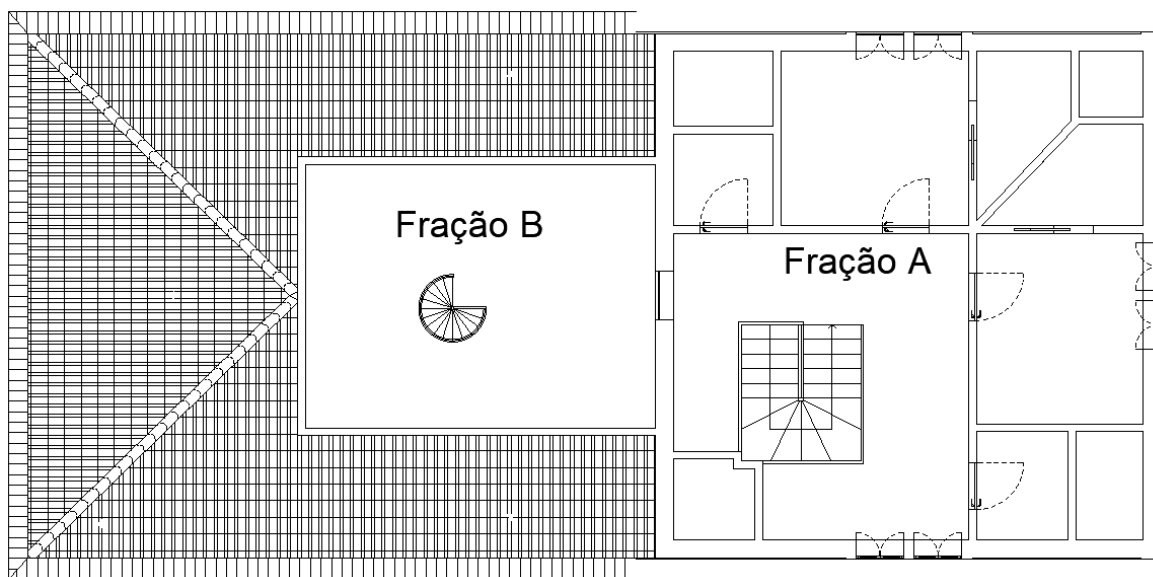
Anexo 1: Projeto arquitetônico referente ao primeiro pavimento da edificação.



Anexo 2: Projeto arquitetônico referente ao segundo pavimento da edificação.



Anexo 3: Projeto arquitetônico referente ao terceiro pavimento da edificação.



Anexo 4: As figuras a seguir representam o traçado da envolvente das frações A e B e foram retiradas do programa Autocad.

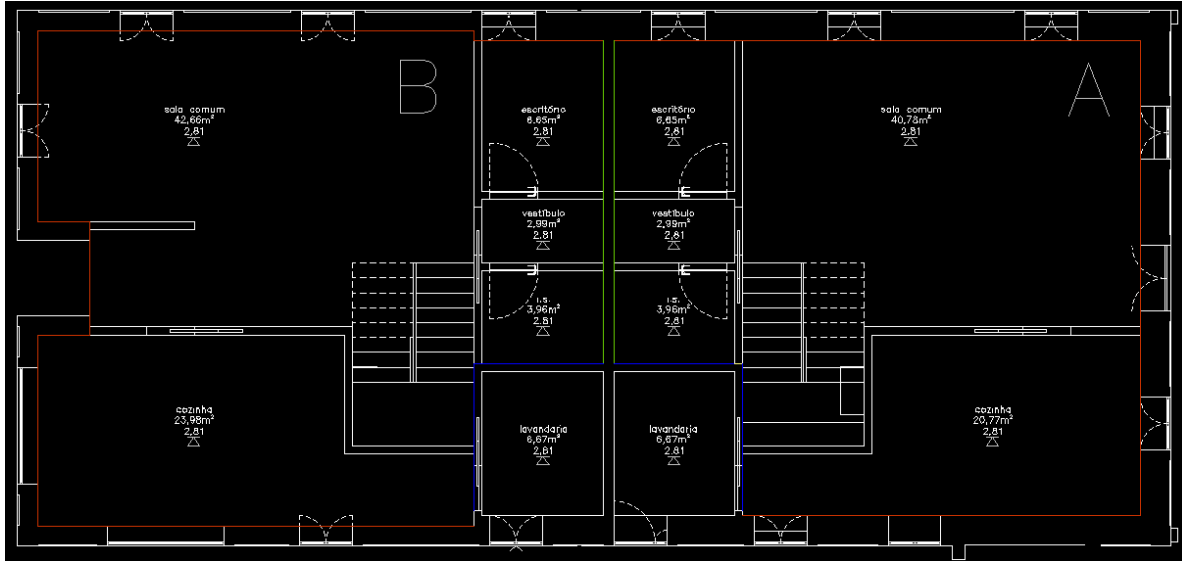


Figura: Traçado da Envolvente lateral do Piso térreo da edificação estudada.

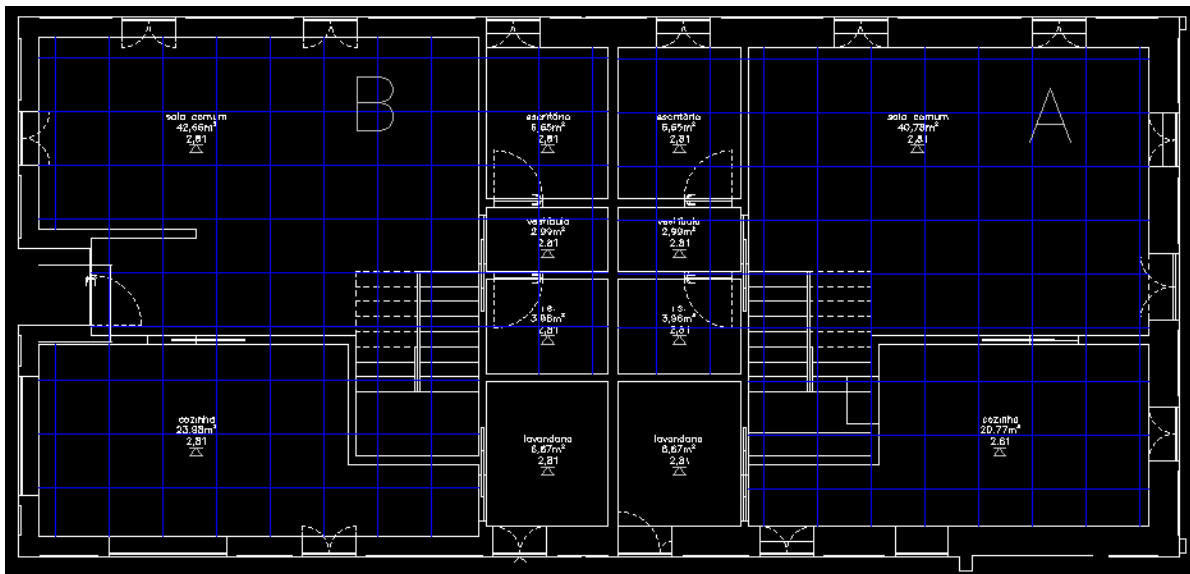


Figura: Traçado da Envolvente Pavimento em Contato com o solo.



