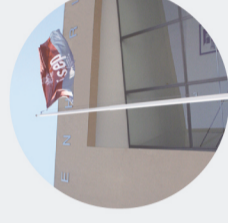


Avaliação do Potencial de Otimização Energética em Edifícios de Serviços

DANIEL FILIPE MAGALHÃES PEREIRA

Outubro de 2020



Avaliação do Potencial de Otimização Energética em Edifícios de Serviços

DANIEL FILIPE MAGALHÃES PEREIRA
Outubro de 2020



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS

DANIEL FILIPE MAGALHÃES PEREIRA

Relatório de Estágio submetida(o) para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Alexandre Aníbal Meira Guimarães da Costa

Supervisor: Dinis Miguel Campos Leitão (DAJ – Engenheiros Associados, Lda.)

OUTUBRO DE 2020

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas.....	xvii
Simbologia.....	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Revisão de Literatura	5
CAPÍTULO 3 Caso de Estudo.....	29
CAPÍTULO 4 Análise de Resultados	45
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	69
Referências Bibliográficas	73
Anexo I - Envolvente.....	77
Anexo II – Inércia Térmica	89
Anexo III – Sistema de Iluminação.....	93
Anexo IV – Caudais de Ar Novo	97

RESUMO

O desenvolvimento económico mundial tem vindo a caracterizar-se pela utilização intensa de energia, e como resultado disso, a dependência energética dos países acentuou-se bastante. Contudo, só no final do século XX, é que o Mundo começou a ter a real perceção dos impactos ambientais, económicos e sociais, resultantes da utilização e dependência de energia. Em detrimento destes fatores, a União Europeia implementou um conjunto de políticas energéticas, tendo como objetivo reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e diminuir as emissões de carbono para a atmosfera. Neste contexto, a eficiência energética assumiu-se como um instrumento fundamental para minimizar os impactos, sendo transposta para os edifícios a construir e a reabilitar, quer se trate de edifícios de habitação ou de serviços.

Refira-se que nos últimos anos, o setor da construção teve de apostar na reabilitação dos edifícios, face ao estado de degradação do parque edificado, contribuindo deste modo, para a preservação de uma herança cultural, assim como para um futuro mais sustentável.

Neste seguimento, o estudo que se realizou insere-se no âmbito do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e compreende a reabilitação de um edifício de escritórios, o qual se enquadra nos Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços (PES).

A partir da simulação horária monozona, método de cálculo que permite a verificação do RECS e por conseguinte, a avaliação do desempenho energético do edifício, foi avaliado o impacto nos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética dos vários elementos constituintes do edifício. O estudo consistiu numa avaliação individual, com o objetivo de se perceber qual o peso/importância que é atribuída a cada componente do edifício sendo que, posteriormente, foi realizada uma avaliação de desempenho global do edifício.

De notar que este estudo de impacto permitiu obter soluções otimizadas em termos energéticos, assim como perceber em que componentes deve recair, maioritariamente, o investimento, e, finalmente, compreender de que modo esta folha de cálculo está preparada para tratar os edifícios com necessidades quase nulas de energia, uma vez que é o caminho a percorrer.

Palavras-chave: consumo energético, políticas energéticas, eficiência energética, reabilitação da construção, sustentabilidade.

ABSTRACT

The world economic development has been characterized by the intense use of energy and, as a result, the countries' energy dependence has increased considerably. However, it was only at the end of the 20th century that the world began to have a real perception of the environmental, economic and social impacts which result from the use as well as the dependence of energy. Regarding these factors, the European Union has implemented a set of energy policies in order to reduce fossil fuels dependence and to reduce carbon emissions to the atmosphere. Given the background, energy efficiency has become a fundamental instrument to minimize impacts, being used in the construction and rehabilitation of buildings, whether residential or service buildings.

It's important to point out that, in recent years, the construction sector had to invest in the rehabilitation of buildings, given the state of degradation of the overall construction, thus contributing to the preservation of a cultural heritage as well as to a more sustainable future.

Therefore, the study that was carried out is inserted within the scope of the Energy Performance Regulation of Commercial and Service Buildings, and includes the rehabilitation of an office building, which fits into Small Commercial and Service Buildings.

From the mono-zone hourly simulation, a calculation method that allows the verification of the RECS and, therefore, the assessment of the building's energy performance, it was evaluated the impact on the annual final energy consumption as well as the annual bill and the energy class of the various constituent elements of the building. The study consisted of an individual assessment, in order to understand what weight / importance is attributed to each component of the building, and afterwards, it was carried out an assessment of the overall performance of the building.

It is worth mentioning that this impact study allowed us to obtain optimized solutions in terms of energy, as well as to understand which are the components which deserve more investment and, finally, to understand how this spreadsheet is prepared to treat buildings with almost zero energy needs, once it is the path to follow.

Keywords: energy consumption, energy policies, energy efficiency, construction rehabilitation, sustainability.

AGRADECIMENTOS

Chegar a esta etapa da minha vida é motivo de grande orgulho e satisfação, pois representa o culminar de uma ambição, já há muito desejada. Desenvolver este estudo num momento marcado pelo confinamento social, revelou-se deveras desafiador, quer pelo facto da maior parte do trabalho ter sido realizada à distância, implicando por isso, mais autonomia e dedicação da minha parte, quer pelo próprio momento atípico que se viveu.

Esta caminhada não foi realizada apenas com o meu esforço, mas também com o apoio incondicional das pessoas que ao longo desta etapa me apoiaram, motivaram, e às quais eu não poderei deixar de expressar um agradecimento especial.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, e diga-se que agradecer é tão pouco, tendo em conta o que fazem por mim. O vosso apoio, compreensão, ânimo foram essenciais nesta etapa que se revelou dura, mas gratificante, e a vós o meu agradecimento é, e será, eterno.

Quero agradecer à minha namorada, por me ter acompanhado desde o primeiro momento e que nunca me deixou desanimar, mesmo quando o cansaço já era extremo. O teu apoio foi essencial e tornou esta caminhada mais fácil.

Ao Professor Alexandre, agradeço o facto de ter criado condições para que o meu estágio se tornasse possível, bem como pela orientação à distância.

Ao Professor Dinis, quero igualmente expressar o meu agradecimento, quer por me ter recebido na sua empresa embora por um curto período de tempo, muito em parte motivado pela pandemia da COVID-19, quer pela sua orientação à distância.

Ao Eng.º Pedro, que mesmo não assumindo um papel de orientação, teve um papel fundamental na elaboração da minha tese, pelo que o seu apoio, sugestões, reflexões foram perentórias para que eu seguisse o caminho certo. Agradeço-te muito.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Âmbito e Motivação.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura do Relatório.....	2
CAPÍTULO 2	Revisão de Literatura.....	5
2.1	Consumo Energético.....	5
2.2	Políticas Energéticas.....	8
2.3	Reabilitação da Construção.....	14
2.3.1	Reabilitação de Edifícios.....	16
2.3.2	Incentivos à Reabilitação.....	17
2.4	Reabilitação e Sustentabilidade.....	22
2.5	Medidas de Melhoria do Desempenho Termo Energético dos Edifícios.....	24
CAPÍTULO 3	Caso de Estudo.....	29
3.1	Descrição do Caso de Estudo.....	29
3.2	Metodologia do Trabalho.....	39
3.3	Avaliação do Desempenho Energético.....	40
CAPÍTULO 4	Análise de Resultados.....	45
CAPÍTULO 5	Considerações Finais.....	69
5.1	Conclusões e Contributos.....	70
5.2	Desenvolvimentos Futuros.....	71
	Referências Bibliográficas.....	73

ÍNDICE DE TEXTO

Anexo I – Envolvente.....	77
Anexo II – Inércia Térmica.....	89
Anexo III – Sistema de Iluminação.....	93
Anexo IV – Caudais de Ar Novo.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Dependência energética na EU-28 em 2018. (1).....	5
Figura 2.2 – Estrutura do consumo final de energia em 2019. (2).....	6
Figura 2.3 – Consumo de energia elétrica por consumidor: total e por tipo de consumo. (3).....	7
Figura 2.4 – Evolução do SCE (Adaptado). (17).....	14
Figura 2.5 – Valor da construção nova e reabilitada em relação à produção bruta do setor da construção de edifícios (%). Comparação entre Portugal e a média dos 18 países do <i>Euroconstruct</i> . (29).....	23
Figura 3.1 - Localização do edifício (Fonte: <i>Google Earth</i>).....	29
Figura 3.2 - Distância à costa (Fonte: <i>Google Earth</i> – 36 km).....	30
Figura 3.3 – Tabela de Referência para a obtenção das Temperaturas Exteriores ao longo de um ano na localidade de Braga (Fonte: SCE.Clima_V1.0).....	31
Figura 3.4 – Tabela de Referência para a obtenção das Temperaturas Exteriores ao longo de um ano na localidade de Braga (Fonte: SCE.Clima_V1.0).....	32
Figura 4.1 – Comportamento das Paredes Exteriores.....	46
Figura 4.2 – Comportamento das Paredes Enterradas (exemplo).....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consumo de energia elétrica por tipo de consumo. (3).....	7
Tabela 3.1 - Tipos de soluções construtivas.....	33
Tabela 3.2 - Requisitos mínimos de eficiência dos equipamentos de produção.....	35
Tabela 3.3 - Valores de eficiência do equipamento.....	36
Tabela 3.4 - Requisitos mínimos de eficiência de ventiladores.....	36
Tabela 3.5 - Caudais de ar novo por tipo de atividade.....	37
Tabela 3.6 - Caudais de ar extraídos.....	38
Tabela 3.7 - Indicadores de Eficiência Energética.....	41
Tabela 3.8 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final....	42
Tabela 3.9 – Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia.....	42
Tabela 3.10 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia.....	43
Tabela 4.1 – Consumo Anual de Energia Final das Paredes Exteriores.....	45
Tabela 4.2 - Consumo Anual de Energia Final das Coberturas Exteriores.....	47
Tabela 4.3 - Consumo Anual de Energia Final dos Vãos Opacos Exteriores.....	48
Tabela 4.4 - Consumo Anual de Energia Final dos Vãos Envidraçados Exteriores.....	48
Tabela 4.5 - Consumo Anual de Energia Final dos Pavimentos Térreos.....	50
Tabela 4.6 - Consumo Anual de Energia Final dos Pavimentos Enterrados.....	51
Tabela 4.7 - Consumo Anual de Energia Final das Paredes Enterradas.....	52
Tabela 4.8 - Consumo Anual de Energia Final das Paredes Interiores.....	53
Tabela 4.9 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.10 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..55	55
Tabela 4.11 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..56	56
Tabela 4.12 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..56	56
Tabela 4.13 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Preparação de Água Quente Sanitária.....57	57
Tabela 4.14 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.....58	58
Tabela 4.15 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.....58	58
Tabela 4.16 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.....59	59
Tabela 4.17 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Iluminação.....59	59
Tabela 4.18 - Consumo Anual de Energia Final dos Equipamentos.....60	60
Tabela 4.19 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..61	61
Tabela 4.20 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..62	62
Tabela 4.21 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final..62	62
Tabela 4.22 - Consumo Anual de Energia Final do Sistema de Ventilação.....63	63
Tabela 4.23 – Indicadores de Eficiência Energética referentes à Solução Final 1.....64	64
Tabela 4.24 – Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final da Solução Final 1.....65	65
Tabela 4.25 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 1.....65	65
Tabela 4.26 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 1.....65	65
Tabela 4.27 - Indicadores de Eficiência Energética referentes à Solução Final 2.....66	66
Tabela 4.28 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final da Solução Final 2.....66	66
Tabela 4.29 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 2.....67	67
Tabela 4.30 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 2.....67	67

ABREVIATURAS

AdEPorto - Agência de Energia do Porto;

AQS - Água quente sanitária;

AVAC - Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado;

BEI - Banco Europeu de Investimento;

CE – Certificado Energético;

CEB - Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa;

COP - Coeficiente de desempenho na estação de aquecimento;

COP25 - Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas;

CPCI - Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário;

CQNUAC - Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas;

EEE - Eficiência Energética em Edifícios;

EER - Rácio de eficiência energética na estação de arrefecimento;

EPBD – Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (*Energy Performance of Buildings Directive*);

ETICS - *External Thermal Insulation Composite System*;

FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional;

FEE - Fundo da Eficiência Energética;

FER - Fonte de energia renovável;

FNRE - Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado;

GEE – Gases efeito de estufa;

IFRRU 2020 - Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas;

IHRU - Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana;

ABREVIATURAS

IMI - Imposto Municipal sobre Imóveis;

INE - Instituto Nacional de Estatística;

IteCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção;

nZEB – Edifício com consumo quase nulo de energia (*nearly Zero-Energy Building*);

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável;

PCE - Pré-Certificado Energético;

PEES - Programa de Estabilização Económica e Social;

PES - Pequeno Edifício de Serviços;

PEScC - Pequeno Edifício de Serviços com Sistema de Climatização;

PESsC - Pequeno Edifício de Serviços sem Sistema de Climatização;

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;

PNEC - Plano Nacional Energia e Clima;

PO SEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos;

PQ – Perito Qualificado;

PTL - Pontes térmicas lineares;

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;

RcR – Reabilitar com Regra;

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

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;

RERU - Regulamento Excepcional da Reabilitação Urbana;

RNC2050 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050;

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios;

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;

SRU - Sociedades de Reabilitação Urbana;

UE – União Europeia ou EU (*European Union*);

WBSD - *World Business Council for Sustainable Development*.

SIMBOLOGIA

CO_2 – Dióxido de carbono;

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

$g_{L,vi}$ - Fator solar do vidro;

GWh – Gigawatt-hora;

IEE_S – Consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício;

IEE_T – Consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício;

$IEE_{pr,S}$ - Indicador de eficiência energética relativo aos consumos do tipo “S”;

$IEE_{pr,T}$ - Indicador de eficiência energética relativo aos consumos do tipo “T”;

IEE_{REN} - Indicador de eficiência energética relativo ao consumo de produção de energia renovável;

It – Inércia térmica média;

KW – Quilowatt;

KWh – Quilowatt-hora;

KWh/ano – Quilowatt-hora por ano;

l – Litro;

m – Metro;

m^2 – Metro quadrado;

m^3/h – Metro cúbico por hora;

Msi – Inércia térmica interior;

Q_{pr} – Perdas estáticas associadas aos termoacumuladores;

SIMBOLOGIA

R_f – Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão de resistências térmicas superficiais, em $[m^2 \cdot ^\circ C/W]$;

R_{IEE} - Rácio de classe energética;

R_{se} – Resistência térmica exterior, em $[m^2 \cdot ^\circ C/W]$;

R_{si} - Resistência térmica interior, em $[m^2 \cdot ^\circ C/W]$;

R_w - Resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais, em $[m^2 \cdot ^\circ C/W]$;

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial, em $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$;

U_w - Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados;

W – Watt;

$^\circ C$ – Graus celsius;

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear;

€ - Euro;

€/KWh – Euro por quilowatt-hora;

€/ano - Euro por ano;

% - Percentagem.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ÂMBITO E MOTIVAÇÃO

O âmbito deste estudo incide num edifício que será alvo de reabilitação, sendo convertido num edifício de escritórios, por forma a funcionar como sede de uma empresa. Deste modo, o estudo é baseado no Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), nomeadamente, no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), regulado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto (alterado pelos Decretos-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril, Decreto-Lei n.º 194/2015 de 14 de setembro, Decreto-Lei n.º 251/2015 de 25 de novembro, Decreto-Lei n.º 28/2016 de 23 de junho, Decreto-Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto e Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho). De acordo com os requisitos energéticos, o caso de estudo enquadra-se num Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES).

Atualmente, a reabilitação de edifícios é vista como uma prioridade de atuação, no setor da construção civil, em Portugal. A mudança de paradigma – construção nova para a reabilitação, foi fundamental, na medida em que, o parque edificado apresentava um estado de degradação muito avançado e como tal, parte da população vivia em condições vulneráveis. De frisar que, a reabilitação contribui para a preservação de uma herança cultural e para um futuro mais sustentável, implicando um conhecimento multidisciplinar, sem o qual não é possível conceber e implementar as melhores soluções, sempre com a finalidade de melhorar a qualidade de vidas das populações. Segundo dados estatísticos, a maioria dos imóveis foram construídos antes de 1990, ano da publicação do primeiro regulamento das características de comportamento térmico de edifícios, tratando-se de uma oportunidade para reabilitar os edifícios degradados, implementando medidas de melhoria de eficiência energética. Desde então, a reabilitação energética assume-se como um instrumento fundamental, proporcionando melhorias da qualidade térmica, redução dos consumos de energia e níveis de conforto térmicos satisfatórios para os ocupantes. Sendo esta temática transversal, quer para edifícios de habitação, quer para edifícios de serviços, este estudo foca-se nos edifícios de serviços, visto que os mesmos apresentam um potencial de melhoria e otimização elevado.

1.2 OBJETIVOS

Com a realização do presente estudo objetiva-se avaliar o impacto dos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética, no que se refere aos elementos constituintes da envolvente, aos sistemas técnicos e à avaliação de desempenho global do imóvel. Com base nesta avaliação inicial, pretende-se obter uma solução otimizada em termos energéticos, para o caso de estudo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi definida tendo em conta os objetivos que se pretendem alcançar.

Inicialmente, afigurou-se necessário fazer uma pesquisa bibliográfica centrada nos seguintes temas: consumos e políticas energéticas da União Europeia e de Portugal, legislação associada ao RECS, reabilitação e respetivos incentivos, sustentabilidade, medidas de melhoria do edificado em Portugal, medidas de otimização energética nos edifícios noutros países e por último, uma breve introdução à ferramenta de cálculo da classificação energética.

De seguida, foi realizada a simulação horária monozona através do método de cálculo dinâmico simplificado, permitindo uma avaliação do desempenho energético do edifício. Este método permite averiguar os consumos anuais de energia final, por utilização e fonte de energia, as necessidades anuais de energia útil e o indicador de eficiência energética. Posteriormente, foi realizada a avaliação do impacto dos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética no que se respeita aos elementos constituintes da envolvente, aos sistemas técnicos e à avaliação de desempenho global do imóvel. O estudo do impacto teve por base os valores limite regulamentares, isto é, valores mínimos e máximos, valores da simulação inicial, assim como valores intermédios.

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo que cada um deles é referente a assuntos específicos.

Neste sentido, no primeiro capítulo é feito um breve enquadramento do tema em estudo e são explanados os objetivos, inerentes ao trabalho e à estratégia adotada para os atingir.

Já no segundo capítulo, é abordado o consumo energético e efetuado o enquadramento político e legal da regulamentação térmica dos edifícios, num contexto Europeu e Português. Para além disso, é abordada a reabilitação dos edifícios e os incentivos inerentes, dando-se especial ênfase à reabilitação energética e aos seus incentivos. No mesmo capítulo, é explorado a relação entre a reabilitação e a sustentabilidade e

são ainda apresentadas medidas de melhoria do desempenho termo energético, dos edifícios noutros países e em Portugal.

No terceiro capítulo é caracterizado o edifício em estudo sendo realizada uma avaliação de desempenho energético do mesmo.

No quarto capítulo, são analisados e discutidos os resultados referentes à avaliação de impacto dos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética relativamente aos elementos constituintes da envolvente, aos sistemas técnicos e por último, à avaliação global de desempenho do imóvel.

Por último, no quinto capítulo, é efetuada uma reflexão sobre o estudo desenvolvido e são apresentadas algumas perspetivas de futuro sobre o tema.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSUMO ENERGÉTICO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento económico mundial caracterizou-se pela utilização intensa de energia, proveniente de recursos de origem fóssil, a um preço acessível e com produção de energia centralizada. Neste sentido, os níveis de dependência energética foram crescendo, sendo que em 2018 a EU-28 tinha uma dependência na ordem de 55.7%, conforme se pode observar na figura 2.1. De frisar, que o setor dos edifícios é responsável por 40% do consumo de energia final.

Particularizando Portugal e, situando-nos no mesmo ano suprarreferido, a dependência energética total, nacional, rondava os 75.9%, menos 1.8% relativamente a 2017. Quando comparado com os restantes países da EU-28, o nosso país ocupou a 7ª posição, obtendo cerca de 20% de dependência energética, acima da média destes.

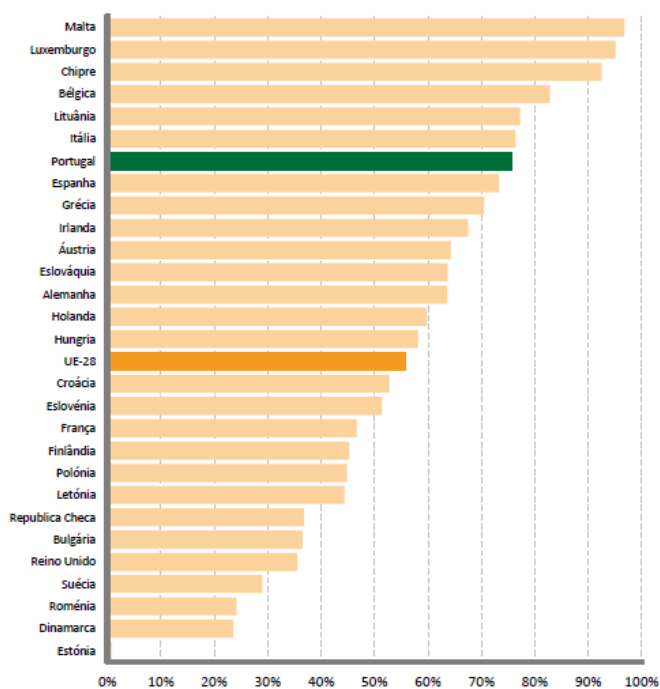


Figura 2.1 – Dependência energética na EU-28 em 2018. (1)

Assim sendo, qual o motivo que possa justificar esta intensa dependência energética de Portugal? Podemos justificar tal situação, ao facto do nosso país não possuir fontes de energia fósseis, como é o caso do petróleo ou gás natural, que têm um peso muito significativo no consumo total de energia primária. Todavia, para contrariar esta tendência, a aposta nas energias renováveis, na eficiência energética e a contabilização da energia renovável pelas bombas de calor tem permitido a Portugal baixar a sua dependência energética para níveis inferiores a 80%, como referido anteriormente. Em conformidade com o artigo 5º da diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, as bombas de calor, que podem ser consideradas como equipamentos que captam energia renovável, são as que ultrapassam 115% de eficiência com base no consumo total de energia primária, ou seja, com rácio de energia primária maior do que 1.15.

De acrescentar que o consumo em edifícios representa aproximadamente 32% do consumo energético final (17.4% em edifícios residenciais e 14.1% em edifícios de serviços), conforme ilustrado na figura 2.2.

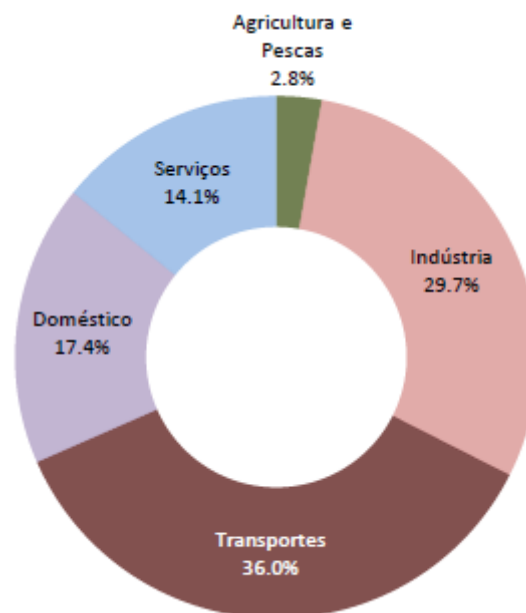


Figura 2.2 – Estrutura do consumo final de energia em 2019. (2)

O consumo de energia final no setor do comércio e serviços tem crescido nos últimos anos, conforme se pode observar na figura 2.3. O consumo de energia elétrica, em média, por utilizador não doméstico é de 17230.8 KWh no ano de 2017, e apesar de ter tido uma ligeira descida no ano 2016-2017, nos anos anteriores teve uma subida, conforme ilustrado na tabela 2.1. Por isso, é necessária uma reorganização do sistema energético em bases mais sólidas e sustentáveis: maior eficiência energética, maior participação das fontes renováveis e descentralização da produção de energia. Para se obter um sistema energético sustentável, concorrencial e descarbonizado até 2050, os Estados-Membros têm de definir ações específicas e mensuráveis e promover o financiamento acessível a toda a sociedade, por forma a

colmatar todas as lacunas existentes no parque imobiliário. É devido a estes factos que as diretivas europeias e a legislação nacional estão em constante atualização, tendo como base, as metas europeias e a posição atual do país, como se poderá constatar no próximo capítulo.

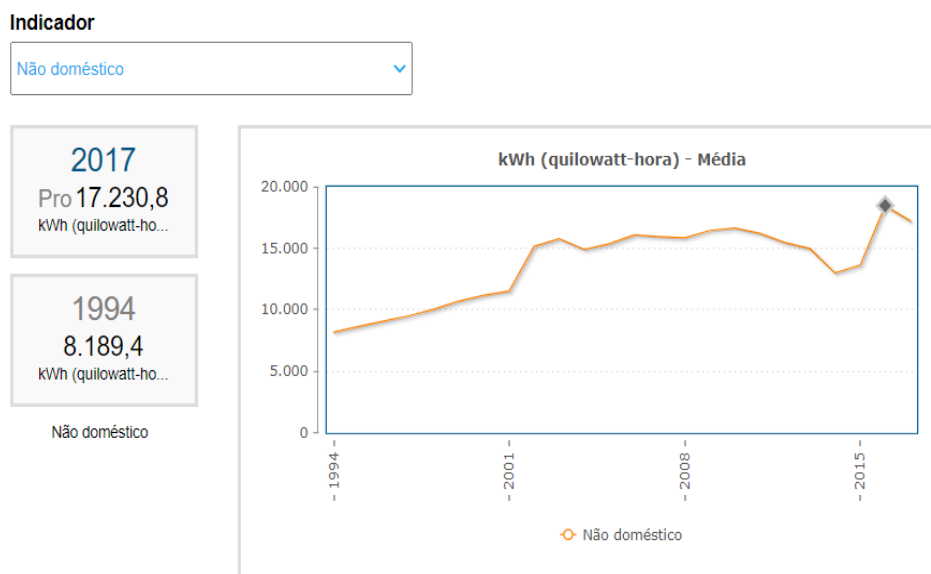


Figura 2.3 – Consumo de energia elétrica por consumidor: total e por tipo de consumo. (3)

Tabela 2.1 - Consumo de energia elétrica por tipo de consumo. (3)

kWh (quilowatt-hora) - Média

Anos	Consumo de energia eléctrica por tipo de consumo (kWh)				
	Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura
1994	5.689,4	1.851,4	8.189,4	85.574,2	3.074,3
2000	6.951,2	2.229,4	11.173,1	98.820,3	4.341,2
2001	7.066,6	2.302,2	11.507,4	99.064,6	4.667,5
2002	7.173,9	2.306,5	15.148,1	102.298,0	4.986,3
2003	7.361,1	2.361,0	15.766,3	111.485,4	5.160,3
2004	7.480,4	2.443,4	14.907,6	118.362,0	5.657,5
2005	7.617,8	2.557,0	15.361,2	126.985,7	5.930,1
2006	7.755,3	2.543,8	16.095,8	143.855,7	5.647,1
2007	7.861,7	2.611,2	15.943,2	146.395,7	6.059,9
2008	7.731,8	2.510,3	15.844,3	153.722,5	6.152,2
2009	7.668,1	2.629,3	16.442,6	166.316,3	6.240,1
2010	7.893,9	2.665,3	16.644,6	189.469,5	6.681,9
2011	7.652,8	2.530,7	16.205,0	180.666,5	6.466,2
2012	7.380,9	2.394,7	15.469,4	189.707,0	8.077,0
2013	7.259,1	2.289,2	14.972,8	249.385,9	8.382,3
2014	7.235,9	2.243,2	12.994,7	321.544,2	9.919,7
2015	7.317,7	2.228,3	13.636,6	330.461,1	12.217,8
2016	± Pro 7.348,1	± Pro 2.342,9	± Pro 18.467,7	± Pro 158.422,4	± Pro 13.050,3
2017	Pro 7.365,0	Pro 2.240,5	Pro 17.230,8	Pro 167.977,3	Pro 27.609,0

2.2 POLÍTICAS ENERGÉTICAS

Em Portugal, a 1 de janeiro de 1991, entra em vigor o primeiro instrumento legal com a finalidade de melhorar a qualidade da construção, designadamente as condições de conforto no interior dos imóveis, sem um gasto excessivo de energia (veja-se a figura 2.4 relativa à evolução do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios). Este instrumento, denominado por Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), veio impor requisitos aos novos edifícios e aos que implicam grandes remodelações no que se refere às necessidades de aquecimento, no Inverno, necessidades de arrefecimento, no Verão, necessidades de energia para a produção de água quente sanitária, necessidades globais de energia de um edifício e por último, propriedades térmicas para a envolvente. (4)

Outro marco a realçar, no âmbito da política energética, foi a 11 de dezembro de 1997, em que o nosso país, juntamente com os restantes Estados-Membros da União Europeia, assinou o Protocolo de Quioto, fixado na 3.ª Conferência das Partes Aderentes à Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas. Neste tratado internacional foi imposto que os países signatários limitassem as emissões de gases efeito de estufa (GEE), sendo consensualmente considerados a principal causa do aquecimento global. No período compreendido entre 2008-2012, Portugal comprometeu-se a limitar o aumento de emissões de GEE em 27%, comparativamente aos valores de 1990, bem como a desenvolver e, implementar um conjunto de políticas e medidas contra as alterações climáticas. Uma das principais fontes de emissão de CO₂, que por sinal é o gás mais representativo dos GEE, deriva da queima de combustíveis fósseis, essenciais na produção da energia elétrica. Para que se possa reduzir as emissões de GEE é fundamental diminuir o consumo de energia. (5)

Seguidamente, a 7 de maio de 1998, foi aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que veio estabelecer exigências de conceção e instalação de sistemas, tendo em vista a sua racionalização energética. (6)

De forma a cumprir as metas estabelecidas no Protocolo de Quioto, foram implementadas medidas de melhoria do desempenho energético dos edifícios, resultando na elaboração da Diretiva 2002/91/CE e na Resolução do Conselho de Ministros n.º 59/2001, a nível Europeu e Nacional, respetivamente. A Diretiva 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002, do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu estabeleceu os requisitos mínimos de desempenho energético, estando cada Estado-Membro responsável de se enquadrar num quadro geral comum. De uma forma sumária, apresentamos os objetivos da diretiva (7):

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de novos edifícios;

- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de edifícios existentes sujeitos a grande intervenção;
- Implementação de um sistema de certificação para o desempenho energético de edifícios;
- Realização de inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios;
- Formação de peritos e inspetores qualificados e independentes.

No âmbito da Resolução do Conselho de Ministros n.º 59/2001, foi prevista a revisão dos regulamentos térmicos e energéticos, designadamente do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e do Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios (RSECE), com a finalidade de melhorar o desempenho energético do parque habitacional e dos edifícios de serviços. Neste seguimento, a 4 de abril de 2006, a Diretiva 2002/91/CE foi transposta em três Decretos-Lei, sendo eles, o Decreto-Lei n.º 78/2006, em que foi estabelecido o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei n.º 79/2006, referente à revisão do RSECE e por último, o Decreto-Lei n.º 80/2006, que corresponde à revisão do RCCTE. Segundo o Decreto-Lei n.º 78/2006, o SCE teve como objetivo assegurar as condições de eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, as condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com RCCTE e o RSECE. O SCE teve, ainda, como finalidades certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios, e identificar medidas corretivas ou de melhoria de desempenho, aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior. (8) (9) (10)

A revisão do RSECE foi necessária face ao crescimento dos consumos de energia, associado ao aumento da procura de sistemas de climatização e a maiores exigências de conforto, por parte dos utilizadores. De acordo com o documento, estabeleceu-se como objetivos a definição de exigências de conforto e higiene consoante as funções dos edifícios, a melhoria da eficiência energética global dos edifícios, a imposição de regras aos sistemas de climatização e a monitorização com regularidade das práticas da manutenção dos sistemas de climatização. Este regulamento aplica-se a todos os edifícios ou frações autónomas não residenciais, existentes com área útil superior a um dado valor limite estabelecido, e a todos os edifícios ou frações autónomas novas, dotados de sistemas de climatização com potência instalada ou projetada superior a 25 kW. Por último, a revisão do RCCTE teve como objetivo controlar os consumos energéticos nos edifícios, através da imposição de regras na fase de projeto, para todos os edifícios de habitação e edifícios de serviços sem sistemas centralizados de climatização. Este regulamento definiu requisitos energéticos, não podendo os edifícios abrangidos exceder os valores máximos, estabelecidos para as necessidades nominais de energia útil para o aquecimento, arrefecimento e produção de água quente sanitária, bem como para as necessidades globais de energia primária, devendo simultaneamente

respeitar um conjunto de características mínimas de referência das propriedades térmicas da sua envolvente. Pretendia-se que as exigências de conforto térmico, e de produção de água quente sanitária fossem satisfeitas sem o dispêndio excessivo de energia e que as situações de patologias relacionadas com as condensações superficiais ou internas e suas consequências, fossem minimizadas. (8) (9) (10)

Acrescente-se que em 2007, a União Europeia alertou para a necessidade de aumentar a eficiência energética, a fim de se conseguir reduzir 20% do consumo de energia até 2020. Foi neste contexto que surgiu o Pacote Clima-Energia 2020, tendo como objetivo a redução em 20% das emissões de gases efeito de estufa em relação aos níveis de 1990, a melhoria da eficiência energética da EU em 20%, e conseguir obter a mesma percentagem de energia da EU, proveniente de fontes renováveis. Deste modo, para se alcançar as metas definidas, foi publicada uma nova Diretiva, n.º 2010/31/EU a 19 de maio de 2010, revogando assim, a anterior. Esta diretiva veio acrescentar ações mais concretas para promover a eficiência energética no sector dos edifícios, aproveitando, deste modo, todo o potencial existente neste setor para a poupança de energia e a correspondente redução de emissão de gases com efeito de estufa. Desta forma, a diretiva impôs que após 31 de dezembro de 2018, os edifícios novos públicos tivessem necessidades quase nulas de energia, ao passo que a 31 de dezembro de 2020, os edifícios novos particulares fossem igualmente, edifícios com necessidades quase nulas de energia. (11)

Note-se que em 2013, a Diretiva n.º 2010/31/EU foi transposta para o direito nacional, por via do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto de 2013, o que veio permitir uma oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições, explicitamente, decorrentes da mesma. Assim, o Decreto-Lei suprarreferido veio assegurar não apenas a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Para além disso, veio atender aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza, na produção legislativa de carácter predominantemente técnico.