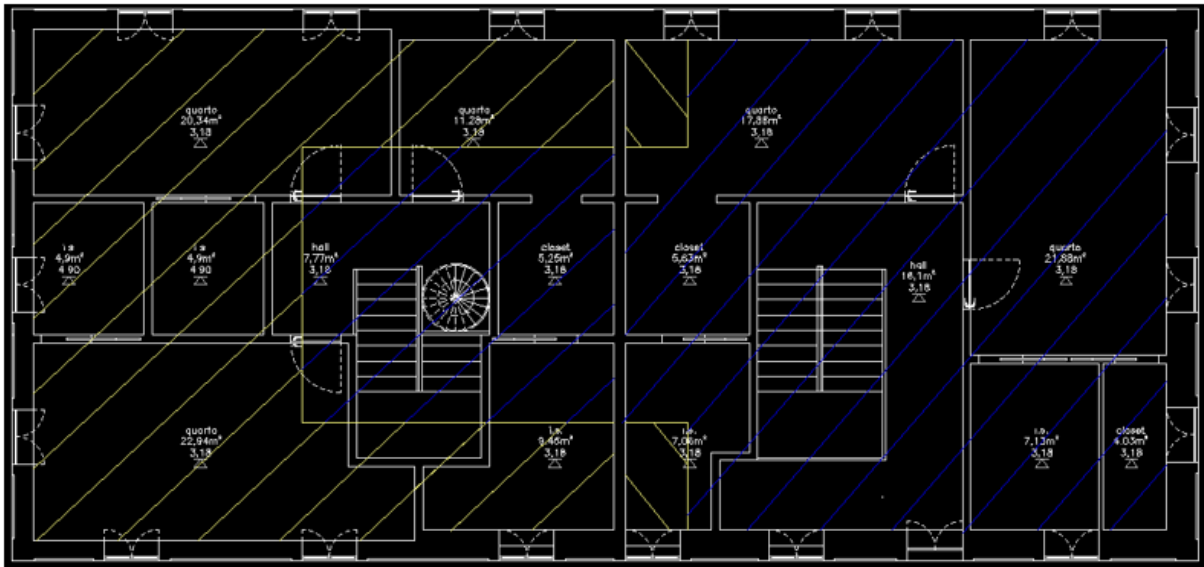


Figura: Traçado da Envolvente laje do teto piso 1.

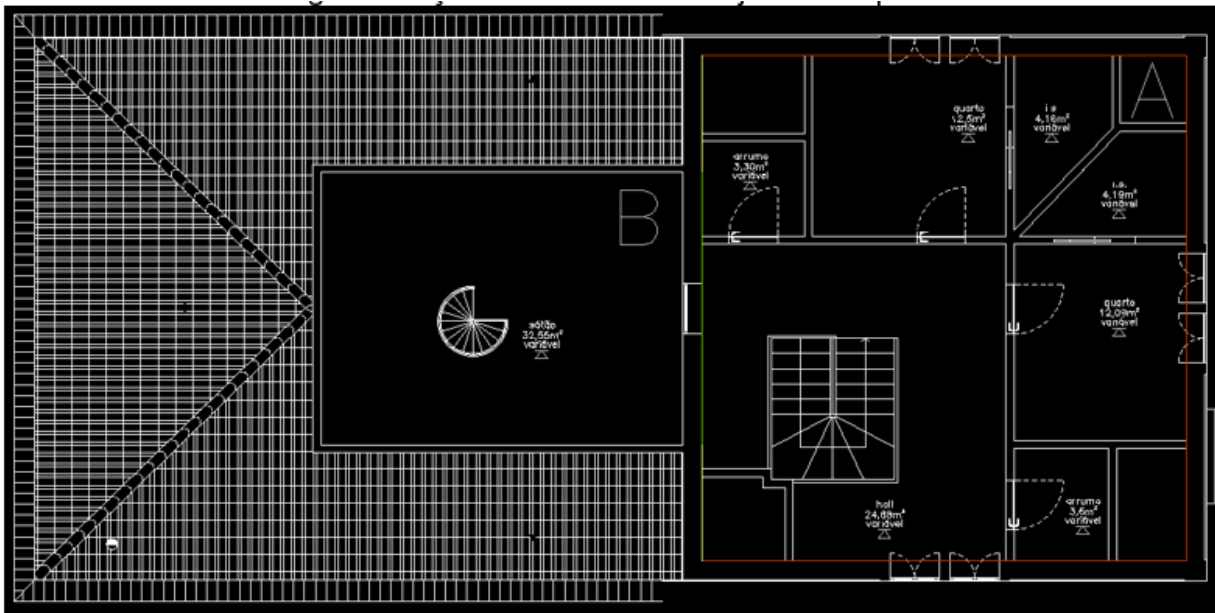


Figura: Traçado da Envolvente lateal do teto piso 2.







Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	
Em planta identificar pavimento (com a respectiva cor)	
Em planta identificar cobertura (com a respectiva cor)	

Figura: Legenda para cores e traçado da envolvente.



A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
POI1	12.55	0.61	0.70	5.36	POI1	12.55	0.70	0.70	6.15
TOTAL				5.36	TOTAL				6.15
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
POI1	51.15	0.61	0.60	18.72	POI1	51.15	0.70	0.60	21.48
TOTAL				18.72	TOTAL				21.48
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
PVI1	89.49	0.43	0.30	11.54	PVI1	89.49	0.60	0.30	16.11
TOTAL				11.54	TOTAL				16.11
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
COB1	7.41	0.66	0.70	3.42	COB1	7.41	0.60	0.70	3.11
TOTAL				3.42	TOTAL				3.11
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	b <sub>v</sub>	U.A.b <sub>v</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM	Comp. B m	ψ W/m·°C	b <sub>v</sub>	ψ.B.b <sub>v</sub> W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>v</sub> >	Comp. B m	ψ W/m·°C	b <sub>v</sub>	ψ.B.b <sub>v</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H<sub>int</sub> = 39.05 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H<sub>int</sub> = 46.85 W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					
PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;1'0)</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;1'0)</i>	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00
PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo do nível do pavimento exterior (profundidade &gt; 4U com ou sem protecção térmica independente)</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C	PAVIMENTOS TÊRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo do nível do pavimento exterior (profundidade &gt; 4U com ou sem protecção térmica independente)</i>	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	A.U. <sub>so</sub> W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>so</sub> = 0.00 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>so</sub> = 0.00 W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO				A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
Coefficiente de transferência de calor através da envoltório exterior H <sub>ext</sub>	339.50	W/°C	+	Coefficiente de transferência de calor através da envoltório exterior H <sub>ext</sub>	312.86	W/°C	+
Coefficiente de transferência de calor através da envoltório interior H <sub>int</sub> + H <sub>so</sub>	39.05	W/°C	+	Coefficiente de transferência de calor através da envoltório interior H <sub>int</sub> + H <sub>so</sub>	46.85	W/°C	+
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub>	0.00	W/°C	=	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub>	0.00	W/°C	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	378.55	W/°C		Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	359.72	W/°C	
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO				A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
Coefficiente de transferência de calor através da envoltório exterior H <sub>ext</sub>	339.50	W/°C	+	Coefficiente de transferência de calor através da envoltório exterior H <sub>ext</sub>	312.86	W/°C	+
Coefficiente de transferência de calor através da envoltório interior H <sub>int</sub>	20.33	W/°C	+	Coefficiente de transferência de calor através da envoltório interior H <sub>int</sub>	25.37	W/°C	+
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub>	0.00	W/°C	=	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub>	0.00	W/°C	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	359.83	W/°C		Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	338.23	W/°C	

### Folha de Cálculo B

#### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
1	-		
Rendimento do sistema de recuperação de calor η <sub>rec</sub>	0.00		
Caudal médio diário insuflado V <sub>int</sub>	0 m <sup>3</sup> /h		
R <sub>ext</sub> = A <sub>ext</sub> · P <sub>e</sub>	256.11 m <sup>2</sup> /h		
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor b <sub>ve,r</sub>	1.00		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R <sub>int</sub>	0.40 h <sup>-1</sup>	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R <sub>int,REF</sub>	0.34 h <sup>-1</sup>
Área útil de pavimento A <sub>v</sub>	226.13 m <sup>2</sup>	Área útil de pavimento A <sub>v</sub>	226.13 m <sup>2</sup>
Pé direito médio da fracção P <sub>e</sub>	2.83 m	Pé direito médio da fracção P <sub>e</sub>	2.83 m
Coefficiente de transferência de calor por ventilação H <sub>ve,i</sub>	87.08 W/°C	Coefficiente de transferência de calor por ventilação H <sub>ve,i,REF</sub>	87.08 W/°C