Neste seguimento, e centrando-nos na agregação dos três documentos supramencionados, num só diploma, refira-se que tal reorganização permitiu uma separação clara do REH, tratando o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas e, do RECS tendo como pilares o comportamento térmico, a eficiência dos sistemas, a instalação, a condução e a manutenção dos sistemas. Outros aspetos a destacar, que foram conseguidos através do Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto de 2013, são relativos ao mapa evolutivo de requisitos, com horizonte temporal no limite até 2020, atualizando os requisitos de qualidade térmica e introduzindo requisitos de eficiência energética para os sistemas

técnicos dos edifícios. O mesmo incentiva ainda a utilização de fontes de energia renováveis, introduzindo o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia e por último, reconhece a obrigatoriedade do pré-certificado e do certificado SCE em operações urbanísticas. (12)

Em 2016, na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), Portugal assumiu o objetivo de atingir a Neutralidade Carbónica até 2050, tendo desenvolvido e aprovado o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), que estabeleceu a visão, as trajetórias e as linhas de orientação para as políticas e medidas a concretizar nesse horizonte temporal. O Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 constituiu a Estratégia de desenvolvimento, a longo prazo, com baixas emissões de gases com efeito de estufa, submetida à CQNUAC a 20 de setembro de 2019. (13)

Segundo o RNC2050, é na década 2021-2030 que se devem concentrar os maiores esforços no sentido de se reduzir a emissão de GEE, sendo esta redução imprescindível para o alinhamento da economia nacional, com uma trajetória de neutralidade carbónica. Assim, em articulação com os objetivos do RNC2050, foram estabelecidas metas ambiciosas, mas exequíveis, para o horizonte temporal 2030, as quais se encontram vertidas no Plano Nacional Energia e Clima (PNEC), que constitui o principal instrumento de política energética e climática nacional, para a década 2021-2030 rumo a um futuro neutro em carbono (13). De salientar que Portugal tem alcançado resultados notáveis, a nível internacional, quer pela redução de emissão de gases (GEE), quer pela aposta nas fontes de energias renováveis. A comprovar tais resultados, refira-se segundo a “Energia em Números – Edição 2020”, em 2018, Portugal apresentou 24% de emissões totais de GEE abaixo do valor médio registado na EU-28, sendo o 4.º país com menores emissões totais de GEE da UE. No que concerne às fontes de energia renováveis (FER), no consumo final bruto de energia, em 2018, Portugal situou-se nos 30.3%, sendo que a meta para o presente ano é de 31%.

De notar que, o PNEC abrange cinco dimensões, entre as quais, a descarbonização, a eficiência energética, a segurança de abastecimento, o mercado interno da energia, a investigação, a inovação e a competitividade. Para além disso, integra a definição dos contributos nacionais, políticas e medidas planeadas para o cumprimento dos diferentes compromissos globais da União Europeia, incluindo em termos de redução de emissões de gases com efeito de estufa, energias renováveis, eficiência energética e interligações. (13)

No que concerne ao setor residencial, pretende-se reforçar o conforto térmico das habitações tanto na estação de aquecimento, como de arrefecimento, beneficiando das soluções de isolamento, continuando com a eletrificação do setor. Neste, importa realçar a reabilitação urbana como uma oportunidade de incorporação de melhorias na eficiência energética e hídrica, bem como a incorporação de fontes de energia renovável e materiais de baixo carbono, eliminando assim a pobreza energética.

Já no setor dos serviços, deve-se apostar na eficiência energética dos equipamentos, na utilização de fontes de energia renovável e por último, no aumento da eletrificação dos consumos.

Outro marco a assinalar, ao nível da política energética, foi em 2018, quando a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio, relativa ao desempenho energético dos edifícios, veio alterar a Diretiva 2010/31/EU, relativa igualmente ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética. O principal objetivo desta nova diretiva é acelerar a renovação dos edifícios existentes, ou seja, introduzir sistemas de controlo e a automatização dos edifícios como alternativa às inspeções físicas, incentivar a implementação das infraestruturas necessárias para *e-mobility* e, finalmente, introduzir um indicador de inteligência para avaliar a preparação tecnológica do edifício. (14)

Para se obter um sistema energético sustentável, concorrencial e descarbonizado até 2050, os Estados-Membros têm de definir ações específicas e mensuráveis, bem como promover o financiamento acessível a toda a sociedade, por forma a colmatar todas as lacunas existentes no parque imobiliário.

Esta revisão destaca que as medidas de melhoramento do desempenho energético dos edifícios não se devem restringir apenas à envolvente do edifício, mas sim a todos os elementos e sistemas técnicos pertencentes ao mesmo. Os Estados-Membros também deverão apoiar as medidas de desempenho energético dos edifícios existentes, facilitando a transformação rentável dos mesmos, em edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Importa destacar que a presente diretiva evidencia maior transparência nos certificados de desempenho energético, isto é, os sistemas técnicos (instalados, substituídos ou melhorados) que tenham sido considerados no edifício, sejam os contemplados na certificação assim como na verificação da conformidade.

A atualização da diretiva reforçará as ligações entre o financiamento público para a renovação de edifícios e os certificados de desempenho energético, e incentivará a luta contra a pobreza energética através da renovação dos imóveis. (14)

No ano transato, entre os dias 2 e 13 de dezembro, a Presidente da Comissão Europeia, na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP25), realizada em Madrid, referiu que o objetivo da União Europeia é ser “o primeiro continente neutro em termos de clima até 2050”. Para alcançar o objetivo até 2050, a Presidente da Comissão Europeia começou por apresentar o Acordo Verde Europeu. Este tem como estratégia o crescimento da Europa, estando implícito uma redução das emissões de gases de efeito estufa, o investimento em investigação, a inovação em tecnologias verdes, a melhoria na qualidade de vida e a criação de emprego. Segundo a Presidente da Comissão, o Acordo Verde da Europa, vai criar oportunidades em todos os setores, desde a alimentação à agricultura, do transporte à

tributação, da indústria à infraestrutura. De modo a abranger os países mais atrasados, foi necessário a criação de um *Just Transition Fund*, eliminando assim, as desigualdades na transição para o “verde”.

Pouco tempo depois, esta apresentou o Pacto Europeu para o Clima e a primeira proposta de Lei Europeia do Clima. O primeiro tem como estratégia impulsionar a utilização eficiente dos recursos, através da transição para uma economia limpa e circular, restaurar a biodiversidade e reduzir a poluição. Já a Lei Europeia do Clima tem como objetivo a neutralidade climática até 2050, obrigando assim, os Estados-Membros e as instituições da UE a tomar medidas para cumprir o objetivo.

A Lei Europeia do Clima aborda também a via para alcançar o objetivo de 2050 (15):

- Com base numa avaliação de impacto aprofundada, a Comissão vai propor um novo objetivo da UE para 2030 de redução das emissões de gases com efeito de estufa. A Lei Europeia do Clima será alterada uma vez concluída a avaliação de impacto.
- Até junho de 2021, a Comissão analisará e, se necessário, proporá a revisão de todos os instrumentos políticos pertinentes para alcançar uma redução adicional das emissões até 2030.
- A Comissão propõe a adoção de uma trajetória à escala da UE para 2030-2050 com vista a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, medir os progressos e proporcionar previsibilidade às autoridades públicas, às empresas e aos cidadãos.
- Até setembro de 2023 e, posteriormente, de cinco em cinco anos, a Comissão avaliará a coerência das medidas nacionais e das medidas da UE com o objetivo de alcançar a neutralidade climática e com a trajetória para 2030-2050.
- Serão conferidos poderes à Comissão para emitir recomendações aos Estados-Membros cujas ações sejam incompatíveis com o objetivo da neutralidade climática; os Estados-Membros serão obrigados a ter em devida conta essas recomendações ou explicar o motivo pelo qual não o fizeram. A Comissão pode também rever a adequação da trajetória e as medidas a nível da União.
- Os Estados-Membros deverão também desenvolver e aplicar estratégias de adaptação para reforçar a resiliência e reduzir a vulnerabilidade aos efeitos das alterações climáticas.

Para concluir, através do Instituto Nacional de Estatística (INE), é possível ter uma noção do desempenho do país em relação aos Indicadores de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo esta disponibilizada a 15 de julho do ano corrente. Relativamente ao indicador “Energias renováveis e acessíveis”, no ano de 2018 a percentagem de energia renovável no consumo de energia final bruta foi 30.3%, menos 0.3% que em 2017, sendo que neste indicador as metas são 31% para 2020 e 47% para 2030. Em relação à ação climática, no ano de 2018 houve uma redução de 21.3% comparativamente a 2005 e para o ano de 2030 está definida uma redução de 45% em relação a 2005. Em 2018, Portugal atingiu 7.0 GEE per capita, ao passo que a média da UE28 foi de 8.6 GEE per capita. (16)

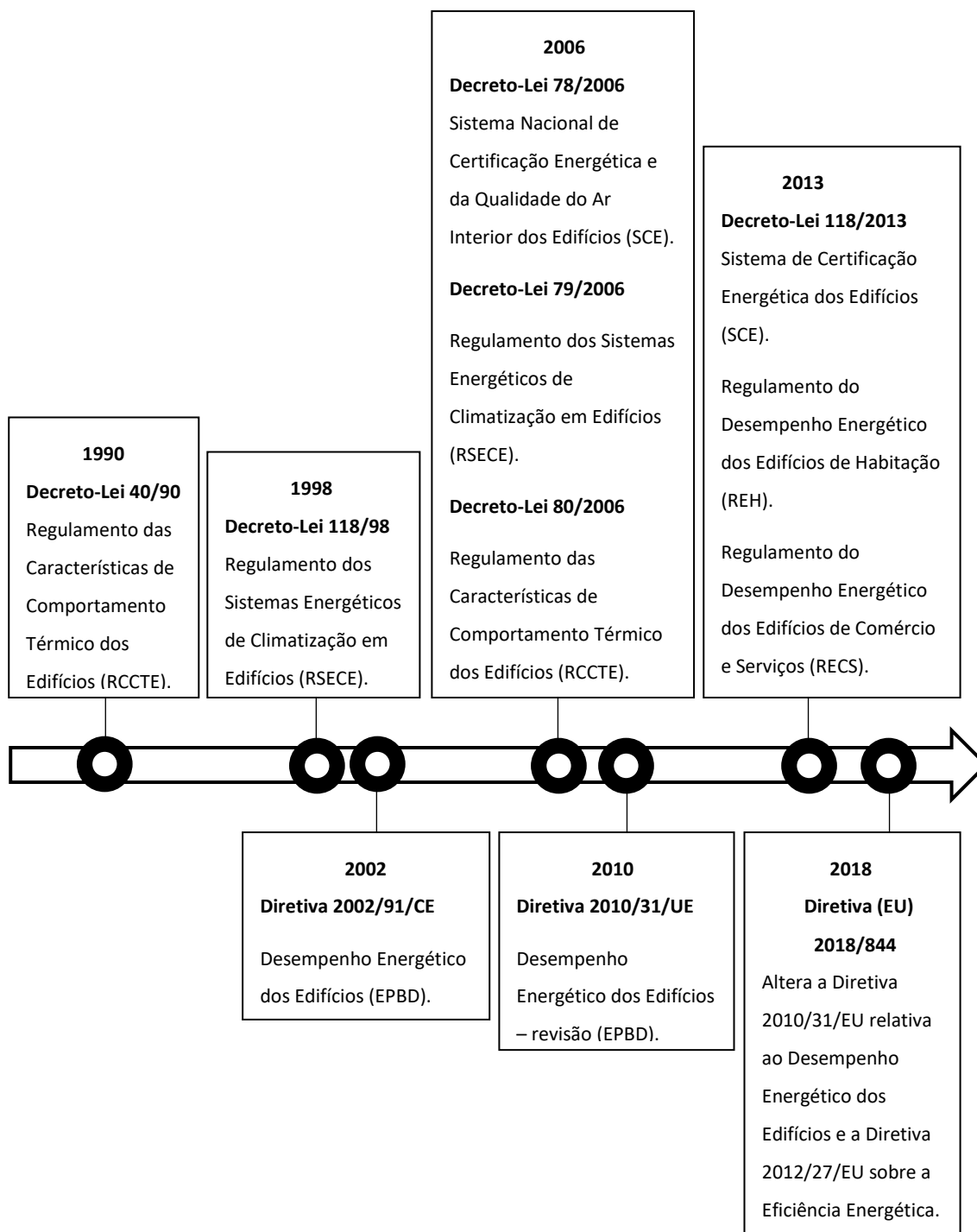


Figura 2.4 – Evolução do SCE (Adaptado). (17)

2.3 REABILITAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Há cerca de seis anos, o setor da construção civil teve de adaptar as suas intervenções às necessidades, ou seja, passar da construção nova para a reabilitação. O que vinha acontecer era uma forte desertificação, degradação do centro histórico e concentração da população nas periferias, e por este

motivo, os serviços estavam a ser transferidos para outras zonas da cidade, prejudicando assim o comércio tradicional. Sendo o comércio essencial para a dinâmica da economia local e para a criação de postos de trabalho, a sua inexistência provoca uma perda da capacidade de atração da população, que não quer viver nestes centros. Para além disso, vinha-se a verificar uma escassez de espaços verdes e equipamentos, que contribuíram para o abandono da população jovem dos centros históricos, provocando a deterioração dos edifícios ocupados. Neste contexto, permaneceu apenas a população idosa que, com poucos recursos financeiros, se vê incapacitada para os recuperar, vivendo muitas vezes em condições vulneráveis. Por outro lado, o código de arrendamento não promovia grandes facilidades na reabilitação urbana, o que vem a ser contraditório, uma vez que “a necessidade de conservar habitando e de habitar conservando é a melhor forma de reabilitar: vivendo, usufruindo, utilizando, porque sem uso as coisas degradam-se mais depressa”. (18)

De acordo com os Censos 2011 (edifícios, segundo a época de construção, por necessidades de reparação), existiam em Portugal 3544389 edifícios, sendo que 1169591 (33%) necessitavam de reparações da cobertura, 1087849 (31%) necessitavam de reparações na estrutura e 1256094 (35%) necessitavam de reparações nas paredes e caixilharias.

Atualmente, ainda existe a ideia de que a reabilitação fica mais cara do que a construção nova, que implica intervenções muito intrusivas e que dificilmente se consegue condições de conforto. Contudo, é necessário alterar esta perceção, dado que não corresponde à realidade.

Deste modo, foi fundamental que o Estado definisse um plano estratégico com as intervenções futuras, as prioridades e respetiva calendarização. Esta estratégia deve ser clara e de continuidade, por forma a sustentar a reabilitação do património edificado, pois só assim se consegue preservar o património cultural e a identidade inerente aos centros históricos. A reabilitação urbana reduz a deterioração da paisagem, fixa a população residente e atrai nova, potencia o comércio tradicional e alicia o turismo, sendo um dos setores mais dinâmicos da imprescindível recuperação económica.

O futuro da construção passará pela conservação e reabilitação urbana, sendo por isso, incontornável a requalificação dos centros históricos. A política de requalificação das cidades destina-se a potenciar os valores socioeconómicos, ambientais e funcionais de determinadas áreas urbanas, sempre com a finalidade de melhorar a qualidade de vida das populações residentes.

Em suma, a reabilitação urbana implica um conhecimento multidisciplinar por parte dos intervenientes, sem o qual não é possível conceber e implementar as melhores soluções. Ao reabilitar o património edificado, estamos a contribuir para a preservação de uma herança cultural, bem como para um futuro mais sustentável, através da otimização da mobilidade e das infraestruturas já existentes. Deve-se salientar que a reabilitação requer uma mão-de-obra especializada, aplicação de materiais,

preferencialmente, nacionais, pois por um lado contribui para a redução dos consumos energéticos, e por outro para possibilidade de se trabalhar em todo o território nacional. (18)

2.3.1 Reabilitação de edifícios

O XXI Governo Constitucional definiu como uma das prioridades a reabilitação urbana, atendendo ao estado de degradação de muitos edifícios, por forma a melhorar as condições de habitabilidade, a revitalização, a competitividade das cidades e a coesão social e territorial.

Em 2014 foi publicado o Regulamento Excecional da Reabilitação Urbana (RERU), documento este que permitia uma flexibilização regulamentar, cuja qualidade e desempenho do serviço era dependente da qualificação dos técnicos envolvidos.

Passar a reabilitação da exceção à regra implica apenas uma regulamentação específica para dar resposta aos problemas da reabilitação, dos edifícios existentes. Deste modo, o Governo criou, pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 170/2017, de 9 de novembro, o projeto «Reabilitar como Regra» (RcR), com o objetivo principal de apresentar uma proposta com vista à «revisão do enquadramento legal e regulamentar da construção, de modo a adequá-lo às exigências e especificidades da reabilitação», conciliando os «[...] atuais padrões de segurança, habitabilidade, conforto e de simplificação do processo de reabilitação, com os princípios da sustentabilidade ambiental e da proteção do património edificado, em sentido lato». (19)

Após a conclusão do projeto e apresentado o relatório final, foi necessária uma revisão do enquadramento legal da construção, dando origem ao Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho. Este aplica-se à reabilitação de edifícios ou frações autónomas, estabelecendo os princípios fundamentais que devem presidir a toda a reabilitação do edificado, que garantam a melhor articulação possível entre o desempenho dos edifícios, face à atuais expectativas de conforto e segurança, e a proteção e valorização do existente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria proporcional e progressiva, para cada uma das áreas técnicas, ficando criadas as condições para que a reabilitação do edificado passe de exceção a regra e se torne na forma de intervenção predominante. (20)

Neste contexto, a reabilitação energética assume um papel muito importante, uma vez que é uma especificidade do grande tema da reabilitação de edifícios e, por outro lado, vai de encontro com as exigências de eficiência energética e de utilização de energias renováveis por parte da União Europeia. A reabilitação energética dos edifícios pode ser caracterizada como uma intervenção levada a cabo num determinado edifício existente, que promove melhoria da qualidade térmica, redução dos consumos de energia para aquecimento, arrefecimento e ventilação, garantindo assim, níveis de conforto térmicos satisfatórios para os ocupantes.

De realçar, que a maioria dos imóveis foram construídos antes da existência de regulamentação térmica dos edifícios ou da revisão desta regulamentação, sendo que nestes casos, se obterá significativas melhorias na eficiência energética destes edifícios.

Como supradito, o parque edificado encontra-se num estado de degradação bastante avançado, estando associado, o insuficiente isolamento térmico e/ou existência de pontes térmicas, vãos envidraçados de baixo desempenho térmico, proteções solares e/ou sombreamentos inadequados, insuficiente ventilação natural ou infiltrações de ar excessivas, degradação de materiais e sistemas e por último, falta de manutenção. Desta forma, as intervenções podem implicar a substituição parcial/total, atualização de todos os elementos, assim como a instalação de tecnologias de energias renováveis, a fim de reduzir os níveis de consumo de energia e as emissões de carbono associadas. Assim, estas medidas vão de encontro com as metas ambientais propostas pela União Europeia para o ano de 2020, sendo elas, 20% de redução dos GEE, 20% de aumento na utilização das energias renováveis e 20% de redução do consumo de energia, ou seja, aumentando a eficiência energética.

Outros aspetos a destacar, são as técnicas de intervenção que devem ser as mais adequadas possível, a fim de responder às exigências de conforto atuais, além de garantir condições de salubridade e desempenho energético adequado. Não menos importante, é o investimento insuficiente no setor da reabilitação de edifícios, sendo necessário um maior incentivo de investimento no que diz respeito às políticas para a promoção da reabilitação energética para convencer o setor privado e dos proprietários de edifícios em geral. Assim, esta necessidade de intervenção, não deve ser vista como uma fase momentânea, mas sim contínua, onde a constante melhoria do desempenho energético dos edifícios existentes contribuirá para a economia de energia e, conseqüente, para a preservação do meio ambiente, a longo prazo.

2.3.2 Incentivos à Reabilitação

Como referido nos capítulos anteriores, era necessário que o Estado definisse uma política de incentivos forte e legislação adequada, por forma a promover obras de reabilitação energética dos edifícios. Por esse facto, foram definidos programas de apoio e financiamento a obras de reabilitação, através de fundos nacionais e europeus. Os municípios criaram também os seus programas de apoio à reabilitação de edifícios, tendo como foco as necessidades da sua população.

O primeiro fundo com foco na reabilitação energética dos imóveis, foi o Fundo da Eficiência Energética (FEE), criado através do Decreto-Lei n.º 50/2010, sendo este um instrumento financeiro capaz de financiar os programas e medidas previstas no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), em todas as suas linhas de atuação (21). Mais tarde, a atividade do FEE foi ao encontro do “Portugal 2020”, tendo como principal objetivo atingir as metas nacionais estabelecidas, reduzindo em 25% do consumo

de energia até 2020. No entanto, o Estado definiu um objetivo mais aliciente que se traduziu numa redução do consumo de energia em 30%, no sentido de melhorar a eficiência energética do país.

De referir que o Fundo tem as seguintes linhas de atuação (21):

- Apoio a projetos de cariz predominantemente tecnológico nas áreas dos transportes, residencial e serviços, indústria e sector público;
- Apoio a ações de cariz transversal indutoras da eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade, incentivos e financiamentos.

O Fundo pode ainda apoiar projetos não previstos no PNAEE, contudo os mesmos têm de comprovar a sua contribuição para a eficiência energética e poderão impulsionar as operações para projetos de maior escala financiados, no âmbito do Portugal 2020.

Em 2014, o programa “Portugal 2020” veio definir princípios de programação que consagram a política de desenvolvimento económico, social e territorial para um horizonte temporal entre 2014 e 2020. Estes princípios de programação estão alinhados com o Crescimento Inteligente, Sustentável e Inclusivo, que integram a estratégia Europa 2020. (22)

As prioridades de intervenção dos Fundos da União Europeia para 2014-2020 organizam-se em quatro domínios temáticos, entre os quais, competitividade e internacionalização, inclusão social e emprego, capital humano e, sustentabilidade e eficiência no uso de recursos.

Ainda no ano de 2014, foi criado o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR) através da Decisão de Execução da Comissão Europeia, surgindo como um dos 16 programas criados para a operacionalização da Estratégia “Portugal 2020”. O PO SEUR pretende contribuir especialmente na prioridade de crescimento sustentável, respondendo aos desafios de transição para uma economia de baixo carbono, assente numa utilização mais eficiente de recursos e na promoção de maior resiliência, face aos riscos climáticos e às catástrofes. De destacar, que este programa ganhou maior abrangência com a integração da dimensão da eficiência energética, das energias renováveis e segurança de abastecimento, enquanto mecanismo privilegiado para o cumprimento das políticas públicas do setor. Assim, o PO SEUR tem por base três pilares estratégicos, designadamente:

- Eixo I - Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os sectores;
- Eixo II - Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos;
- Eixo III - Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos.

Com isto, Portugal procura uma trajetória de crescimento sustentável assente num modelo de desenvolvimento mais competitivo e resiliente, com menor consumo de recursos naturais e energéticos,

e que ao mesmo tempo, gere novas oportunidades de emprego, de criação de riqueza e de reforço do conhecimento. (23)

Em 2015, foi criado o Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas (IFRRU 2020) que reúne num único instrumento diversas fontes de financiamento, quer Fundos Europeus Estruturais e de Investimento do “Portugal 2020”, neste caso o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) e o Fundo de Coesão, quer outras, como o Banco Europeu de Investimento (BEI) e o Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa (CEB), com vista à otimização e maximização dos recursos financeiros destinados a apoiar a reabilitação e revitalização urbanas no território nacional. (24)

O IFRRU 2020 disponibiliza empréstimos em condições mais favoráveis face às existentes no mercado, para a reabilitação integral de edifícios, destinados a habitação ou a outras atividades, incluindo as soluções integradas de eficiência energética mais adequadas no âmbito dessa reabilitação. Este instrumento de política pública tem por objetivo, contribuir para a revitalização dos centros urbanos em todo o território nacional, através da criação de emprego e da promoção da habitação atraindo novos residentes. Deste modo, o IFRRU 2020 pode apoiar as seguintes operações:

Reabilitação integral de edifícios com idade igual ou superior a 30 anos (ou, no caso de idade inferior, que demonstrem um nível de conservação igual ou inferior a 2 nos termos do Decreto-Lei nº 266-B/2012, 31 de dezembro), incluindo edifícios de habitação social;

- a) Reabilitação de espaços e unidades industriais abandonadas que pode incluir a construção e a reabilitação de edifícios e do espaço público;
- b) Reabilitação de edifícios de habitação social com idade igual ou superior a 30 anos (ou, no caso de idade inferior, que demonstrem um nível de conservação igual ou inferior a 2 nos termos do DL nº 266-B/2012, 31 de dezembro), incluindo edifícios de habitação social;
- c) Reabilitação de frações privadas inseridas em edifícios de habitação social que sejam alvo de reabilitação integral;
- d) Reabilitação de espaço público, desde que associada a ações de reabilitação do conjunto edificado de habitação social envolvente, em curso ou concluídas há 5 anos ou menos;
- e) Investimento total por operação: até 20 milhões de euros (dos quais no máximo 10 milhões para eficiência energética);
- f) Os edifícios reabilitados podem destinar-se a qualquer uso, entre os quais, habitação (própria, arrendamento, venda), atividades económicas e equipamentos de utilização coletiva.

Para concluir, pode candidatar-se ao IFRRU 2020 qualquer entidade, singular ou coletiva, pública ou privada, com ou sem fins lucrativos. (24)

No âmbito do Orçamento de Estado de 2017, foi criado o Estatuto dos Benefícios Fiscais – Artigo 44.º-B, através do qual os municípios criaram programas de apoio a aplicar aos prédios urbanos com eficiência energética. Neste seguimento, estabeleceram uma redução até 25% da taxa de imposto municipal sobre imóveis (IMI) a aplicar aos prédios urbanos com eficiência energética. Deste modo, são considerados prédios com eficiência energética todos aqueles que possuam classe energética igual ou superior a A, ou quando ocorre a subida de duas classes energéticas após obras de construção, reconstrução, alteração, ampliação e conservação de edifícios, ou quando o prédio aproveita águas pluviais ou residuais tratadas. Quando se trata de prédios rústicos integrados em áreas classificadas, que proporcionem serviços de ecossistema não apropriáveis pelo mercado e reconhecidos como tal, pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, este estatuto fixa uma redução até 50% do IMI. (25)

No Orçamento de Estado de 2018, de acordo com o Estatuto dos Benefícios Fiscais – Artigo 45.º estão isentos do imposto municipal sobre imóveis (IMI) por um período de três anos, os prédios concluídos há mais de 30 anos ou localizados em área de reabilitação urbana, e quando há subida de dois níveis no estado de conservação alcançando, no mínimo, um nível Bom e são cumpridos os requisitos de eficiência energética e de qualidade térmica. Esta isenção poderá ser renovável por mais cinco anos, em imóveis afetos a arrendamento para habitação permanente ou a habitação própria e permanente. (26)

Ainda em 2018, o Estado Português promoveu o programa “Casa Eficiente 2020”, sendo dinamizado pela Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário (CPCI). Este programa visa conceder empréstimo em condições favoráveis para intervenções que promovam melhorias na eficiência energética, na eficiência hídrica, na gestão de resíduos sólidos urbanos e na utilização de energias renováveis em edifícios de habitação particular. Estas operações podem incidir na envolvente construída do edifício (paredes, coberturas, janelas, etc) e nos seus sistemas (sistemas de iluminação, ventilação, produção de água quente sanitária, redes prediais, dispositivos sanitários, sistemas de rega, entre outros). Com este programa pretende-se alcançar os seguintes resultados (27):

- Melhorar a eficiência energética do parque habitacional;
- Promover a utilização de energias renováveis;
- Melhorar a eficiência hídrica do parque habitacional;
- Otimizar a gestão de resíduos sólidos urbanos;
- Remover materiais prejudiciais à saúde e ao ambiente;
- Aumentar a qualidade do edificado e a sua habitabilidade;
- Estimular comportamentos ambientalmente responsáveis;
- Dinamizar a construção civil;

- Promover toda a fileira da construção;
- Criar emprego.

Recentemente, foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 41/2020, de 6 de junho o Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis, contemplado no Programa de Estabilização Económica e Social (PEES). Este programa é para ser aplicado no decorrer de 2020 e durante 2021, e tem como objetivos o financiamento de medidas que promovam a reabilitação, a descarbonização, a eficiência energética, a eficiência hídrica e a economia circular em edifícios, contribuindo para a melhoria do desempenho energético e ambiental dos edifícios. O programa de incentivos é dirigido a pessoas singulares proprietárias de frações ou edifícios de habitação, construídos até ao final de 2006, em todo o território nacional. (28)

Todavia, é importante abordar outros incentivos, estando estes direcionados para a reabilitação urbana, ou seja, referem-se ao “processo de transformação do solo urbanizado, compreendendo a execução de obras de construção, reconstrução, alteração, ampliação, demolição e conservação de edifícios, tal como definidas no regime jurídico da urbanização e da edificação, com o objetivo de melhorar as suas condições de uso, conservando o seu carácter fundamental, bem como o conjunto de operações urbanísticas e de loteamento e obras de urbanização que visem a recuperação de zonas históricas e de áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística”. Neste sentido, evidenciamos o Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana (IHRU) sendo um instrumento de política e de intervenção financeira do Governo nas áreas da gestão patrimonial, da habitação, do arrendamento e da reabilitação urbana, tendo como missão a articulação com a política das cidades e com outras políticas sociais, salvaguardando a valorização patrimonial, assegurando a memória do edificado urbano e a sua evolução. O IHRU criou linhas de financiamento para dar respostas às carências habitacionais existentes, e também para dar início ao processo de otimização do funcionamento e concentração dos recursos humanos, financeiros e materiais nas áreas de atuação do IHRU. (29)

O Prémio Nuno Teotónio Pereira, anteriormente Prémio IHRU, consiste na atribuição de distinções de prestígio a empreendimentos de habitação de interesse social e a obras de reabilitação no meio urbano, tratando-se da mais antiga distinção atribuída na área da construção e reabilitação.

Este prémio tem como objetivos:

- a) valorizar e promover a divulgação do trabalho desenvolvido por projetistas, construtores e promotores, tanto públicos como privados, ao nível da reabilitação urbana;
- b) promover a disseminação de boas práticas;
- c) contribuir, através do conhecimento de experiências inovadoras, para a contínua adaptação a novas situações;

d) assegurar, através da divulgação das melhores intervenções, também na perspectiva técnico-económica, o interesse dos cidadãos em geral pela preservação e revitalização do património habitacional e das áreas urbanas;

e) contribuir para a divulgação de melhorias sociais no acesso à habitação. (30)

Em 2004, surge a figura das Sociedades de Reabilitação Urbana (SRU), entidades criadas pelos municípios com o objetivo de promover a reabilitação urbana nas suas áreas de intervenção. As SRU desenvolvem atividade por forma a responder às atuais exigências políticas de descentralização administrativa e de reabilitação urbana da cidade, como meio de maximizar a captação de investimento e a mobilização dos privados. (31)

Em 2012, o IHRU estabeleceu condições de empréstimos através do programa “Reabilitar para Arrendar – Habitação Acessível”, contando com o apoio financeiro do Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa e do Banco Europeu de Investimento. Este programa tem como objetivo o financiamento de operações de reabilitação de edifícios com idade igual ou superior a 30 anos; preferencialmente localizados em áreas de reabilitação urbana; destinados a arrendamento habitacional com rendas condicionadas; que estejam livres de ónus e encargos; cujas operações de reabilitação sejam viáveis e sustentáveis e estejam incluídas todas as despesas com projetos, sondagens e outros estudos ou trabalhos preparatórios. (29)

Por último, a Fundiestamo, Sociedade Gestora de Fundos de Investimento Imobiliário, S.A., em 2016, criou o Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado (FNRE), tratando-se de um fundo especial de investimento imobiliário, fechado e de subscrição particular. Este tem como objetivos a promoção da reabilitação de edifícios, do arrendamento habitacional (residências para os estudantes do Ensino Superior a rendas acessíveis) e da regeneração urbana, contrariando o despovoamento dos centros urbanos, apoiando o comércio local, em particular o tradicional, apoiando a retoma do setor da construção e na criação de emprego no setor. (32)

2.4 REABILITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Durante muitos anos, no setor da construção, o aspeto mais importante era o fator económico. Neste sentido, a construção tradicional baseava-se em três fatores de competitividade, sendo eles, a qualidade, o custo e o tempo. Mais tarde, os problemas ambientais começaram a sentir-se mais fortemente na sociedade e por isso, o impacto ambiental da construção ganhou uma importância acrescida, passando a construir o tema-chave para todos os profissionais do setor. Esta visão deu origem a um novo paradigma que se traduziu na construção sustentável, que tem por base o consumo dos recursos, a qualidade, as emissões, a saúde, o tempo, a biodiversidade e por último, o custo. Recentemente, para além dos fatores

anteriormente mencionados (económico e ambiental), também é considerado o fator social, associado ao conforto dos utilizadores. Deste modo, o paradigma mais evoluído, contempla a qualidade de vida e qualidade do ambiente construído, emissões e saúde, equidade social e herança cultural, biodiversidade, desenvolvimento economicamente sustentável, consumo de recursos, qualidade, tempo e custo.

A intervenção (projeto e obra) deve garantir a sustentabilidade ambiental, económica e social numa perspetiva do ciclo de vida (obra, exploração e desconstrução). Relativamente à sustentabilidade ambiental, deve-se avaliar e certificar, existindo sistemas de apoio e/ou reconhecimento do desempenho ambiental e funcional de edifícios e de empreendimentos de construção (por exemplo: LiderA, NABERS, LEED, BREEAM, CEEQUAL). Quanto ao fator económico, deve-se optar pela solução mais económica, avaliada segundo uma análise do ciclo de vida, minimizando os custos de aquisição e manutenção. A reabilitação deve resultar num custo global inferior ao da construção nova. Por último, deve-se preservar o património construído, promover a regeneração dos centros urbanos e tornar o arrendamento mais acessível para habitação permanente.

É cada vez mais evidente a necessidade de caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável, nomeadamente a nível económico, ambiental, social e cultural, e deste modo equacionar a importância de reabilitar. Segundo dados estatísticos *Euroconstruct* (figura 2.5), a mudança de tendências, isto é, da construção nova de edifícios para a reabilitação de edifícios, ocorreu a partir do ano 2000, sendo que foi nesse mesmo ano que se verificou um aumento da reabilitação. Em 2008 e em Portugal, ainda só se verificou cerca de 30% de reabilitação de edifícios face aos 50% da média dos países do *Euroconstruct*. Conforme se pode verificar na imagem a seguir apresentada, foi a partir de 2016 que atingimos e ultrapassamos a média dos países do *Euroconstruct*, atingindo em 2018 quase 60%, face aos mesmos 50%.

(33)

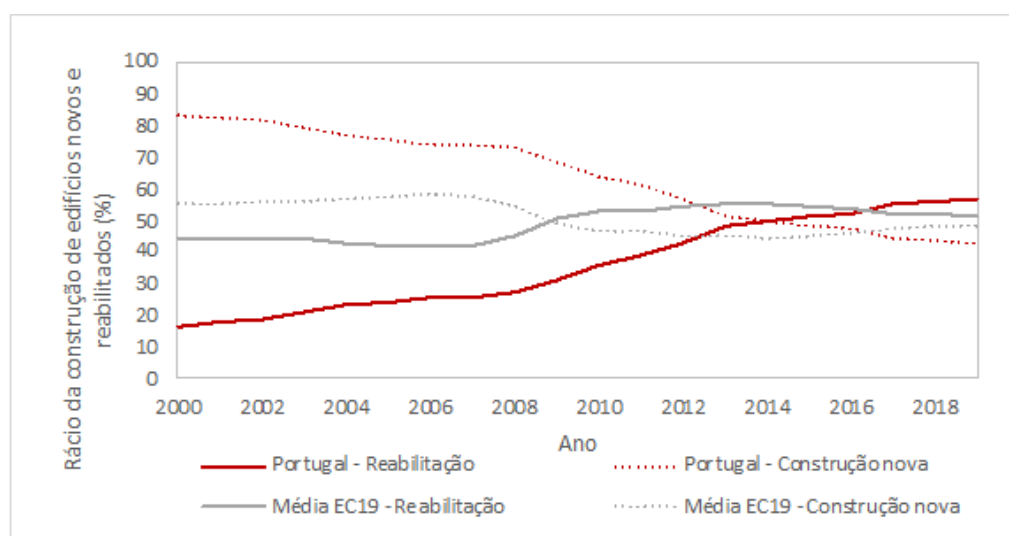


Figura 2.5 – Valor da construção nova e reabilitada em relação à produção bruta do setor da construção de edifícios (%). Comparação entre Portugal e a média dos 18 países do *Euroconstruct*. (33)

A reabilitação aumenta a vida útil dos edifícios com reutilização dos recursos ambientais já investidos, contribui para a redução de emissões de gases com efeito estufa, minimiza os resíduos da construção e conserva a natureza e a biodiversidade.