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{rc,v} &= \frac{0}{0} \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{rc,i} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & + \\
 R_{oa,v}, A_{p,v}, P_{v,i} &= 383.81 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{rc,v} &= 1.00 \\
 & \times \\
 & 0.34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{na,v} &= 0.60 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_{p,v} &= 226.13 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fracção } P_{v,i} &= 2.83 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{rc,v} &= 130.50 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0.72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{int} &= \frac{0.72}{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 7.30 \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 226.13 \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} &= 4754.16 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,j}\cdot F_{o,j}\cdot F_{f,j}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{s,j}=A_w\cdot F_{s,j}\cdot F_g\cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X\cdot A_{s,j}$ m <sup>2</sup>
1 (VE3)	Nordeste	0.34	0.46	0.86	0.65	0.09	0.33	0.03
2 (VE1)	Nordeste	0.34	0.46	0.86	0.65	0.09	0.33	0.03
3 (VE8)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
4 (VE9)	Noroeste	0.34	0.36	0.86	0.65	0.07	0.33	0.02
5 (VE8)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
6 (VE9)	Noroeste	0.34	0.36	0.86	0.65	0.07	0.33	0.02

7 (VE1)	Nordeste	0.34	1.32	0.86	0.65	0.25	0.33	0.08
8 (VE2)	Nordeste	0.34	0.46	0.86	0.65	0.09	0.33	0.03
9 (VE4)	Nordeste	0.34	2.30	0.86	0.65	0.44	0.33	0.15
10 (VE5)	Nordeste	0.34	0.63	0.85	0.65	0.12	0.33	0.04
11 (VE11)	Sudeste	0.34	1.10	0.79	0.65	0.19	0.84	0.16
12 (VE9)	Sudeste	0.34	0.36	0.78	0.65	0.06	0.84	0.05
13 (VE4)	Sudeste	0.34	2.00	0.72	0.65	0.32	0.84	0.27
14 (VE9)	Sudeste	0.34	0.36	0.73	0.65	0.06	0.84	0.05
15 (VE6)	Sudeste	0.34	1.88	0.50	0.65	0.21	0.84	0.18
16 (VE9)	Sudeste	0.34	0.36	0.75	0.65	0.06	0.84	0.05
17 (VE10)	Sudeste	0.34	0.43	0.76	0.65	0.07	0.84	0.06
18 (VE8)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
19 (VE9)	Noroeste	0.34	0.36	0.86	0.65	0.07	0.33	0.02
20 (VE1)	Noroeste	0.34	1.36	0.86	0.65	0.26	0.33	0.09
21 (VE5)	Noroeste	0.34	0.63	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
22 (VE1)	Noroeste	0.34	1.36	0.86	0.65	0.26	0.33	0.09
23 (VE5)	Noroeste	0.34	0.63	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
24 (VE4)	Nordeste	0.34	2.30	0.86	0.65	0.44	0.33	0.15
25 (VE5)	Nordeste	0.34	0.63	0.85	0.65	0.12	0.33	0.04
26 (VE4)	Nordeste	0.34	2.30	0.86	0.65	0.44	0.33	0.15
27 (VE5)	Nordeste	0.34	0.63	0.85	0.65	0.12	0.33	0.04
28 (VE1)	Noroeste	0.34	1.36	0.86	0.65	0.26	0.33	0.09
29 (VE5)	Oeste	0.34	0.63	0.62	0.65	0.09	0.56	0.05
30 (VE1)	Sudeste	0.34	1.36	0.57	0.65	0.17	0.84	0.14
31 (VE5)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
32 (VE1)	Sudeste	0.34	1.36	0.71	0.65	0.21	0.84	0.18
33 (VE5)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
34 (VE1)	Sudeste	0.34	1.36	0.71	0.65	0.21	0.84	0.18
35 (VE5)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
36 (VE6)	Noroeste	0.34	2.03	0.86	0.65	0.39	0.33	0.13
37 (VE7)	Noroeste	0.34	0.65	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
38 (VE6)	Noroeste	0.34	2.03	0.86	0.65	0.39	0.33	0.13

39 (VE7)	Noroeste	0.34	0.65	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
40 (VE6)	Sudeste	0.34	2.03	0.79	0.65	0.36	0.84	0.30
41 (VE7)	Sudeste	0.34	0.65	0.79	0.65	0.11	0.84	0.10
42 (VE6)	Sudeste	0.34	2.03	0.79	0.65	0.36	0.84	0.30
43 (VE7)	Sudeste	0.34	0.65	0.79	0.65	0.11	0.84	0.10
44 (VE6)	Nordeste	0.34	2.05	0.86	0.65	0.39	0.33	0.13
45 (VE7)	Nordeste	0.34	0.65	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
46 (VE6)	Nordeste	0.34	2.05	0.86	0.65	0.39	0.33	0.13
47 (VE7)	Nordeste	0.34	0.65	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_{h,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{f,j}$  deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_{o,j} \cdot F_{f,j}$  deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i \cdot g_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,j} = F_{h,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{f,j}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,j} = A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,j}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vi}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,j}$ .

$$\begin{aligned}
 &\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} \quad \boxed{4.37} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sul} \quad \boxed{135} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad \boxed{7.30} \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \quad \boxed{4307.73} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned} \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} &= 4754.16 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} &= 4307.73 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} &= 9061.89 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} &= 135 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\ &\times \\ &0.146 \\ &\times \\ &0.15 \\ &\times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= 226.13 \text{ m}^2 \\ &\times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M &= 7.30 \text{ meses} \\ &= \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} &= 4880.44 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} &= 4754.16 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} &= 9634.596539 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### Folha de Cálculo D

#### GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

##### D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} &= 4 \text{ W/m}^2 \\ &\times \\ \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v &= 2928 \text{ horas} \\ &\times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= 226.13 \text{ m}^2 \\ &+ \\ &1000 \\ &= \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},v} &= 2648.43 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>F</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS Global Prot. Moveis e Perm. g <sub>T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>TP</sub>	FS de Verão g <sub>v</sub> =F <sub>m,v</sub> ·g <sub>T</sub> ·(1-F <sub>m,v</sub> )·g <sub>TP</sub>	Área Efectiva A <sub>v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>F</sub> ·g <sub>v</sub>	Factor de Obstrução F <sub>o</sub> =F <sub>v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>v,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>v</sub> ·A <sub>v</sub> kWh/ano
1 (VE3)	Nordeste	0.46	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.08	0.89	355.00	25.11
2 (VE1)	Nordeste	0.46	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.08	0.89	355.00	22.67
3 (VE8)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.90	355.00	55.20
4 (VE9)	Noroeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.06	0.90	355.00	19.87
5 (VE8)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.89	355.00	54.31
6 (VE9)	Noroeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.06	0.80	355.00	17.74
7 (VE1)	Nordeste	1.32	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.23	0.89	355.00	72.06
8 (VE2)	Nordeste	0.46	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.08	0.80	355.00	22.67
9 (VE4)	Nordeste	2.30	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.40	0.89	355.00	125.56
10 (VE5)	Nordeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.76	355.00	29.23
11 (VE11)	Sudeste	1.10	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.16	0.85	490.00	66.70
12 (VE9)	Sudeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.05	0.83	490.00	21.32
13 (VE4)	Sudeste	2.00	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.29	0.68	490.00	96.52
14 (VE9)	Sudeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.05	0.69	490.00	17.58
15 (VE6)	Sudeste	1.88	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.27	0.53	490.00	70.08
16 (VE9)	Sudeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.05	0.81	490.00	20.62
17 (VE10)	Sudeste	0.43	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.06	0.82	490.00	24.91
18 (VE8)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.89	355.00	54.31
19 (VE9)	Noroeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.06	0.90	355.00	19.87
20 (VE1)	Noroeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.23	0.88	355.00	73.10
21 (VE5)	Noroeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.78	355.00	30.04
22 (VE1)	Noroeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.23	0.88	355.00	73.10
23 (VE5)	Noroeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.78	355.00	30.04
24 (VE4)	Nordeste	2.30	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.40	0.89	355.00	125.56
25 (VE5)	Nordeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.76	355.00	29.23
26 (VE4)	Nordeste	2.30	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.40	0.89	355.00	125.56
27 (VE5)	Nordeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.76	355.00	29.23
28 (VE1)	Noroeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.23	0.88	355.00	73.10
29 (VE5)	Oeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.60	0.18	0.32	0.24	0.10	0.65	495.00	31.35
30 (VE1)	Sudeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.58	490.00	55.93
31 (VE5)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
32 (VE1)	Sudeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.75	490.00	72.30
33 (VE5)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
34 (VE1)	Sudeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.75	490.00	72.30
35 (VE5)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
36 (VE6)	Noroeste	2.03	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.35	0.90	355.00	112.06
37 (VE7)	Noroeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.90	355.00	35.88
38 (VE6)	Noroeste	2.03	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.35	0.90	355.00	112.06
39 (VE7)	Noroeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.90	355.00	35.88
40 (VE6)	Sudeste	2.03	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.29	0.89	490.00	128.03
41 (VE7)	Sudeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.88	490.00	40.51
42 (VE6)	Sudeste	2.03	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.29	0.89	490.00	128.03
43 (VE7)	Sudeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.88	490.00	40.51
44 (VE6)	Nordeste	2.05	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.35	0.90	355.00	113.16
45 (VE7)	Nordeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.90	355.00	35.88
46 (VE6)	Nordeste	2.05	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.35	0.90	355.00	113.16
47 (VE7)	Nordeste	0.65	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.90	355.00	35.88
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													2665.97

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>F</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS de Verão do vão interior g <sub>v,INT</sub>	FS de Verão do vão do ENU g <sub>v,ENU</sub>	Área Efectiva A <sub>v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>F</sub> ·g <sub>v,INT</sub> ·g <sub>v,ENU</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>o</sub> =F <sub>v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>v,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>v</sub> ·A <sub>v</sub> kWh/ano		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sobremento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sobrementos o factor de obstrução dos vãos interiores F <sub>o</sub> é igual a 1. Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar g <sub>v,ENU</sub> é igual a 1.													TOTAL	0.00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>e</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>o</sub> =F <sub>v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>v,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>v</sub> ·A <sub>e</sub> kWh/ano
PDE1	Noroeste		0.40	70.00	0.47		0.53	1.00	355.00	186.87
PDE1	Nordeste		0.40	68.00	0.47	0.04	0.51	1.00	355.00	181.53
PDE1	Sudeste		0.40	67.00	0.47		0.50	1.00	490.00	246.88
-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL										615.29

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_e$
			$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$m^2$		$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/ano$
	CBE1 - Horizontal	0.40	79.46	0.35	0.04	0.44	1.00	815.00	362.66
TOTAL									362.66
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_e$
			$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$m^2$		$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/ano$
	CBI1 - Horizontal	0.50	7.41	0.66	0.04	0.10	1.00	815.00	79.72
TOTAL									79.72
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s = F_{s1} \cdot F_{s2} \cdot F_{s3}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_e$
			$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	$m^2$		$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/ano$
	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-
TOTAL									0.00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  $\boxed{2665.97}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  $\boxed{1057.66}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\boxed{3723.63}$  kWh/ano

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   $\boxed{2648.43}$  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   $\boxed{3723.63}$  kWh/ano  
 =  
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   $\boxed{6372.06}$  kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$   $\boxed{4}$   $W/m^2$   
 x  
 Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   $\boxed{2928}$  horas  
 +  
 1000  
 +  
 factor solar de verão de referência  $g_{v,ref}$   $\boxed{0.43}$   
 x  
 $A_w/A_p$   $\boxed{0.2}$   
 x  
 Radiação solar média de referência  $I_{sol,ref}$   $\boxed{495}$   $kWh/m^2 \cdot ano$   
 =  
 $\boxed{54.28}$   $kWh/m^2 \cdot ano$   
 x  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   $\boxed{226.13}$   $m^2$   
 =  
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,ref}$   $\boxed{12274.79}$  kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   $\boxed{378.55}$   $W/^\circ C$   
 +  
 Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar  $H_{re}$   $\boxed{87.08}$   $W/^\circ C$   
 =  
 Coeficiente de transferência de calor  $H_{t,r}$   $\boxed{465.63}$   $W/^\circ C$

#### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coefficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr,ref}$   $\boxed{359.72}$   $W/^\circ C$   
 +  
 Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar  $H_{re,ref}$   $\boxed{87.08}$   $W/^\circ C$   
 =  
 Coeficiente de transferência de calor  $H_{t,r,ref}$   $\boxed{446.80}$   $W/^\circ C$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

0.024  
 x  
 Número de graus-dias de aquecimento GD  $\boxed{1,615}$   $^\circ C \cdot dias$   
 x  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   $\boxed{378.55}$   $W/^\circ C$   
 =  
 Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento  $Q_{tr}$   $\boxed{14,668.87}$  kWh/ano

#### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

0.024  
 x  
 Número de graus-dias de aquecimento GD  $\boxed{1,615}$   $^\circ C \cdot dias$   
 x  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr,ref}$   $\boxed{359.72}$   $W/^\circ C$   
 =  
 Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento  $Q_{tr,ref}$   $\boxed{13939.17}$  kWh/ano

**E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned} & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 0.024 \times 1.615 = 0.0387 \text{ } ^\circ\text{C.dias} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re} = 0.0387 \times 87.08 = 3.37434 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re} = 3.37434 \text{ } \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

**E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned} & \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 0.024 \times 1.615 = 0.0387 \text{ } ^\circ\text{C.dias} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,REF} = 0.0387 \times 87.08 = 3.37434 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,REF} = 3.37434 \text{ } \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício } = \text{Média} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gt} = 9061.89 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{ct} + Q_{re} = 18043.21 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{parâmetro } \gamma = 0.50 \\ & \text{parâmetro } ai = 2.60 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta = 0.91 \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gt} = 9061.89 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gt,u} = 8240.39 \text{ } \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned} & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{REF} = 0.6 \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gt,REF} = 9634.60 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gt,u,REF} = 5780.76 \text{ } \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{ct} = 14668.87 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re} = 3374.34 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gt,u} = 8240.39 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento } = 14668.87 + 3374.34 - 8240.39 = 9802.82 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 226.13 \text{ } \text{m}^2 \\ & \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_e = 43.35 \text{ } \text{kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{ct,REF} = 13939.17 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,REF} = 3374.34 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gt,u,REF} = 5780.76 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento } = 13939.17 + 3374.34 - 5780.76 = 11532.76 \text{ } \text{kWh/ano} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 226.13 \text{ } \text{m}^2 \\ & \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_e = 51.00 \text{ } \text{kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

**Folha de Cálculo F**

**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_c = 359.83 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} = 130.50 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{c,v} = 490.32 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_c = 359.83 \text{ } \text{W}^\circ\text{C} \\ & (\theta_{v,INT} - \theta_{v,EXT}) = 4 \text{ } ^\circ\text{C} \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v = 2928 \text{ } \text{horas} \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{ct,v} = 3.858.18 \text{ } \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar  $H_{r,v}$   W/°C

$$(T_{v,ref} - T_{v,ed}) \times H_{r,v} = 4 \times 130.50 = 522.00 \text{ W/ano}$$

Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   horas

$$L_v \times 1000 = 2928 \times 1000 = 2.928 \text{ MWh/ano}$$

Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento  $Q_{r,v}$   kWh/ano

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{g,v} + Q_{r,v}$   kWh/ano

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $\alpha_v$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_r$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v)$

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{a,v}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,ref})$

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,ref}$   kWh/ano

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{a,v}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{a,v}$	$f_v$	$g$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Necessidades de Energia Final $F_{cv} \times N_{a,v}$	Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times N_{a,v} / \eta_v$	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{a,v,ref}$	$f_v$	$g$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times N_{a,v,ref} / \eta_{v,ref}$	
Sistema por defeito	Electricidade	1.00		1	2.5	9802.82	108.58		Sistema por defeito	Electricidade	1.00		1	2.5	9802.82	127.50	
TOTAL								108.58	TOTAL								127.50

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{a,v}$	$f_v$	$g$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Necessidades de Energia Final $F_{cv} \times N_{a,v}$	Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times N_{a,v} / \eta_v$	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{a,v,ref}$	$f_v$	$g$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times N_{a,v,ref} / \eta_{v,ref}$	
Sistema por defeito	Electricidade	1.00		3	2.5	743.79	8.22		Sistema por defeito	Electricidade	1.00		3	2.5	743.79	8.80	
TOTAL								8.22	TOTAL								8.80

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQDS								CONSUMO DE AQDS DE REFERÊNCIA							
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS							
consumo médio diário de referência $M_{ref}$ <input type="text" value="200"/>								consumo médio diário de referência $M_{ref}$ <input type="text" value="200"/>							
nº de ocupantes de cada fracção $n$ <input type="text" value="40"/> ocupantes								nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$ <input type="text" value="40"/> ocupantes							
aumento de temperatura $\Delta T$ <input type="text" value="35"/> °C								aumento de temperatura $\Delta T$ <input type="text" value="35"/> °C							
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>								factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>							
médio diário de referência MAGS <input type="text" value="200"/>								consumo médio diário de referência MAGS <input type="text" value="200"/>							
Ap <input type="text" value="226.13"/> m <sup>2</sup>								Ap <input type="text" value="226.13"/> m <sup>2</sup>							
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS $Q_{a,v}$ <input type="text" value="13.14"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS $Q_{a,v}$ <input type="text" value="13.14"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano							

SISTEMA PARA AQDS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{a,v}$	$f_a$	$g$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Necessidades de Energia Final $F_{cv} \times Q_{a,v}$	Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times Q_{a,v} / \eta_a$	SISTEMA PARA AQDS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{a,v,ref}$	$f_a$	$g$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{cv}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $F_{cv} \times Q_{a,v,ref} / \eta_{a,ref}$	
Sistema 1	Renovável Térmica	13.14	0.68	1	1.00	1	2032.00	8.99	Sistema por defeito	Gás Natural	13.14	2.00	0.89	1	14.77		
Sistema por defeito	Gás Natural		0.32		0.89	1	1055.76	4.67	TOTAL								14.77
TOTAL								13.65	TOTAL								14.77

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{vm}$   kWh/ano  
 $+$   
 Área útil de Pavimento  $A_u$   m<sup>2</sup>  
 $+$   
 Factor de Conversão  $F_{vc}$   kWh<sub>el</sub>/kWh  
 $+$   
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano

**G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL**

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{re}/A_u$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{rc}$ kWh <sub>el</sub> /kWh	Energia primária $E_{re} \cdot F_{rc}$ kWh <sub>el</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema J	Renovável Térmica	8.99	1	8.99
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0.00	1	0.00
TOTAL				8.99

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária para arrefecimento  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária para a preparação de AQS  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_p$   kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária para arrefecimento  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Energia primária para a preparação de AQS  kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
 $+$   
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_p$   kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup>.ano

## Anexo 6: Memória dos cálculos de Fração B sem alteração de projetos.

Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA							
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR							
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>corr</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		
				<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>							
	PDE1	13.82	0.52	7.19		PDE1	13.82	0.40	5.53		
	PDE1	14.42	0.52	7.50		PDE1	14.42	0.40	5.77		
	PDE2	28.06	0.47	13.19		PDE2	28.06	0.40	11.22		
	PDE2	26.25	0.47	12.34		PDE2	26.25	0.40	10.50		
	PDE2	33.10	0.47	15.56		PDE2	33.10	0.40	13.24		
	PTPPDE1	4.79	0.68	3.26		PTPPDE1	4.79	0.40	1.92		
	PTPPDE1	6.77	0.68	4.60		PTPPDE1	6.77	0.40	2.71		
	PTPPDE1	2.39	0.68	1.63		PTPPDE1	2.39	0.40	0.96		
	PTPPDE2	6.86	0.68	4.66		PTPPDE2	6.86	0.40	2.74		
	PTPPDE2	10.21	0.68	6.94		PTPPDE2	10.21	0.40	4.08		
	PTPPDE2	2.73	0.68	1.86		PTPPDE2	2.73	0.40	1.09		
TOTAL				78.72	TOTAL				59.76		
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00		
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>convencional</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>convencional</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00		
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		
	1 (VE1)	1.00	1.65	1.65		1 (VE1)	1.00	2.40	2.40		
	2 (VE2)	0.36	1.83	0.66		2 (VE2)	0.36	2.40	0.86		
	3 (VE1)	1.00	1.65	1.65		3 (VE1)	1.00	2.40	2.40		
	4 (VE2)	0.36	1.83	0.66		4 (VE2)	0.36	2.40	0.86		
	5 (VE7)	1.01	2.06	2.08		5 (VE7)	1.01	2.40	2.42		
	6 (VE8)	0.51	2.20	1.12		6 (VE8)	0.51	2.40	1.22		
	7 (VE9)	1.10	1.64	1.80		7 (VE9)	1.10	2.40	2.64		
	8 (VE4)	0.63	1.71	1.08		8 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	9 (VE6)	1.19	1.87	2.23		9 (VE6)	1.19	2.40	2.86		
	10 (VE11)	1.13	1.88	2.12		10 (VE11)	1.13	2.40	2.71		
	11 (VE9)	1.10	1.64	1.80		11 (VE9)	1.10	2.40	2.64		
	12 (VE2)	0.36	1.83	0.66		12 (VE2)	0.36	2.40	0.86		
	13 (VE12)	1.88	1.61	3.03		13 (VE12)	1.88	2.40	4.51		
	14 (VE13)	0.36	1.78	0.64		14 (VE13)	0.36	2.40	0.86		
	15 (VE1)	1.00	1.65	1.65		15 (VE1)	1.00	2.40	2.40		
	16 (VE3)	1.00	1.65	1.65		16 (VE3)	1.00	2.40	2.40		
	17 (VE1)	1.00	1.65	1.65		17 (VE1)	1.00	2.40	2.40		
	18 (VE4)	0.63	1.71	1.08		18 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	19 (VE5)	2.32	1.60	3.71		19 (VE5)	2.32	2.40	5.57		
	20 (VE4)	0.63	1.71	1.08		20 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	21 (VE5)	2.27	1.60	3.63		21 (VE5)	2.27	2.40	5.49		
	22 (VE4)	0.63	1.71	1.08		22 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	23 (VE1)	1.00	1.65	1.65		23 (VE1)	1.00	2.40	2.40		
	24 (VE4)	0.63	1.71	1.08		24 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	25 (VE10)	1.36	1.63	2.22		25 (VE10)	1.36	2.40	3.26		
	26 (VE4)	0.63	1.71	1.08		26 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	27 (VE5)	2.27	1.60	3.63		27 (VE5)	2.27	2.40	5.45		
	28 (VE4)	0.63	1.71	1.08		28 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	29 (VE10)	1.36	1.63	2.22		29 (VE10)	1.36	2.40	3.26		
	30 (VE4)	0.63	1.71	1.08		30 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	31 (VE5)	2.30	1.60	3.68		31 (VE5)	2.30	2.40	5.52		
	32 (VE4)	0.63	1.71	1.08		32 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
	33 (VE10)	1.36	1.63	2.22		33 (VE10)	1.36	2.40	3.26		
	34 (VE4)	0.63	1.71	1.08		34 (VE4)	0.63	2.40	1.51		
TOTAL				58.78	TOTAL				83.76		
VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00		
PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C		
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envolvente exterior H <sub>ext</sub> = 137.50 W/°C				Coeficiente de transferência de calor por transmissão pelo envolvente exterior H <sub>ext</sub> = 143.52 W/°C							
A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR							
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>o</sub>	U.A.b <sub>o</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>o</sub>	U.A.b <sub>o</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00		
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADIACENTES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>o</sub>	U.A.b <sub>o</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADIACENTES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>o</sub>	U.A.b <sub>o</sub> W/°C
	PD1	45.82	0.61	0.60	16.77		PD1	45.82	0.70	0.60	19.24
TOTAL				16.77	TOTAL				19.24		

PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C
PV1	99.16	0.43	0.40	17.06	PV2	99.16	0.40	0.40	17.06
TOTAL				17.06	TOTAL				23.80

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C
CB1	95.81	0.66	0.80	50.59	CB2	95.81	0.35	0.80	26.83
TOTAL				50.59	TOTAL				26.83

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>u</sub>	U.A.b <sub>u</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>u</sub> > ...)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>u</sub>	ψ.B.b <sub>u</sub> W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>u</sub> > ...)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>u</sub>	ψ.B.b <sub>u</sub> W/°C
TOTAL				0.00	TOTAL				0.00

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> =  W/°C      Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> =  W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				
PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	
TOTAL				TOTAL				0.00

PAVIMENTOS ENTERRADOS				PAVIMENTOS ENTERRADOS				
Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z>0)	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z>0)	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	
TOTAL				TOTAL				0.00

PAVIMENTOS TÊRREOS				PAVIMENTOS TÊRREOS				
Incluir os pavimentos em contacto com o solo ou sobre o pavimento exterior (profundidade z=0) com ou sem isolamento térmico, incluídos.	Área m <sup>2</sup>	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	Incluir os pavimentos em contacto com o solo ou sobre o pavimento exterior (profundidade z=0) com ou sem isolamento térmico, incluídos.	Área m	U <sub>so</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>so</sub> W/°C	
TOTAL				TOTAL				0.00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>so</sub> =  W/°C      Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>so</sub> =  W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO				A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H <sub>ext</sub> = <input type="text" value="137.50"/> W/°C				Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H <sub>ext</sub> = <input type="text" value="143.52"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H <sub>int</sub> = <input type="text" value="84.41"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H <sub>int</sub> = <input type="text" value="69.87"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub> = <input type="text" value="0.00"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub> = <input type="text" value="0.00"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub> = <input type="text" value="221.91"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub> = <input type="text" value="213.39"/> W/°C			

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO				A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H <sub>ext</sub> = <input type="text" value="137.50"/> W/°C				Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H <sub>ext</sub> = <input type="text" value="143.52"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H <sub>int</sub> = <input type="text" value="67.64"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H <sub>int</sub> = <input type="text" value="50.63"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub> = <input type="text" value="0.00"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>so</sub> = <input type="text" value="0.00"/> W/°C			
+ Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub> = <input type="text" value="205.14"/> W/°C				+ Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub> = <input type="text" value="194.15"/> W/°C			

**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA**

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
Rendimento do sistema de recuperação de calor η <sub>rec</sub> = <input type="text" value="0.00"/>	
Caudal médio diário insuflado V <sub>ins</sub> = <input type="text" value="0"/> m <sup>3</sup> /h	
R <sub>th</sub> · A <sub>u</sub> · P <sub>d</sub> = <input type="text" value="221.49"/> m <sup>3</sup> /h	
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor b <sub>ve,r</sub> = <input type="text" value="1.00"/>	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R <sub>oh</sub> = <input type="text" value="0.40"/> h <sup>-1</sup>	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R <sub>oh,ref</sub> = <input type="text" value="0.40"/> h <sup>-1</sup>
Área útil de pavimento A <sub>u</sub> = <input type="text" value="184.74"/> m <sup>2</sup>	Área útil de pavimento A <sub>u</sub> = <input type="text" value="184.74"/> m <sup>2</sup>
Pé direito médio da fracção P <sub>d</sub> = <input type="text" value="3.00"/> m	Pé direito médio da fracção P <sub>d</sub> = <input type="text" value="3.00"/> m
Coefficiente de transferência de calor por ventilação H <sub>ve</sub> = <input type="text" value="75.31"/> W/°C	Coefficiente de transferência de calor por ventilação H <sub>ve,ref</sub> = <input type="text" value="75.31"/> W/°C

<b>B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO</b>		-
		1
		-
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	<input type="text" value="0"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{in}$	<input type="text" value="0"/>	m <sup>3</sup> /h
	+	
$R_{in,v}, A_v, P_d$	<input type="text" value="332.23"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{re,v}$	<input type="text" value="1.00"/>	
	x	
		0.34
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{in,v}$	<input type="text" value="0.60"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_u$	<input type="text" value="184.74"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fracção $P_d$	<input type="text" value="3.00"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{re,v}$	<input type="text" value="112.96"/>	W/°C

## Folha de Cálculo C

### GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

#### C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0.72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } Q_{int} &= \text{input } 4 \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M &= \text{input } 7.30 \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_u &= \text{input } 184.74 \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} &= \text{input } 3883.97 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

#### C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,j};F_{o,j};F_{f,j}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{s,j}=A_w \cdot F_{s,j} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,j}$ m <sup>2</sup>
1 (VE1)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
2 (VE2)	Noroeste	0.34	0.36	0.86	0.65	0.07	0.33	0.02
3 (VE1)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
4 (VE2)	Noroeste	0.34	0.36	0.86	0.65	0.07	0.33	0.02
5 (VE7)	Sudoeste	0.34	1.01	0.74	0.65	0.17	0.84	0.14
6 (VE8)	Sudoeste	0.34	0.51	0.59	0.65	0.07	0.84	0.06