As intervenções de reabilitação ecoeficientes, minimizam, simultaneamente, os custos e os impactos ambientais nas fases de obra e de exploração do edifício.

A construção sustentável é uma mais valia, num mercado da construção mais competitivo e em constante evolução. Pelo facto de se tratar de uma temática bastante recente em Portugal, há necessidade de uma formação especializada, na reabilitação das construções, considerando-se que o aprofundamento da interdisciplinaridade é essencial nesta área técnica e científica. Este conhecimento é fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável, conservação e uma melhor utilização dos recursos naturais, redução e prevenção da poluição ambiental.

2.5 MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO TERMO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS

A temática da eficiência energética ganhou maiores dimensões com o Plano de Ação para a Eficiência Energética em 2007 e com a Diretiva 2012/27/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012. Entre outros documentos, em especial, estes documentos estratégicos, tiveram como principal objetivo a redução dos consumos de energia, a fim de se alcançar as metas europeias definidas, conforme referido no subcapítulo “Políticas Energéticas”.

Deste modo, a EU implementou um conjunto de medidas globais por forma a incluir todos os setores relacionados com a produção, distribuição e consumo de energia. Desde logo, tornou-se num desafio global, uma vez que a racionalização de utilização de energia diverge de sociedade para sociedade e de economia para economia. Assim sendo, cada país teve necessidade de implementar as suas próprias medidas face às metas definidas, sendo que as realidades dos diferentes países são distintas.

No entanto, na década de 1980, a Suécia e a Dinamarca, já exigia que os edifícios novos fossem de baixa energia, surgindo assim em maio de 1988, a “Casa Passiva” professor Wolfgang Feist juntamente com o professor *Bo Adamson*. Deste estudo resultou a primeira casa no ano 1990, situada em Darmstadt, na Alemanha. A *Passive House* é um conceito construtivo que define um padrão que é energeticamente eficiente, confortável, economicamente acessível e sustentável. Esta abordagem pode reduzir as necessidades energéticas de um edifício em um vinte avos relativamente aos edifícios de construção tradicional. Deste modo, a *Passive House* tem por base os seguintes princípios (34):

- Adequados níveis de isolamento da envolvente opaca do edifício;
- Janelas e portas adequadas à *Passive House*;

- Sistema de ventilação com recuperação de calor;
- Garantir a estanquidade ao ar da envolvente do edifício;
- Evitar pontes térmicas na envolvente do edifício.

Os padrões da *Passive House* podem ser aplicados ao setor residencial, assim como em edifícios comerciais, industriais e públicos. Como referido anteriormente, este conceito surgiu no centro da Europa, mas já está presente em todo mundo. Em Portugal, a *Passive House* já é uma realidade e neste contexto, foi criada a Associação *Passivhaus* Portugal em novembro de 2012 tendo os seguintes objetivos: promover e desenvolver o conceito *Passive House* em Portugal, contribuir para a independência energética e a sustentabilidade de Portugal. A *Passive House* apresenta-se como uma solução eficaz para os edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB) em Portugal, obrigatórios a partir de 1 de janeiro de 2019 para edifícios públicos e a partir de 1 de janeiro de 2021 para os edifícios particulares. (34)

Em 2007, a *World Business Council for Sustainable Development* (WBSD) criou o projeto “Eficiência Energética em Edifícios (EEE)”, tratando-se de uma organização que conta com 200 empresas globais comprometidas pelo desenvolvimento sustentável. Este projeto tem como objetivo identificar abordagens, fatores de mercado e iniciativas políticas para tornar os edifícios novos e existentes com consumo zero de energia. A eficiência energética dos edifícios depende do clima, geografia, localização e tipo de construção. Deste modo, os padrões de qualidade variam de acordo com o país, a cultura e o mercado. A adoção de medidas é essencial para o progresso das alterações climáticas e à utilização de energia. Existem exemplos de que isto pode ser realizado, por exemplo, o condomínio sueco Bo01. Estes edifícios foram bem isolados com janelas de baixa energia e equipamento elétrico de alta eficiência. As medidas minimizaram as necessidades de aquecimento e o consumo de eletricidade. O fornecimento de energia é 100% renovável e também foi implementado um sistema de gestão de resíduos criado para utilização do lixo e esgotos como fonte de energia. Outro exemplo é *Teri Retreat* (Ásia) que recorre a energias renováveis, faz gestão de resíduos, utiliza tecnologias limpas e utiliza eficientemente os recursos naturais. Deste modo, o edifício é independente da rede de sistema de eletricidade da cidade, é concebido com conceitos passivos (orientação solar, sombreamento, isolamento e paisagem) e faz tratamento de espaços e iluminação. A Casa do Conselho 2, é um edifício de escritórios, situado na Austrália. Este edifício foi concebido para utilizar o ciclo natural de energia solar, luz natural, ar e água da chuva para energia, calor, areefecimento e abastecimento de água para o edifício. (35)

Para concluir, o projeto EEE tem por base três abordagens para a eficiência energética, sendo elas, os edifícios produzirem um excesso de energia (a partir de fontes renováveis), isto é, energia necessária para o seu consumo e a restante para alimentar uma rede inteligente de infra-estruturas; os edifícios serem

portadores dos equipamentos mais eficientes e por último, não esquecendo a qualidade do ar, requisitos ocupacionais e a energia incorporada dos materiais utilizados. (35)

Em Portugal, como referido no subcapítulo consumo energético, o setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 32% do consumo energético final, sendo 17.4% em edifícios residenciais e 14.1% em edifícios de serviços. Este consumo, deve-se em parte, ao uso de equipamentos de climatização, eletrodomésticos, iluminação, automóveis, entre outros, por forma a satisfazer o aumento das exigências do conforto térmico, salubridade e saúde dos utilizadores. Deste modo, é um dos componentes dos edifícios com maior peso no consumo de energia e por isso, é necessário adotar os edifícios de soluções construtivas e sistemas técnicos mais eficientes. Segundo vários estudos, 50% deste consumo pode ser reduzido com a adoção de medidas de melhoria de eficiência energética.

Nesse sentido, as medidas de melhoria identificadas no certificado energético, podem ser interpretadas como uma ferramenta de reabilitação, servindo para o proprietário, melhorar o seu imóvel, se assim o entender. De acordo com o Despacho nº 7113/2015, de 29 de junho, as mesmas devem seguir uma hierarquia, sendo que numa primeira fase deve ser avaliada a intervenção ao nível da envolvente, a fim de reduzir as patologias e posteriormente reduzir as necessidades. Após a apresentação de medidas de melhoria que permitem a redução das necessidades de energia pela melhoria da envolvente, deve ser avaliada a intervenção no que diz respeito aos sistemas técnicos, ou seja, melhorar a eficiência dos equipamentos e por último, implementar sistemas com recurso a fontes de energia renováveis. Na identificação das medidas de melhoria deverá ter-se em conta a viabilidade técnica e legal de cada medida, tendo sempre de cumprir os requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios à data da implementação. Contudo, a identificação das medidas de melhoria não deve ter em conta a sua viabilidade económica, isto é, caso seja identificada uma medida que contribua para o aumento do conforto térmico, ou melhoria da qualidade do ar, mesmo que o período de retorno do investimento seja elevado, esta deve ser identificada no certificado energético (CE), cabendo ao proprietário a decisão de a implementar ou não. As medidas de melhoria propostas pelo Perito Qualificado (PQ) têm que, obrigatoriamente, cumprir os requisitos aplicáveis, exceto em casos de imóveis classificados ou inseridos em zonas classificadas ou então, em casos de situações de impossibilidade técnica ou funcional.

É importante perceber de que forma a reabilitação de edifícios está a contribuir para a sustentabilidade ambiental, mais concretamente, com a integração de medidas de melhoria dos edifícios, por forma a conseguir uma redução da fatura energética dos consumos, redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), melhoria das condições de conforto térmico, melhoria das condições de condicionamento acústico, prevenção ou redução das patologias, melhoria da qualidade do ar interior, melhoria das condições de segurança, facilidade de implementação, promoção de energia proveniente de fontes renováveis ou melhoria da qualidade visual e prestígio. As medidas de melhoria são necessárias para se conseguir uma

relação mais consistente entre a reabilitação urbana e a eficiência energética e também para se conseguir na melhoria da saúde, bem-estar e conforto das populações.

Por último, é indispensável a mudança de comportamentos por parte dos utilizadores, proprietários e investidores e, uma melhor consciência cívica que permita entender melhor as oportunidades da eficiência energética no edificado.

Analisando, a Área Metropolitana do Porto, são vários os projetos cujo objetivo é promover o desenvolvimento sustentável através da melhoria da eficiência energética, sendo que os mesmos estão a cargo da Agência de Energia do Porto (AdEPorto). A AdEPorto antes de estabelecer ações de eficiência energética nas instalações, considerou obrigatória a caracterização das mesmas, assim como a criação de uma plataforma online, acessível a cada Município, de monitorização permanente da utilização da energia para que fosse possível acompanhar regularmente a evolução em cada instalação, isto é, com capacidade de supervisão em tempo real, a custos reduzidos e controlados.

O projeto “Porto Solar” tem como objetivo principal a implementação, nos edifícios dos Municípios e dos Associados, de soluções de produção de energia elétrica de fonte solar fotovoltaica e de soluções de armazenamento da energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos, o que permite a produção descentralizada de energia. Este projeto permite uma redução anual de utilização de energia elétrica da rede de cerca de 6GWh, evitando assim, a emissão de cerca de 2000 toneladas de CO₂, com potencial de efeito de estufa. Assim, os edifícios apresentam um elevado desempenho energético, conseguindo necessidades de energia quase nulas ou muito reduzidas com fontes renováveis. Por fim, o Porto Solar contribui para o requisito aplicável aos novos edifícios públicos municipais a partir de 2018.

O projeto Habitação A+ tem como objetivo a realização de ações que possam contribuir para apoiar e sensibilizar os cidadãos para uma mudança de atitude em relação à utilização da energia nas suas habitações que se reflita nos gestos do quotidiano reduzindo o seu impacto.

Por último, a Economia Circular é um modelo económico com o intuito de reduzir a utilização de recursos primários, incluindo a vertente energética no sentido da conservação e eficiência energética e utilização de fontes renováveis de energia com vista à sustentabilidade do recurso. (36)

Comparando as duas realidades, Europa e Portugal, é possível constatar que de uma forma geral, a Europa esteve sempre mais à frente em relação a Portugal, no que diz respeito à eficiência energética nos edifícios.

Em 1990, surgiu a primeira *Passive House* na Alemanha, como referido anteriormente. Enquanto, que até esta data, Portugal não tinha regulamentação que regulamentasse as condições térmicas dos edifícios, o que contribuiu para um parque edificado com condições deficientes de qualidade térmica. Estima-se que cerca de 3.8 milhões de fogos tenham sido construídos até à entrada em vigor do RCCTE publicado em

1990. Isto vem comprovar a posição avançada da Europa relativamente a Portugal em relação à eficiência energética. Outro exemplo, foi em 2001, a construção do condomínio sueco Bo01, sendo este, concebido por forma a produzir energia 100% renovável, ou seja, edifício com consumo zero de energia. Ao passo que a legislação nacional que aborda os edifícios com necessidades quase nulas de energia, é o Decreto-Lei n.º 118/2013. Facto este, que vem comprovar uma vez mais, o avanço da Europa comparativamente a Portugal, no que diz respeito aos edifícios com necessidades quase nulas de energia. Portugal só exige que os edifícios devem ter necessidades quase nulas de energia, os edifícios novos licenciados após 31 de dezembro de 2020, ou após 31 de dezembro de 2018 no caso de edifícios novos de uma entidade pública. Atualmente, Portugal apresenta ainda um parque edificado com enorme potencial para aumento da eficiência energética e melhoria do conforto dos seus utilizadores.

A análise comparada permite perceber que há diversos aspetos a ter em conta na implementação de medidas de eficiência energética, entre as quais: as condições socioculturais e económico-financeiras; as mesmas devem ser adaptadas à realidade de cada local; as medidas implementadas devem ser em conformidade com os planos de ordenamento do território a nível nacional, regional e local; os municípios devem pensar na eficiência energética atribuindo-lhe recursos e mecanismos de financiamento.

O futuro dos edifícios passará pelos edifícios com um balanço energético quase nulo (nZEB), isto é, edifícios com um desempenho energético muito elevado e que as suas necessidades de energia sejam cobertas com fontes de energia renovável. Num futuro mais longínquo, prevê-se que os edifícios venham a produzir energia a mais e a energia produzida em excesso sirva para carregar as viaturas elétricas ou seja devolvida à rede de distribuição elétrica. Assim, os imóveis deixarão de estar dependentes da rede elétrica para o seu consumo.

O parque edificado deve progressivamente ser composto por edifícios com necessidades quase nulas de energia e neste sentido, o presente trabalho serviu para perceber até que ponto a ferramenta de cálculo utilizada está elaborada por forma a atingir este objetivo e assim tirar ilações que possam contribuir para melhorias da mesma.

Em suma, cada vez mais consumimos energia e tendo em conta que a indústria da construção e o uso de edifícios têm grande impacto no consumo desta, é urgente intervir por forma a cumprir os compromissos 2020, a nível internacional. Uma vez que o presente estudo se concentra nos edifícios de serviços, sendo os mesmos responsáveis por 14.1% do consumo energético final, segundo o Balanço Energético 2019, a eficiência energética e o uso de fontes renováveis têm potencial para mudar este cenário. Neste sentido, a reabilitação energética de edifícios toma um papel preponderante, face ao estado de degradação do edificado, ou seja, à elevada quantidade de edifícios com necessidades de reparação que o nosso país apresenta.

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo e a verificação do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), tratando-se de uma reabilitação, sendo posteriormente, convertido num edifício de escritórios. Desta forma, o Pré-Certificado Energético (PCE) certifica a verificação regulamentar dos requisitos aplicados a edifícios, fazendo este, parte integrante dos elementos a apresentar para obtenção da licença de construção. Neste sentido, irão ser caracterizadas as opções tomadas ao longo da fase de projeto e serão analisados os elementos definidos na Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro.

O edifício será alvo de reabilitação e ampliação de forma a funcionar como sede de uma empresa, localiza-se na Avenida 31 de Janeiro, nº 307, freguesia de S. Victor, concelho de Braga, representado com um marcador amarelo, na figura 3.1. Encontra-se na zona climática I2 V2, a uma altitude de 179m e a uma distância de cerca de 36km da costa marítima, conforme ilustrado na figura 3.2.



Figura 3.1 – Localização do edifício (Fonte: *Google Earth*).

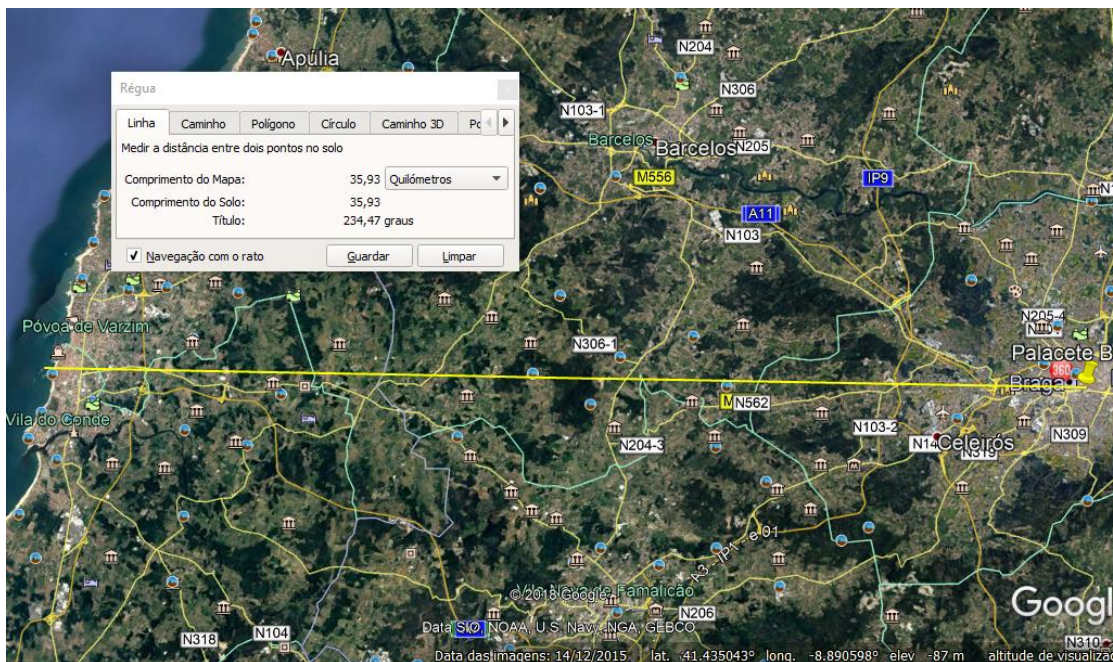


Figura 3.2 – Distância à costa (Fonte: *Google Earth* – 36 km).

O edifício em estudo está dividido em dois corpos, Principal e Anexo, sendo objeto de estudo só o edifício Principal. O edifício é composto por rés do chão, primeiro e segundo piso. O rés do chão é constituído por salas de trabalho, salas de reuniões, instalações sanitárias, copa e arrumos. O primeiro piso é constituído pela receção, sala de espera, salas de administração, salas de reuniões, instalações sanitárias, salas de trabalho e copa e, o segundo piso é constituído por sala de trabalho e instalações sanitárias. O edifício apresenta uma área útil total de 461.2 m², com um pé-direito médio de 2.94m. A entrada principal da fração autónoma situa-se na fachada nordeste do edifício. A ampliação refere-se ao corpo designado como Anexo, sendo este dedicado essencialmente a sala multiusos e garagem.

No âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto) nomeadamente, o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), o edifício em questão enquadra-se nos requisitos energéticos dos Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços (PES), uma vez que apresenta uma área útil de pavimento, descontando os espaços complementares, inferior a 1000 m², neste caso, apresenta uma área útil de 461.2 m². Este tipo de edifício é diferenciado em duas categorias: Pequeno Edifício de Serviços com Sistema de Climatização (PESc) e Pequeno Edifício de Serviços sem Sistema de Climatização (PESs). Os PESc têm sistema de climatização instalados com potência térmica nominal superior a 25 KW ($P > 25KW$), neste caso o edifício tem potência térmica de 60.3KW para aquecimento e 52.5KW para arrefecimento. Os PESs não têm sistema de climatização instalado ou quando têm, a potência térmica nominal é igual ou inferior a 25 KW ($P < 25KW$). Nos termos do RECS, o edifício será alvo de uma grande intervenção, porque no que se refere à envolvente irá ser aplicado o sistema *External Thermal Insulation Composite System* (ETICS), aplicação de novos vãos

envidraçados e opacos exteriores, novas coberturas exteriores e colocação de isolamento térmico nos pavimentos térreos e enterrados. Relativamente ao sistema técnico, irá ser instalado um novo sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC). Deste modo, o custo da obra relacionada com a envolvente e com os sistemas técnicos ultrapassa os 25% do valor da totalidade do edifício. O edifício também irá ser ampliado, sendo este corpo designado por Anexo e não será alvo de estudo como já referido. Desta forma, o custo da parte ampliada excede 25% do valor do edifício existente.

Os elementos da envolvente do edifício, exteriores e interiores, foram concebidos de acordo com o projeto de arquitetura.

Em suma, é necessário verificar um conjunto de requisitos de construção, eficiência e desempenho energético, assim como questões relacionadas com a garantia da qualidade do ar interior.

Condições ambiente exteriores

De acordo com Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, particularmente o Despacho n.º 15793-F/2013 referente aos parâmetros para o zonamento climático, os elementos de caracterização climática de Braga, são os apresentados nas figuras 3.3 e 3.4.

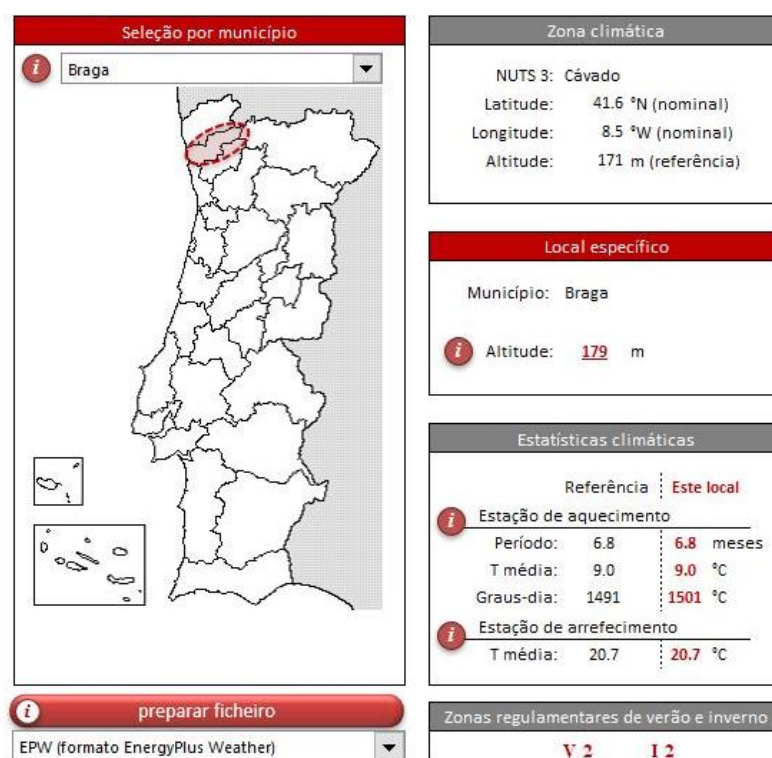


Figura 3.3 – Tabela de Referência para a obtenção das Temperaturas Exteriores ao longo de um ano na localidade de Braga (Fonte: SCE.Clima_V1.0).

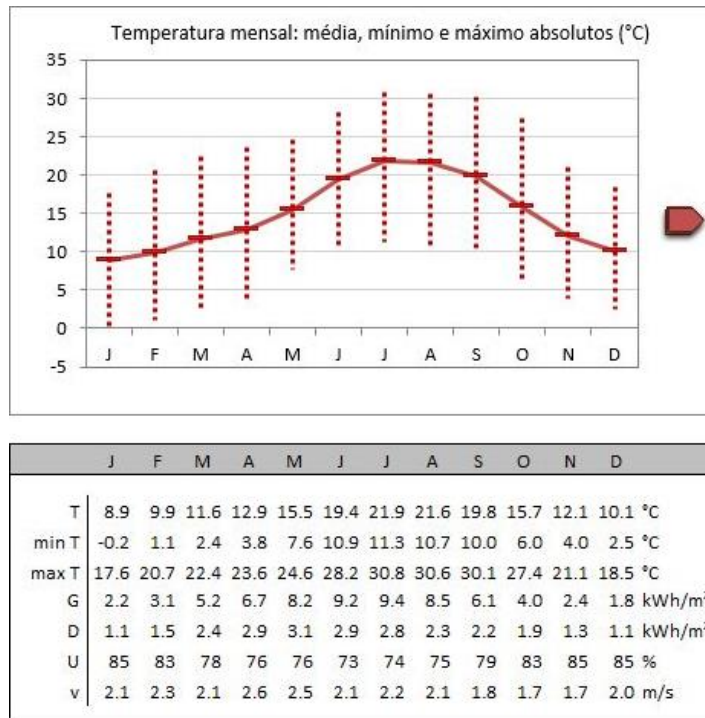


Figura 3.4 – Tabela de Referência para a obtenção das Temperaturas Exteriores ao longo de um ano na localidade de Braga (Fonte: SCE.Clima_V1.0).

Condições ambiente interiores

Para o cálculo das necessidades energéticas, a regulamentação adota valores de referência, a temperatura de conforto definida para a estação de aquecimento toma o valor de 20°C enquanto para a estação de arrefecimento esse valor é 25°C. A temperatura do ar no interior dos edifícios deverá corresponder às das condições de conforto térmico exigidos pelos ocupantes, ou seja, a temperatura interior de conforto. Esta deve apresentar um valor que permita aos ocupantes realizar as suas atividades com condições de conforto.

Relativamente à humidade do ar interior, não foi previsto um controlo efetivo, mas apenas tratamento suficiente para garantir valores de humidade relativa do ar dentro de valores aceitáveis de conforto térmico. Deste modo, a humidade relativa estará compreendida entre 45% a 60%.

Envolvente opaca

Os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente do edifício, exteriores e interiores, são calculados com base nos materiais construtivos e os respetivos valores de condutibilidade térmica.

A tabela 3.1 apresenta as várias soluções construtivas, presentes no edifício, cumprindo os requisitos regulamentares, estabelecidos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. De salientar que os valores máximos regulamentares são sempre em função da zona climática.

No Anexo I encontra-se uma descrição mais detalhada destas soluções construtivas.

Tabela 3.1 - Tipos de soluções construtivas.

Elemento	Tipo de elemento	U - Solução [W/m ² .°C]	U - Máximo [W/m ² .°C]	Verificação
PE1	Parede exterior nova	0.54	0.60	Regulamentar
PE2	Parede exterior existente	0.59	0.60	Regulamentar
PE3	Parede exterior nova	0.35	0.60	Regulamentar
CBE1	Cobertura horizontal nova	0.29	0.45	Regulamentar
CBE2	Cobertura inclinada nova	0.30	0.45	Regulamentar
PI1	Parede interior existente	0.56	0.60	Regulamentar
PI1.1	Parede interior nova	0.49	0.60	Regulamentar
PAVI1	Pavimento interior	0.31	0.45	Regulamentar
PCS1	Parede enterrada	1.50	1.50	Regulamentar
PAVCS1	Pavimento térreo	0.60	0.60	Regulamentar

Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados do edifício são de três tipos:

- Vãos envidraçados constituídos por caixilharias de madeira e vidro duplo, com quadrícula e sem proteção solar;
- Vãos envidraçados constituídos por caixilharias de madeira e vidro duplo, sem quadrícula e sem proteção solar;
- Vãos envidraçados horizontais constituídos por caixilharias de madeira e vidro duplo, sem quadrícula e sem proteção solar.

Relativamente ao fator solar máximo admissível, nenhum vão envidraçado da envolvente do edifício, desde que não orientado no quadrante Norte inclusive, pode apresentar um fator solar global com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados (g_T), que exceda o valor de 0.56.

No anexo I encontra-se uma descrição mais detalhada dos envidraçados.

Coefficientes de transmissão térmica linear – ψ

As pontes térmicas lineares (PTL) foram contabilizadas de forma simplificada através da majoração em 5% das necessidades de aquecimento.

Inércia Térmica

A inércia térmica interior, M_{si} , de uma fração autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção. A massa superficial útil de cada elemento de construção interveniente na inércia térmica é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente, do posicionamento e das características das soluções de isolamento térmico e de revestimento superficial.

O edifício apresenta uma inércia térmica média, $150 \text{ kg/m}^2 < I_t < 400 \text{ kg/m}^2$. O cálculo respeitante à determinação da inércia térmica do edifício encontra-se no Anexo II.

Iluminação

Descrição da Iluminação

Para o edifício em estudo não foi realizado nenhum estudo luminotécnico, só estão indicados apenas os pontos de luz. Assim, para a simulação energética foram aplicados os valores por defeito, os quais devem ser cumpridos aquando da realização do projeto luminotécnico ou da aplicação do sistema de iluminação.

Os sistemas de iluminação deverão cumprir os requisitos gerais e específicos para os parâmetros de iluminação de acordo com as normas Europeias EN12464-1 e EN15193, bem como os requisitos para a iluminância, densidade de potência e requisitos de controlo.

Iluminância

Segundo o regulamento em vigor, os valores máximos admissíveis de iluminância não poderão exceder em mais de 30% dos valores presentes no ponto 5.3 “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” da EN 12464-1.

Densidades de Iluminação

O edifício terá uma potência de referência de, aproximadamente, 4.7kW em iluminação, repartida pelos vários espaços. Os espaços e respetivas potências de iluminação encontram-se descritos no Anexo III.

Na simulação energética as densidades de iluminação estão em coerência com os limites máximos regulamentares que serão objeto de estudo no projeto de decoração.

Como disposto na Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro, para diferentes tipos de espaços interiores existem valores de iluminação que têm de ser verificados, tal como apresentado no Anexo III.

Controlo, regulação e monitorização

Como se trata de um pequeno edifício de comércio e serviços (PES), o mesmo só necessita de deteção de presença, com temporização ajustável, para evitar a desativação da iluminação na ausência de movimento nesse período.

Sistemas de tratamento ambiente

Soluções adotadas

No projeto das instalações e equipamentos mecânicos, estão previstos os seguintes sistemas:

- Sistema de climatização centralizado para o edifício principal, assentes em equipamentos de expansão direta do tipo VRF, constituídos por uma unidade exterior, instalada numa área técnica fortemente ventilada, associada a unidades interiores de climatização instaladas no interior dos espaços;
- Para o arrefecimento do espaço onde será colocado o bastidor (arrumos), a climatização será independente e assente em equipamentos de expansão direta do tipo “Split”, constituídos por uma unidade exterior, instalada no exterior, associada a uma unidade interior de climatização instalada no interior do espaço;
- No que respeita à ventilação, a renovação de ar será realizada de forma natural, através da abertura dos vãos envidraçados (bandeiras dos vãos envidraçados), com posição de ventilação;
- A extração de ar viciado dos sanitários será assegurada por ventiladores de extração, associados a redes de condutas e bocas de extração;
- As necessidades pontuais de água quente sanitária (AQS) do edifício serão vencidas através da aplicação de um termoacumulador elétrico com 1.5kW.

Eficiência dos Sistemas de Climatização e Ventilação

Sistemas de produção

Os sistemas de climatização considerados, assim como os respetivos índices de eficiência de cada um deles, são apresentados na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Requisitos mínimos de eficiência dos equipamentos de produção.

Equipamento	Tipo de equipamento	Classe mínima	Aquecimento		Arrefecimento	
			COP	Classe	EER	Classe
VRF (Ed. Principal)	Unidades do tipo VRF com permuta a ar	B	4.2	A	6.3	A
Split (Ed. Principal)	Unidades do tipo Split com permuta a ar	B	5.0	A	4.5	A

Sistemas de preparação de AQS

Para o edifício foi previsto um consumo de AQS muito esporádico, sendo considerado um consumo pontual na ordem dos 5l/dia (45°C), associado à copa, conforme representado na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Valores de eficiência do equipamento.

Equipamento	Volume	Q _{pr} do equipamento	Eficiência
Termoacumulador Elétrico	80	0.99	0.97

Não foi previsto qualquer sistema de aproveitamento de energia renovável para AQS, porque se trata de um consumo reduzido e por isso, a instalação de painéis solares térmicos é inviabilizada em questões económicas e técnicas.

Sistemas de ventilação

A extração do ar viciado dos sanitários será assegurada por ventiladores de extração. Contudo, estes são de potência inferior a 0.75kW, pelo que os requisitos mínimos não se aplicam, sendo os mesmos explanados na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Requisitos mínimos de eficiência de ventiladores.

Equipamento	Função	Características do equipamento a instalar			Verificação	
		Potência Absorvida [kW]	Potência específica [kW/(m ³ /s)]	Classe SFP	SFP máximo (SFP4) [kW/(m ³ /s)]	Classe SFP
VE1	Extração (IS)	0.029	0.87	-	n.a.	-
VE2	Extração (IS)	0.054	0.72	-	n.a.	-
VE3	Extração (IS)	0.022	0.86	-	n.a.	-
VE4	Extração (IS)	0.108	0.82	-	n.a.	-
VE5	Extração (IS)	0.029	0.57	-	n.a.	-
VE6	Extração (IS)	0.022	0.86	-	n.a.	-

Caudais de ar**Caudais de ar insuflados**

Os caudais de ar novo utilizados em projeto, e em cumprimento com o estabelecido no regulamento, tabela I.04 da Portaria n.º 353-A/2013, são os apresentados na tabela seguinte:

Tabela 3.5 - Caudais de ar novo por tipo de atividade.

Espaço	Área [m²]	N.º ocup.	Tipo de Atividade	Caudal Mínimo [m³/h]	Caudal de Projeto [m³/h]
Área de Trabalho 01	12.5	2	Sedentária	38	1358*
Área de Trabalho 02	68.9	18	Sedentária	249	
Área de Trabalho 03	42.8	10	Sedentária	136	
Sala de Reuniões	13.35	4	Sedentária	56	
Copa	5.15	1	Sedentária	15	
Gabinete de administração	19.8	3	Sedentária	59	
Reuniões administrativas	9.3	4	Sedentária	56	
Área de Trabalho 04	7.45	2	Sedentária	27	
Área de Trabalho 05	7.4	2	Sedentária	27	
Receção	7.6	2	Sedentária	27	
Sala de espera	14.5	6	Sedentária	84	
Copa	8.4	2	Sedentária	26	
Sala de Reuniões	20.4	10	Sedentária	142	
Área de Trabalho 06	97.1	24	Sedentária	320	
Área de Trabalho 07	23.55	6	Sedentária	80	

*Nota: a admissão de ar novo nos espaços assinalados foi obtida de forma natural através da abertura de janela, a qual é semelhante a aplicação de 250 cm² de grelha de ar fixa;

Para o cálculo do caudal de ar novo, todos os espaços apresentados na tabela anterior foram considerados como sendo “Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos”.

No anexo IV apresenta-se os cálculos de forma detalhada.

É obrigatório, que os caudais de ar novo referentes a todos os espaços para uso exclusivo de fumadores sejam aumentados em cerca de 50% relativamente aos mínimos exigidos para espaços vocacionados para ocupantes não fumadores.

Caudais de ar de extração

Tal como indicado, na Tabela I.06 da Portaria n.º 353-A/2013, devem ser assegurados os caudais mínimos de extração, conforme representado na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Caudais de ar extraídos.

Espaço	Área [m ²]	Regime de Funcion.	Requisitos Regulamentares		N.º de peças	Caudal mínimo regulamentar		Caudal de Projeto [m ³ /h]
			Por peça [m ³ /h/peça]	Por área [m ³ /h/m ²]		Por peça [m ³ /h]	Por área [m ³ /h]	
IS - Principal – Piso 0	9.7	Contínuo	45	10	2	180	97	270
IS Administração-Principal – Piso 1	4.85	Contínuo	45	10	2	90	49	90
IS - Principal – Piso 1	4.2	Contínuo	45	10	1	45	42	90
IS - Principal – Piso 2	3.8	Contínuo	45	10	1	45	38	90

Qualidade do ar interior

Existe um conjunto de aspetos que têm de ser salvaguardados aquando da realização do projeto de AVAC, para ser assegurado uma boa qualidade do ar interior. De acordo com as recomendações na ASHRAE 62.1-2007 é necessário assegurar que a captação de ar novo é feita em local adequado e deve ser realizada uma adequada limpeza adequada durante a construção e montagem do sistema, assim como durante o funcionamento da instalação.

Radão

Os edifícios localizados em zonas graníticas, em particular os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco deverão ser tomadas medidas preventivas de redução dos níveis de concentração de radão.

Como a fração encontra-se num dos distritos de maior risco radiológico, foi previsto uma ventilação efetiva dos espaços e também foram usadas técnicas construtivas anti radão, tais como:

- Colocação de uma membrana impermeável a gases em todos os pavimentos e paredes em contacto com o solo;

- Selagem de todas as juntas entre elementos construtivos em contacto com o solo ou entre estes e outros elementos que os atravessem, tais como tubagens, assim como fendas que se possam verificar de modo a impedir a entrada do radão no edifício;
- Favorecer a ventilação dos espaços ocupados.

Recomenda-se antes da construção a realização de um estudo que permita dar a conhecer a concentração de radão na área a construir, de forma a ser avaliada com rigor a necessidade de implementação de medidas ativas de mitigação do radão.

Recomenda-se também a realização de um diagnóstico após a construção para se verificar as concentrações existentes no interior do edifício.

Controlo, regulação e monitorização

É obrigatório sistemas autónomos de regulação e controlo para os diferentes sistemas técnicos instalados.

Por último, outros consumos como a iluminação exterior, equipamentos de frio industrial, equipamentos de ventilação não associados ao sistema de climatização, equipamentos hidráulicos e elevadores não foram contemplados no edifício. Também não foi considerada ligação a redes urbanas de distribuição de calor e de frio, porque o local não disponibiliza as respetivas infraestruturas e de acordo com o RECS, o edifício como tem uma área inferior a 5000m², não foi realizado estudo de viabilidade económica de sistemas próprios de cogeração.

3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

Dada a natureza e diversidade dos edifícios de comércio e serviços, estes apresentam um potencial de melhoria e otimização muito variado. Tal como já foi referido, este trabalho tem como objetivo estudar o impacto dos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética, no que se refere aos elementos constituintes da envolvente, aos sistemas técnicos e à avaliação de desempenho global do imóvel.

O estudo consiste na variação do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente, com exceção dos vãos envidraçados exteriores que, para além da variação do coeficiente de transmissão térmica, também se fez variar o fator solar do vidro. Nos elementos em contacto com o solo, o parâmetro a variar foi o da resistência térmica. Nos elementos constituintes da envolvente, o estudo tomou valores entre 0 e os respetivos requisitos técnicos, sendo que o valor 0 trata-se de um valor teórico, essencial para a construção da curva de desempenho. Depois de avaliar os elementos construtivos, individualmente, procedeu-se à avaliação dos mesmos elementos em conjunto, sendo que tal se refere à primeira fase de estudo.

Quanto à segunda fase de estudo, no que diz respeito aos sistemas técnicos, mais concretamente ao sistema de preparação de água quente sanitária, o parâmetro a variar foi o da eficiência do termoacumulador. Em relação ao sistema de climatização, os parâmetros a variar foram o rácio de eficiência energética (EER), na estação de arrefecimento, e o coeficiente de desempenho (COP), na estação de aquecimento. Relativamente ao sistema de iluminação interior e aos equipamentos, o parâmetro a variar foi a potência em ambos. Tal como na fase de estudo anterior, depois da avaliação dos sistemas técnicos de forma individual, procedeu-se ao estudo dos sistemas em conjunto.

A terceira fase de estudo diz respeito ao sistema de ventilação, onde se fez variar o parâmetro referente ao caudal de ar novo. Note-se que os ventiladores de extração das instalações sanitárias, como são de potência inferior a 0.75kW, não têm de cumprir requisitos mínimos.

Na quarta e última fase do estudo, foi realizada uma nova simulação horária monozona, contemplando todas as soluções económicas estudadas anteriormente.

3.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Tendo por base uma temperatura interior compreendida entre 20°C e 25°C, as soluções construtivas, as condições de funcionamento e os perfis de utilização, referidos no subcapítulo “Descrição do Caso de Estudo”, realizou-se o Cálculo Dinâmico Simplificado (Monozona).

Concluída a simulação, obteve-se a classe energética do edifício, sendo esta determinada com base na comparação do desempenho energético deste, nas condições em que se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência.

Conforme a tabela 3.7, os consumos regulados do edifício são superiores aos consumos do edifício de referência, pelo facto de os elementos da envolvente do caso de estudo, serem mais eficientes, comparativamente ao edifício de referência, o que origina necessidades de arrefecimento superiores.

No que concerne aos consumos não regulados (IEE_T), isto é, aos consumos dos restantes equipamentos, refira-se que os valores do edifício em estudo e os de referência são iguais, dado que foram considerados os equipamentos por “defeito” para o edifício, pois o de referência tem-nos sempre em conta.

Importa salientar que o edifício de referência não considera energias renováveis, o que significa que todas as energias renováveis que se venham a contemplar na análise energética, constituem uma vantagem em relação ao edifício de referência.

O indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) traduz o consumo anual de energia do edifício, sendo que neste caso é inferior ao de referência, o que se justifica pelo facto de este não contemplar energias renováveis, tal como referido anteriormente. Isto reflete-se, porque o IEE_{pr} é a soma do indicador de

eficiência energética relativo aos consumos do tipo “S” ($IEE_{pr,S}$) e do indicador de eficiência energética relativo aos consumos do tipo “T” ($IEE_{pr,T}$), subtraindo o indicador de eficiência energética relativo ao consumo de produção de energia renovável (IEE_{REN}).

Portanto, como o valor do rácio de classe energética para edifícios de comércio e serviços (R_{IEE}) é 0.86, estando compreendido entre 0.76 e 1, corresponde à classe energética B-. Como se trata de uma grande intervenção, este edifício tem de apresentar uma classificação energética mínima C, ou seja, cumpre o requisito da classe energética.

Tabela 3.7 - Indicadores de Eficiência Energética.

	EDIFÍCIO (kWh _{EP} /m ² .ano)	REFERÊNCIA (kWh _{EP} /m ² .ano)
Consumos Regulados (IEE_S)	131,53	106,13
Consumos Não Regulados (IEE_T)	127,30	127,30
Energias Renováveis (IEE_{REN})	40,57	-
Previsto (IEE_{pr})	218,26	233,43
R_{IEE} (-)	0,86	-
Classe Energética	B-	

A tabela 3.8 apresenta uma previsão do consumo de energia para o edifício, desagregado por diversos usos, tendo sido consideradas condições padrão no que respeita à utilização do mesmo e seus sistemas técnicos.

Pode-se observar que, os consumos com maior peso no consumo de energia final são os referentes ao arrefecimento, à iluminação e aos restantes equipamentos. De uma forma geral, os pequenos edifícios de comércio e serviços apresentam elevadas necessidades de arrefecimento, pois apresentam uma elevada densidade de ocupação e de iluminação, assim como uma grande quantidade de equipamentos. Para evitar uma elevada densidade de iluminação é importante que se realize um estudo luminotécnico, a fim de determinar valores de iluminância necessários para a atividade a desenvolver, evitando assim gastos extras e desperdícios de energia, o que não aconteceu no caso de estudo. Relativamente aos restantes equipamentos, estes devem ser o mais eficientes possível.

Portanto, o estudo de medidas de melhoria é fundamental para se conseguir uma diminuição dos consumos energéticos anuais. Neste caso, as medidas de melhoria a aplicar seriam no sentido de diminuir os consumos referentes ao arrefecimento, à iluminação interior e aos restantes equipamentos.

Tabela 3.8 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final.

ENERGIA FINAL POR UTILIZAÇÃO	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA FINAL	
	EDIFÍCIO (kWh/ano)	REFERÊNCIA (kWh/ano)
Aquecimento	5 244	1 063
Arrefecimento	16 779	5 215
Aquecimento de Águas Sanitárias	475	437
Aquecimento de Águas de Piscinas	-	-
Ventilação para UTA, UTAN e Extracção	779	779
Bombas (Climatização), A.Q.S. e A.Q.P.	-	-
Humidificação	-	-
Desumidificação	-	-
Iluminação Interior	12 148	12 148
Iluminação Exterior	-	-
Iluminação Pontual/Dedicada	-	-
Elevadores	-	-
Escadas e Tapetes Rolantes	-	-
Restantes Equipamentos	23 559	23 559
Total	58 984	43 201

Em suma, o edifício em estudo tem um consumo de energia final de 58 984 kWh/ano, mas como a utilização de aquecimento e arrefecimento têm 70% e 90% de contribuição percentual de energias renováveis, respetivamente, o edifício passa a ter um consumo de energia final de 40 515 kWh/ano. Como o edifício utiliza apenas a fonte de energia elétrica, tendo esta atualmente um custo médio aproximado de 0.17 €/kWh, implica que será expectável que o edifício tenha uma fatura anual de 6 887.59 €/ano, conforme apresentado nas tabelas 3.9 e 3.10.

Tabela 3.9 – Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia.

	CUSTO (€/kWh)	CONSUMO DE ENERGIA FINAL (kWh/ano)	FACTURA ANUAL (€/ano)
Electricidade	0,170	40 515	6 887,59
Renovável - Bomba de Calor	0,000	18 469	0,00
Total	-	58 985	6 887,59

Tabela 3.10 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia.

	ENERGIA PRIMÁRIA (kWhEP/ano)	EMISSIONES DE CO ₂ (tonCO ₂ /ano)
Electricidade	101 288	14,59
Renovável - Bomba de Calor	18 469	0,00
Total	119 757	14,59

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo é realizado o estudo do impacto dos consumos anuais de energia final, na fatura anual e na classe energética, no que se refere aos elementos constituintes da envolvente, aos sistemas técnicos e à avaliação de desempenho global do imóvel. Esta avaliação inicial foi fundamental para se obter uma solução otimizada, em termos energéticos para o caso de estudo.

Paredes Exteriores

O estudo do impacto do consumo de energia nas paredes exteriores teve por base os valores regulamentares (segundo a Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro), os valores do projeto térmico (solução construtiva – Sol.6) e valores intermédios. Neste caso, os requisitos da envolvente em contacto com o exterior para elementos opacos verticais, em Portugal Continental, são entre 0 e 0.6 W/m².°C, para a zona climática I2. Os restantes parâmetros, como por exemplo: a orientação, a área, tipo de fachada e cor permaneceram inalterados.

Na tabela 4.1 é apresentada a solução construtiva mais económica (Sol.4), representada com preenchimento de célula a cor verde.

Tabela 4.1 – Consumo Anual de Energia Final das Paredes Exteriores.

Soluções Construtivas	U [W/m ² .°C]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
		Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Sol.1	0.000	1917	23823	6886.56	B ⁻
	0.000				
Sol.2	0.117	2493	21926	6872.08	B ⁻
	0.117				

Soluções Construtivas	U [W/m ² .°C]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
		Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Sol.3	0.234	3127	20301	6866.18	B ⁻
	0.234				
Sol.4	0.257	3258	20013	6866.00	B ⁻
	0.257				
Sol.5	0.351	3819	18924	6868.30	B ⁻
	0.351				
Sol.6	0.347	5244	16779	6887.59	B ⁻
	0.587				
Sol.7	0.534	4961	17149	6882.57	B ⁻
	0.534				
Sol.8	0.600	5384	16605	6890.31	B ⁻
	0.600				

Os valores da fatura anual referentes às paredes exteriores podem-se aproximar a uma parábola, isto é, uma função polinomial do 2.º grau. O cálculo do mínimo relativo da respetiva função foi importante para determinação da solução construtiva mais económica, conforme ilustrado na figura 4.1.

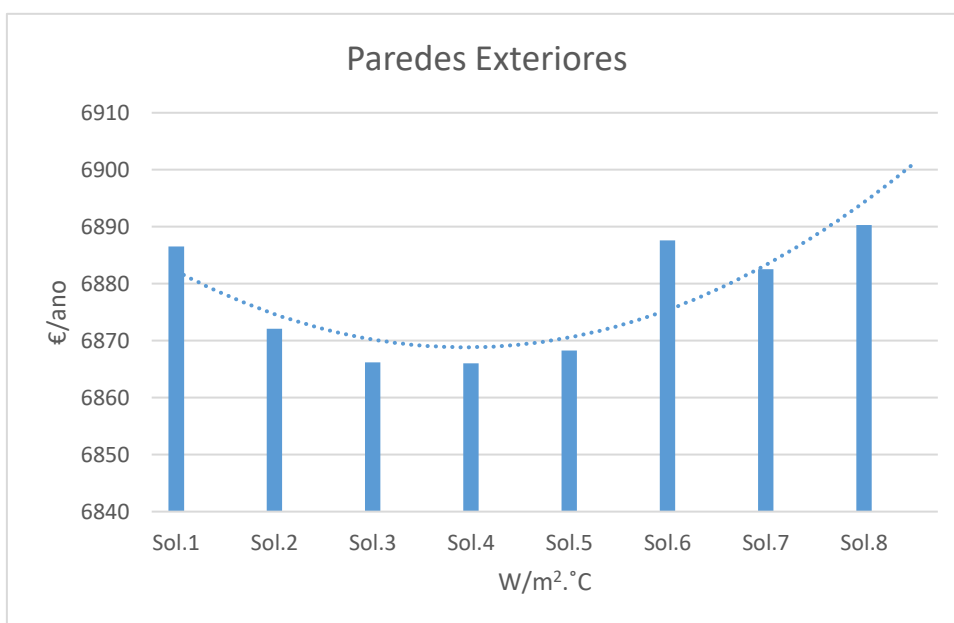


Figura 4.1 – Comportamento das Paredes Exteriores.

Coberturas Exteriores

O estudo das coberturas exteriores foi efetuado segundo os requisitos técnicos (Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro), os valores do projeto térmico (solução construtiva – Sol. 3) e valores intermédios. Os requisitos da envolvente em contacto com o exterior para elementos opacos horizontais, em Portugal Continental, são entre 0 e 0.45 W/m².°C, para a zona climática I2. Os restantes parâmetros, entre os quais, a cor, a caixa-de-ar e a área não sofreram alterações. Concluída a iteração, obteve-se a solução construtiva mais económica, que é a solução 1, representada a cor verde, conforme a tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Consumo Anual de Energia Final das Coberturas Exteriores.

Soluções Construtivas	U - Solução (ascendente)	U - Solução (descendente)	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
	[W/m ² .°C]	[W/m ² .°C]	Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Sol.1	0.00	0.00	4827	16831	6869.51	B ⁻
	0.00	0.00				
Sol.2	0.15	0.15	5035	16810	6878.64	B ⁻
	0.15	0.15				
Sol.3	0.28	0.29	5244	16779	6887.59	B ⁻
	0.30	0.29				
Sol.4	0.37	0.37	5343	16791	6892.44	B ⁻
	0.37	0.37				
Sol.5	0.45	0.45	5457	16786	6897.56	B ⁻
	0.45	0.45				

Vãos Opacos Exteriores

O estudo de impacto na fatura energética relativamente aos vãos opacos exteriores teve por os requisitos de conceção, segundo a Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro, os valores do projeto térmico (U=1.86 W/m².°C) e valores intermédios. Os requisitos dos vãos opacos exteriores, em Portugal Continental, são entre 0 e 3.30 W/m².°C, para a zona climática I2. A classe da caixilharia, a orientação, a cor, a área e as palas mantiveram as características iniciais. Terminada esta iteração, obteve-se a solução construtiva mais económica (U=0 W/m².°C), representada a cor verde, como se representa na tabela a seguir.

Tabela 4.3 - Consumo Anual de Energia Final dos Vãos Opacos Exteriores.

U[W/m ² .°C]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
	Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
0.00	5102	16922	6884.15	B ⁻
0.62	5149	16874	6885.29	B ⁻
1.24	5196	16827	6886.45	B ⁻
1.86	5244	16779	6887.59	B ⁻
2.34	5280	16743	6888.51	B ⁻
2.82	5318	16708	6889.49	B ⁻
3.30	5355	16672	6890.41	B ⁻

Vãos Envidraçados Exteriores

No estudo dos vãos envidraçados exteriores fez-se variar primeiro o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (U_w), mantendo o fator solar do vidro ($g_{\perp,vi}$). De seguida, fez-se o inverso, ou seja, manteve-se o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (U_w), variando o fator solar do vidro ($g_{\perp,vi}$). Tal como nos estudos anteriores, o mesmo teve por base os valores regulamentares (segundo a Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro), os valores do projeto térmico e valores intermédios. O valor do U_w varia entre 0 e 3.30 W/m².°C, enquanto que o fator solar varia 0 e 0.56, para a zona climática I2. Os restantes parâmetros pertencentes aos vãos envidraçados permaneceram inalterados. De acordo com o apresentado na tabela 4.4, a solução construtiva mais económica, é a solução 6, representada a cor verde.

Tabela 4.4 - Consumo Anual de Energia Final dos Vãos Envidraçados Exteriores.