7 (VE9)	Sudoeste	0.34	1.10	0.44	0.65	0.11	0.84	0.09
8 (VE4)	Sudoeste	0.34	0.63	0.72	0.65	0.10	0.84	0.09
9 (VE6)	Sudoeste	0.34	1.19	0.55	0.65	0.15	0.84	0.12
10 (VE11)	Sudeste	0.34	1.13	0.74	0.65	0.19	0.84	0.16
11 (VE9)	Sudeste	0.34	1.10	0.72	0.65	0.18	0.84	0.15
12 (VE2)	Sudeste	0.34	0.36	0.60	0.65	0.05	0.84	0.04
13 (VE12)	Sudeste	0.34	1.88	0.78	0.65	0.33	0.84	0.28
14 (VE13)	Sudeste	0.34	0.36	0.79	0.65	0.06	0.84	0.05
15 (VE1)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
16 (VE3)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
17 (VE1)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
18 (VE4)	Noroeste	0.34	0.63	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
19 (VE5)	Noroeste	0.34	2.32	0.86	0.65	0.45	0.33	0.15
20 (VE4)	Noroeste	0.34	0.63	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
21 (VE5)	Sudoeste	0.34	2.27	0.74	0.65	0.37	0.84	0.31
22 (VE4)	Sudoeste	0.34	0.63	0.60	0.65	0.08	0.84	0.07
23 (VE1)	Noroeste	0.34	1.00	0.86	0.65	0.19	0.33	0.06
24 (VE4)	Noroeste	0.34	0.63	0.86	0.65	0.12	0.33	0.04
25 (VE10)	Sudoeste	0.34	1.36	0.72	0.65	0.22	0.84	0.18
26 (VE4)	Sudoeste	0.34	0.63	0.60	0.65	0.08	0.84	0.07
27 (VE5)	Sudoeste	0.34	2.27	0.74	0.65	0.37	0.84	0.31
28 (VE4)	Sudoeste	0.34	0.63	0.60	0.65	0.08	0.84	0.07
29 (VE10)	Sudeste	0.34	1.36	0.71	0.65	0.21	0.84	0.18
30 (VE4)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
31 (VE5)	Sudeste	0.34	2.30	0.71	0.65	0.36	0.84	0.31
32 (VE4)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
33 (VE10)	Sudeste	0.34	1.36	0.71	0.65	0.21	0.84	0.18
34 (VE4)	Sudeste	0.34	0.63	0.57	0.65	0.08	0.84	0.07
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto <math>X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f</math> deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	3.74

*Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.*

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_{i,ENU}$	Área $A_w$ $m^2$	Factor de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,j}.F_{a,j}.F_{f,j}$	Fracção Envidraçada $F_g.F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,j}=A_w.F_{s,j}.F_g.g_i$ $m^2$	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X.A_{s,j}$ $m^2$
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vi}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,j}$ .

TOTAL 0.00

$$\begin{aligned}
 &\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{3.74} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sul} \boxed{135} \text{ kWh/m}^2.\text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{7.30} \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \boxed{3690.38} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} \boxed{3883.97} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \boxed{3690.38} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \boxed{7574.35} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sul} \boxed{135} \text{ kWh/m}^2.\text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0.146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0.15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{184.74} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{7.30} \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \boxed{3987.14} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} \boxed{3883.97} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \boxed{7871.115573} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} \text{Ganhos internos médios } q_{int} &= 4 \text{ W/m}^2 \\ \text{Duração da estação de arrefecimento } L_{ar} &= 2928 \text{ horas} \\ \text{Área útil de pavimento } A_{p,v} &= 184,74 \text{ m}^2 \\ &+ 1000 \\ \text{Ganhos Internos brutos } Q_{int,v} &= 2163,67 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS Global Prot. Móveis e Perm. g <sub>T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>TP</sub>	FS de Verão g <sub>v</sub> =F <sub>m,v</sub> ·g <sub>T</sub> +(1-F <sub>m,v</sub> )·g <sub>TP</sub>	Área Efectiva A <sub>e,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v</sub>	Factor de Obstrução F <sub>o,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub>	I <sub>sol</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·A <sub>e</sub>
												kWh/m <sup>2</sup> ·ano	kWh/ano
1 (VE1)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.90	355.00	55.20
2 (VE2)	Noroeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.06	0.90	355.00	19.87
3 (VE1)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.90	355.00	55.20
4 (VE2)	Noroeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.06	0.90	355.00	19.87
5 (VE7)	Sudoeste	1.01	Duplo	0.65	0.85	0.00	0.38	0.32	0.32	0.21	0.79	490.00	82.13
6 (VE8)	Sudoeste	0.51	Duplo	0.65	0.85	0.00	0.38	0.32	0.32	0.11	0.60	490.00	31.70
7 (VE9)	Sudoeste	1.10	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.16	0.46	490.00	36.19
8 (VE4)	Sudoeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.77	490.00	34.43
9 (VE6)	Sudoeste	1.19	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.19	0.32	0.23	0.18	0.56	490.00	49.22
10 (VE11)	Sudeste	1.13	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.19	0.32	0.23	0.17	0.79	490.00	65.40
11 (VE9)	Sudeste	1.10	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.16	0.77	490.00	60.11
12 (VE2)	Sudeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.05	0.62	490.00	15.72
13 (VE12)	Sudeste	1.88	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.27	0.86	490.00	114.21
14 (VE13)	Sudeste	0.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.05	0.87	490.00	22.14
15 (VE1)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.90	355.00	55.20
16 (VE3)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.90	355.00	55.20
17 (VE1)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.88	355.00	53.75
18 (VE4)	Noroeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.78	355.00	30.04
19 (VE5)	Noroeste	2.32	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.40	0.89	355.00	126.00
20 (VE4)	Noroeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.78	355.00	30.04
21 (VE5)	Sudoeste	2.27	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.33	0.79	490.00	127.41
22 (VE4)	Sudoeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.61	490.00	27.19
23 (VE1)	Noroeste	1.00	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.17	0.88	355.00	53.75
24 (VE4)	Noroeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.40	0.18	0.32	0.27	0.11	0.78	355.00	30.04
25 (VE10)	Sudoeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.76	490.00	73.31
26 (VE4)	Sudoeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.61	490.00	27.19
27 (VE5)	Sudoeste	2.27	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.33	0.79	490.00	127.41
28 (VE4)	Sudoeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.61	490.00	27.19
29 (VE10)	Sudeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.75	490.00	72.30
30 (VE4)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
31 (VE5)	Sudeste	2.30	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.33	0.75	490.00	122.27
32 (VE4)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
33 (VE10)	Sudeste	1.36	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.20	0.75	490.00	72.30
34 (VE4)	Sudeste	0.63	Duplo	0.65	0.85	0.70	0.18	0.32	0.22	0.09	0.58	490.00	25.91
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												1849.70	
Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS de Verão do vão interior g <sub>int</sub>	FS de Verão do vão do ENU g <sub>ENU</sub>	E <sub>v,INT</sub> ·g <sub>int</sub>	Área Efectiva A <sub>e,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v,INT</sub>	Factor de Obstrução F <sub>o,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub>	I <sub>sol</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·A <sub>e</sub>
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <u>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F<sub>o,v</sub> é igual a 1.</u> Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar g <sub>v,ENU</sub> é igual a 1.												TOTAL	0.00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{18}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{18}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_o = F_{o1} \cdot F_{o2} \cdot F_{o3}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ kWh/ano
PDE1	Sudeste	0.40	13.82	0.52		0.11	1.00	490.00	56.34
PDE1	Noroeste	0.40	14.42	0.52		0.12	1.00	355.00	42.59
PDE2	Sudeste	0.40	28.06	0.47		0.21	1.00	490.00	103.40
PDE2	Sudoeste	0.40	26.25	0.47		0.20	1.00	490.00	96.73
PDE2	Noroeste	0.40	33.10	0.47		0.25	1.00	355.00	88.36
PTPPDE1	Sudeste	0.40	4.79	0.68	0.04	0.05	1.00	490.00	25.54
PTPPDE1	Sudoeste	0.40	6.77	0.68		0.07	1.00	490.00	36.09
PTPPDE1	Noroeste	0.40	2.39	0.68		0.03	1.00	355.00	9.23
PTPPDE2	Sudeste	0.40	6.86	0.68		0.07	1.00	490.00	36.57
PTPPDE2	Sudoeste	0.40	10.21	0.68		0.11	1.00	490.00	54.43
PTPPDE2	Noroeste	0.40	2.73	0.68		0.03	1.00	355.00	10.54
TOTAL									559.83

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{18}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{18}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0.04	-	1.00	815.00	-
TOTAL									0.00

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{18}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{18}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ kWh/ano
CBI1	Horizontal	0.50	95.81	0.66	0.04	1.26	1.00	815.00	1030.72
TOTAL									1030.72

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{18}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{18}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_o = F_{o1} \cdot F_{o2} \cdot F_{o3}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ kWh/ano
-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-
TOTAL									0.00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano  
 =  
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{G,v}$   kWh/ano

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
 x  
 Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   horas  
 +  
 1000  
 +  
 factor solar de verão de referência  $q_{v,REF}$    
 x  
 $A_w/A_p$    
 x  
 Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 =  
 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 x  
 Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
 =  
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{G,v,REF}$   kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 221.91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re} &= 75.31 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} &= 297.22 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 213.39 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,REF} &= 75.31 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,REF} &= 288.69 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &x \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1.615 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 221.91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr} &= 8.599.28 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &x \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1.615 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 213.39 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} &= 8268.93 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &x \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1.615 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re} &= 75.31 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re} &= 2.918.11 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &x \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1.615 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,REF} &= 75.31 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,REF} &= 2918.11 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício} &= \text{Média} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,t} &= 7574.35 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,r} &= 11517.38 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{parâmetro } \nu &= 0.66 \\ &+ \\ \text{parâmetro } a_i &= 2.60 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i &= 0.85 \\ &x \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,t} &= 7574.35 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u} &= 6454.48 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} &= 0.6 \\ &x \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,t,REF} &= 7871.12 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u,REF} &= 4722.67 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr} &= 8599.28 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re} &= 2918.11 \text{ kWh/ano} \\ &- \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u} &= 6454.48 \text{ kWh/ano} \\ \text{(folha de cálculo 1.4)} &= \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} &= 5062.90 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= 184.74 \text{ m}^2 \\ &= \\ \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_c &= 27.41 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \end{aligned}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} &= 8268.93 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,REF} &= 2918.11 \text{ kWh/ano} \\ &- \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u,REF} &= 4.722.67 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} &= 6464.37 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ \text{Área útil de pavimento } A_p &= 184.74 \text{ m}^2 \\ &= \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_l &= 34.99 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_p = 205.14 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} = 112.96 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} = 318.10 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_p = 205.14 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) = 4 \text{ }^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ &+ \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} = 2,199.63 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} = 112.96 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) = 4 \text{ }^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ &+ \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} = 1,211.17 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício } = \text{Média} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} = 5603.92 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} = 3410.80 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ &\text{parâmetro } \gamma_v = 1.64 \\ &\text{parâmetro } a_v = 2.60 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v = 0.53 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_r = 0.81$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} &(1 - \eta_v) = 0.47 \\ &\times \\ &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} = 5603.92 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Área útil de pavimento } A_p = 184.74 \text{ m}^2 \\ &= \\ &\text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{e,v} = 14.26 \text{ kWh/m}^2\text{.ano} \end{aligned}$$

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} &(1 - \eta_{v,ref}) = 0.19 \\ &\times \\ &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,ref} = 20038.06 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Área útil de pavimento } A_p = 184.74 \text{ m}^2 \\ &= \\ &\text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{e,v} = 10.55 \text{ kWh/m}^2\text{.ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_u$	$f_u$	$\epsilon$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{conv}$	Necessidades de Energia Final $f_{e,N_u} N_u A_e$	Necessidades de Energia Primária $f_{e,N_u} F_{conv} N_u$
Sistema por defeito	Electricidade	kWh/m <sup>2</sup> .ano	1.00		1	2.5	5062.90	68.51
		TOTAL					5062.90	68.51

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,r}$	$f_{u,r}$	$\epsilon_r$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,r}$	Factor de Conversão $F_{conv,r}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{e,N_u,r} N_{u,r} A_e$
Sistema por defeito	Electricidade	kWh/m <sup>2</sup> .ano	2.00		1	2.5	87.48
		TOTAL					87.48

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_u$	$f_u$	$\epsilon$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{conv}$	Necessidades de Energia Final $f_{e,N_u} N_u A_e$	Necessidades de Energia Primária $f_{e,N_u} F_{conv} N_u$
Sistema por defeito	Electricidade	kWh/m <sup>2</sup> .ano	1.00		0	2.5	878.00	11.88
		TOTAL					878.00	11.88

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,r}$	$f_{u,r}$	$\epsilon_r$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,r}$	Factor de Conversão $F_{conv,r}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{e,N_u,r} N_{u,r} A_e$
Sistema por defeito	Electricidade	kWh/m <sup>2</sup> .ano	2.00		0	2.5	8.80
		TOTAL					8.80

### G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AGS

**CONSUMO DE AGS**

Consumo médio diário de referência  $M_{ref}$  = 160

$n$  de ocupantes de cada fracção = 4

factor de eficiência hídrica = 1

médio diário de referência  $MAQS$  = 160

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGS  $Q_{u,AGS}$  = 12.87 kWh/m<sup>2</sup> ano

Área Útil de Pavimento  $A_p$  = 184.74 m<sup>2</sup>

Factor de Conversão  $F_{conv}$  = 1.00

Factor de Conversão  $F_{conv}$  = 0.89

### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AGS DE REFERÊNCIA

**CONSUMO DE AGS DE REFERÊNCIA**

Consumo médio diário de referência  $M_{ref}$  = 160

$n$  convencional de ocupantes de cada fracção = 4

factor de eficiência hídrica = 2

consumo médio diário de referência  $MAQS$  = 160

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AGS  $Q_{u,AGS}$  = 22.87 kWh/m<sup>2</sup> ano

Área Útil de Pavimento  $A_p$  = 184.74 m<sup>2</sup>

Factor de Conversão  $F_{conv}$  = 1.00

Factor de Conversão  $F_{conv}$  = 0.89

SISTEMA PARA AGS		Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{u,AGS}$	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta$	Factor de Conversão $F_{conv}$	Necessidades de Energia Final $E.D.Q_{u,AGS}$	Necessidades de Energia primária $E.B.Q_{u,AGS} F_{conv} \eta$
			kWh/m <sup>2</sup> ano				kWh/m <sup>2</sup> kWh	kWh/ano	kWh/m <sup>2</sup> ano
Sistema 1	Renovável Térmica		12.87	0.86	1	1.00	1	2059.10	11.04
Sistema por defeito	Gás Natural			0.14		0.89	1	380.10	2.06
TOTAL								2419.10	13.09

SISTEMA PARA AGS		Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,AGS}$	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{ref}$	Factor de Conversão $F_{conv}$	Limite das Necessidades de Energia primária $f_a \delta Q_{u,AGS} F_{conv} \eta_{ref}$	
			kWh/m <sup>2</sup> ano			kWh/m <sup>2</sup> kWh	kWh/m <sup>2</sup> ano	
Sistema por defeito	Gás Natural		22.87	2.00	0.89	1	14.46	
TOTAL								14.46

### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{vent}$  = 0 kWh/ano

Área Útil de Pavimento  $A_p$  = 184.74 m<sup>2</sup>

Factor de Conversão  $F_{conv}$  = 2.5 kWh<sub>el</sub>/kWh

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação = 0.00 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{re}/A_p$	Factor de Conversão $F_{conv}$	Energia primária $E_{re} F_{conv}$
		kWh/m <sup>2</sup> ano	kWh <sub>el</sub> /kWh	kWh <sub>el</sub> /m <sup>2</sup> ano
Sistema 1	Renovável Térmica	11.04	1	11.04
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0.00	1	0.00
TOTAL				11.04

### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento = 68.51 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

Energia primária para arrefecimento = 11.88 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

Energia primária para a preparação de AGS = 13.09 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica = 0.00 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável = 11.04 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano

Necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_p$  = 82.45 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> ano