Designação das Soluções	U _w - Solução ^(r) [W/m ² .°C]	Fator Solar do Vidro ^(s)	Fator Solar Global ^(t)	Fator Solar Global ^(u)	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
		$g_{\perp,vi}$	Prot. Perm. e Móveis $g_{\perp T}$	Prot. Perm. $g_{\perp Tp}$	Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Sol. 1	VE1	0.00	0.36	0.36	3721	19027	6866.03	B ⁻
	VE2	0.00	0.36	0.36				
	VE3	0.00	0.36	0.36				

Designação das Soluções	U _w - Solução ^(r) [W/m ² .°C]	Fator Solar do Vidro ^(s)	Fator Solar Global ^(t)	Fator Solar Global ^(u)	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética	
		g _{Lvi}	Prot. Perm. e Móveis g _{IT}	Prot. Perm. g _{ITp}	Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)			
Sol. 2	VE1	0.72	0.36	0.36	0.36	4478	17808	6874.56	B ⁻
	VE2	0.69	0.36	0.36	0.36				
	VE3	0.75	0.36	0.36	0.36				
Sol. 3	VE1	1.43	0.36	0.36	0.36	5244	16779	6887.59	B ⁻
	VE2	1.37	0.36	0.36	0.36				
	VE3	1.49	0.36	0.36	0.36				
Sol. 4	VE1	2.37	0.36	0.36	0.36	6316	15616	6911.84	B ⁻
	VE2	2.34	0.36	0.36	0.36				
	VE3	2.40	0.36	0.36	0.36				
Sol. 5	VE1	3.30	0.36	0.36	0.36	7395	14643	6940.54	B ⁻
	VE2	3.30	0.36	0.36	0.36				
	VE3	3.30	0.36	0.36	0.36				
Sol. 6	VE1	1.43	0.001	0.001	0.001	6343	11789	6830.41	B ⁻
	VE2	1.37	0.001	0.001	0.001				
	VE3	1.49	0.001	0.001	0.001				
Sol. 7	VE1	1.43	0.28	0.28	0.28	5460	15587	6871.80	B ⁻
	VE2	1.37	0.28	0.28	0.28				
	VE3	1.49	0.28	0.28	0.28				
Sol. 8	VE1	1.43	0.56	0.56	0.56	4766	19944	6933.97	B ⁻
	VE2	1.37	0.56	0.56	0.56				
	VE3	1.49	0.56	0.56	0.56				

Elementos em Contacto com o Solo

No estudo dos elementos em contacto com o solo foi considerado a simplificação relativa ao cálculo dos mesmos, possibilidade essa que é permitida na folha de cálculo relativa aos pequenos edifícios de comércio e serviços. Como supradito, nos elementos em contacto com o solo, o parâmetro a variar foi a resistência térmica, mas como a mesma é igual ao inverso do coeficiente da transmissão térmica superficial, na avaliação referente aos requisitos técnicos mínimos, está implícito o valor máximo de resistência e na avaliação relativa aos valores máximos regulamentares, está implícito o valor mínimo da resistência térmica.

Pavimentos Térreos

Desta forma, o estudo do impacto na fatura energética relativamente aos pavimentos térreos, teve por base os valores regulamentares, segundo a Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro, os valores do projeto térmico ($R_f=1.25 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$) e valores intermédios. Neste caso, o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência para elementos em contacto com o solo é de $0.50 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$, correspondendo ao valor de resistência térmica de $2.00 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$. Terminada esta iteração, obteve-se a solução construtiva mais económica ($R_f=0.00 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$), representada a cor verde, como apresentado na tabela 4.5. Note-se que, a solução construtiva retrata um pavimento térreo com o menor desempenho energético possível ($R_f=0.00 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$), por forma a contribuir nas necessidades de arrefecimento que o imóvel apresenta.

Tabela 4.5 - Consumo Anual de Energia Final dos Pavimentos Térreos.

Designação da Solução	Área [m ²]	R _f (não inclui R _{si} e R _{se}) [m ² ·°C/W]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
			Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
PVT1	139.35	0.00	4216	18253	6872.09	B ⁻
PVT1	139.35	0.05	5952	15955	6902.43	B ⁻
PVT1	139.35	0.10	5952	15955	6902.43	B ⁻
PVT1	139.35	0.24	5952	15955	6902.43	B ⁻
PVT1	139.35	0.58	5952	15955	6902.43	B ⁻
PVT1	139.35	0.74	5952	15955	6902.43	B ⁻
PVT1	139.35	0.75	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVT1	139.35	0.91	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVT1	139.35	1.25	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVT1	139.35	1.63	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVT1	139.35	2.00	5244	16779	6887.59	B ⁻

Pavimentos Enterrados

O estudo de impacto referente aos pavimentos enterrados foi segundo os requisitos técnicos (Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro). Como referido anteriormente, o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência para elementos em contacto com o solo é de $0.50 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$, correspondendo ao valor de resistência térmica de $2 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$. Foram ainda considerados os valores do projeto térmico ($R_f=1.25 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$) e valores intermédios, sendo que a área e a profundidade média mantiveram as

características iniciais. Na tabela 4.6 são apresentadas as soluções construtivas mais económicas, estando compreendidas entre a $R_f = 0.75 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e $R_f = 2.00 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, representadas a cor verde.

Tabela 4.6 - Consumo Anual de Energia Final dos Pavimentos Enterrados.

Designação da Solução	Área [m ²]	Profundidade média z [m]	R _f [m ² ·°C/W]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
				Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
PVET1	45.36	1.75	0.00	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.05	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.10	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.24	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.58	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.74	5358	16637	6889.79	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.75	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	0.91	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	1.25	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	1.63	5244	16779	6887.59	B ⁻
PVET1	45.36	1.75	2.00	5244	16779	6887.59	B ⁻

Paredes Enterradas

O estudo das paredes enterradas teve por base os valores regulamentares, segundo a Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro, os valores do projeto térmico ($R_f=0.44 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$) e os valores intermédios. Como estas estão incluídas nos elementos em contacto com o solo, então o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência para elementos em contacto com o solo é de $0.50 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, correspondendo ao valor de resistência térmica de $2.00 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Os restantes parâmetros, sendo eles, a área e a profundidade média não sofreram alterações. Concluída a iteração, obteve-se as soluções construtivas mais económicas, estando compreendidas entre a $R_f=0.75 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e $R_f=2.00 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, representadas a cor verde, ilustrado na tabela abaixo.

Tabela 4.7 - Consumo Anual de Energia Final das Paredes Enterradas.

Designação da Solução	Área [m ²]	Profundidade média z [m]	R _w [m ² .°C/W]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
				Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
PDET1	15.75	1.75	0.00	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.05	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.10	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.27	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.44	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.74	5244	16779	6887.59	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	0.75	5086	16982	6884.72	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	1.21	5086	16982	6884.72	B ⁻
PDET1	15.75	1.75	2.00	5086	16982	6884.72	B ⁻

De salientar, que nos elementos em contacto com o solo, sendo eles os pavimentos térreos, pavimentos enterrados e paredes enterradas, os resultados referentes à fatura anual, distribuem-se por intervalos, como representado na figura 4.2. Enquanto que, as paredes exteriores apresentam comportamento polinomial e os restantes casos apresentam comportamento linear.

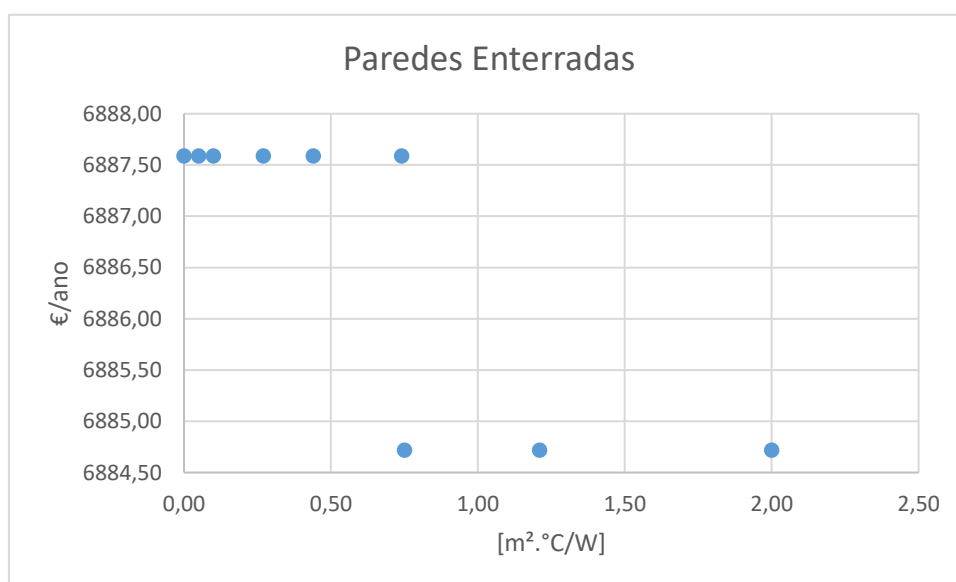


Figura 4.2 – Comportamento das paredes enterradas (exemplo).

Pontes Térmicas Planas e Lineares

No âmbito do caso de estudo, como não há lugar ao cumprimento de qualquer requisito, no que concerne ao cálculo das pontes térmicas planas, foi aplicada uma simplificação relativa à contabilização, considerando um agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%. Em relação às pontes térmicas lineares, também não têm qualquer requisito inerente e por isso, o cálculo foi de acordo com a metodologia simplificada, considerando uma majoração de 5% das necessidades de aquecimento.

Paredes interiores

Para terminar o estudo dos elementos construtivos da envolvente, foi realizado o estudo de impacto do consumo de energia das paredes interiores, tendo por base os requisitos técnicos, de acordo com a Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro, os valores do projeto térmico (solução construtiva – sol.3) e valores intermédios. Neste caso, o valor do coeficiente de transmissão térmica para a envolvente opaca vertical interior, em Portugal Continental, é entre 0 e 0.6 W/m².°C, para a zona climática I2. Desta forma, obteve-se a solução construtiva mais económica, Sol.1, representada a cor verde, como se representa na tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Consumo Anual de Energia Final das Paredes Interiores.

Soluções Construtivas	U [W/m ² .°C]	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
		Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Sol.1	0.00	5244	16779	6887.59	B ⁻
	0.00				
Sol.2	0.27	5274	16741	6888.17	B ⁻
	0.27				
Sol.3	0.49	5305	16704	6888.78	B ⁻
	0.56				
Sol.4	0.57	5309	16698	6888.84	B ⁻
	0.57				
Sol.5	0.60	5312	16694	6888.90	B ⁻
	0.60				

Depois da avaliação individual dos vários elementos construtivos da envolvente, foi realizada uma simulação em conjunto, a fim de perceber qual o peso/importância que é dada à mesma, face a todos os restantes elementos considerados na simulação. Tal como nas avaliações anteriores, também esta foi realizada segundo os requisitos técnicos de cada elemento, uma vez que os mesmos têm requisitos distintos, segundo as soluções construtivas de projeto e as soluções construtivas económicas, determinadas anteriormente.

Concluída a simulação, obteve-se um valor de cerca de 230€, entre os valores extremos da fatura anual, sendo esta a poupança da fatura, tendo em conta a envolvente mais ou menos eficiente. O valor mais elevado da fatura anual é referente aos valores mínimos regulamentares ($U=0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), retratando a envolvente mais eficiente, tendo como consequência elevados consumos de arrefecimento como se pode comprovar através da tabela 4.9. O valor da fatura anual imediatamente a seguir, é referente aos valores máximos regulamentares (tabela 4.10), sendo a envolvente menos eficiente. Neste caso, os consumos de arrefecimento têm uma redução de 50%, mas os consumos de aquecimento têm um aumento de cerca dez vezes, comparativamente à solução anterior (valores mínimos regulamentares). A solução de projeto (tabela 4.11) toma uma posição intermédia, sendo que a solução económica (tabela 4.12) resulta dos estudos anteriormente apresentados. De salientar que, esta contempla elementos “irreais”, visto que não é possível ter elementos com coeficiente de transmissão térmica nulo, mas a mesma foi importante para a determinação do valor mínimo da fatura.

Esta simulação permite concluir que a envolvente tem um peso muito reduzido no desempenho global dos PES. Uma das razões é pelo facto destes edifícios apresentarem elevadas necessidades de arrefecimento e deste modo, a envolvente tem como função principal a redução de patologias construtivas e melhoria da salubridade no interior do edifício e não tanto na criação de condições de habitabilidade e de conforto, como acontece nos edifícios de habitação.

Tabela 4.9 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final

	Solução (Valores Mínimos Regulamentares)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	651	176.4	0%
Arrefecimento	30974	3936.7	10%
Aq. Águas Sanitárias	475	475.4	1%

	Solução (Valores Mínimos Regulamentares)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	2%
Iluminação interior	12148	12148	30%
Restantes equipamentos	23559	23559	57%
Total	68586	41075	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	6982.67

Tabela 4.10 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final

	Solução (Valores Máximos Regulamentares)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	6970	1888.6	5%
Arrefecimento	15293	1943.7	5%
Aq. Águas Sanitárias	475	475.4	1%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	2%
Iluminação interior	12148	12148	30%
Restantes equipamentos	23559	23559	58%
Total	59224	40794	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	6934.93

Tabela 4.11 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final

	Solução de Projeto		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	5244	1420.9	4%
Arrefecimento	16779	2132.6	5%
Aq. Águas Sanitárias	475	475.4	1%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	2%
Iluminação interior	12148	12148	30%
Restantes equipamentos	23559	23559	58%
Total	58984	40515	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	6887.53

Tabela 4.12 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final

	Solução (Económica)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	2538	687.6	2%
Arrefecimento	16259	2066.5	5%
Aq. Águas Sanitárias	475	475.4	1%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	2%
Iluminação interior	12148	12148	31%
Restantes equipamentos	23559	23559	59%
Total	55758	39716	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	6751.64

Sistemas Técnicos

Depois da avaliação de impacto do consumo de energia das soluções construtivas relacionadas com a envolvente, foi efetuada a avaliação de impacto do consumo de energia dos sistemas técnicos, da iluminação e dos restantes equipamentos elétricos.

A verificação dos requisitos de eficiência dos sistemas técnicos foi efetuada com base nos valores de eficiência nominal e não com valores sazonais. A eficiência nominal é determinada à carga total, enquanto que a eficiência sazonal considera as flutuações de temperatura e os períodos de *standby*, para conceder uma indicação, clara e fiável, da eficiência energética ao longo de uma estação completa de aquecimento e arrefecimento.

Sistemas de Preparação de Água Quente Sanitária

No que diz respeito aos sistemas técnicos de preparação de água quente sanitária, para o edifício em estudo, foi considerado um termoacumulador a eletricidade. Para avaliar o impacto deste equipamento, fez-se variar os valores de eficiência do termoacumulador, tendo por base os valores definidos na Portaria n.º 17-A/2016, permitindo determinar a eficiência que originaria o menor valor de fatura anual, como ilustrado na tabela abaixo, a cor verde.

Tabela 4.13 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Preparação de Água Quente Sanitária.

Eficiência	Consumo Anual de Energia Final		Aquecimento de Águas Sanitárias	Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
	Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)			
0.97	5244	16779	475	6887.59	B ⁻
0.95	5244	16779	485	6889.29	B ⁻
0.93	5244	16779	496	6891.07	B ⁻

Sistemas de Climatização

O estudo dos sistemas de climatização, neste caso o equipamento VRF e o equipamento Split, teve por base os requisitos mínimos de eficiência de equipamentos com permuta exterior a ar, na estação de arrefecimento com EER superior a 3.00 e na estação de aquecimento com um COP superior a 3.40, conforme a Portaria n.º 17-A/2016. Por forma a avaliar o consumo destes equipamentos, teve-se em consideração três conjuntos de equipamentos, a saber: a solução do projeto térmico, representado na tabela 4.14, os equipamentos VRF - PUHY-P400YNW-A e Split - MSZ-HR60VF, sendo os menos eficientes do catálogo 2020 da marca *Mitsubishi*, representados na tabela 4.15, e por último, os equipamentos VRF

- PUHY - P200YNW-A e Split - MSZ-LN25VG, tratando-se dos equipamentos mais eficientes da marca, conforme apresentado na tabela 4.16.

Tabela 4.14 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.

Designação do sistema	Eficiência do equipamento	Eficiência sazonal	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
			Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
VRF - Aquecimento	4.17	3.68	5244	16779	6887.59	B-
VRF - Arrefecimento	4.09	7.86				
Split - Aquecimento	5.00	5.15				
Split - Arrefecimento	4.46	8.74				

Tabela 4.15 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.

Designação do sistema	Eficiência do equipamento	Eficiência sazonal	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
			Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
VRF - Aquecimento	3.73	3.77	5244	16779	6887.91	B-
VRF - Arrefecimento	3.92	7.75				
Split - Aquecimento	3.76	4.50				
Split - Arrefecimento	3.37	7.20				

Tabela 4.16 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Climatização.

Designação do sistema	Eficiência do equipamento	Eficiência sazonal	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
			Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
VRF - Aquecimento	5.45	4.70	5244	16779	6810.06	B ⁻
VRF – Arrefecimento	5.28	8.44				
Split - Aquecimento	5.52	6.60				
Split - Arrefecimento	5.15	10.00				

Sistemas de Iluminação

Como já mencionado anteriormente, foi considerada a potência de iluminação de referência no projeto térmico, sendo estes os requisitos exigidos nos imóveis. Como tal, o estudo da fatura energética referente à iluminação implicou sistemas de iluminação com equipamentos mais eficientes, menor potência, em relação à iluminância de referência. Assim, o estudo foi dividido em três fases, sendo que na primeira fase foi realizado com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W e LEDs de 7W, na segunda fase foi realizado com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W e LEDs de 4W. É de realçar que nos estudos anteriores se obteve uma melhoria de classe energética, passagem de classe B⁻ para B. A última fase foi realizada com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 8W e LEDs de 1.5W, sendo este o sistema mais eficiente e por esse facto, deu origem à fatura energética de menor valor e também originou uma melhoria na classe energética (passagem de classe B para A), como se pode comprovar na tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Consumo Anual de Energia Final dos Sistemas de Iluminação.

Potência (W)		Iluminação Interior	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
			Aquecimento (kWh/ano)	Arrefecimento (kWh/ano)		
8	1.5	2904	6782	12620	5297.11	A
36	4	9508	5639	15504	6429.43	B
36	7	9841	5587	15659	6487.02	B
Potência de referência		12148	5244	16779	6887.59	B ⁻

Equipamentos

Em relação aos restantes equipamentos elétricos (computadores, impressoras, televisão, servidor, micro-ondas, máquina de café, entre outros) é importante avaliar o impacto do seu consumo, uma vez que estes apresentam um consumo superior a todos os outros sistemas. Apesar de o RECS não definir requisitos mínimos, é de extrema importância adotar em projeto os equipamentos mais eficientes, porque estes também produzem energia sob a forma de calor para o espaço útil, e como acontece no caso de estudo, apresentam consumos energéticos muito significativos. No caso de estudo não foi realizado o levantamento dos respetivos equipamentos, porque os mesmos eram desconhecidos assim como as respetivas quantidades a instalar. Por esse facto, foi adotado a densidade de potência dos equipamentos, com base na tipologia do DL79/2006. Uma vez que não há limites regulamentares, a avaliação consistiu numa variação de 50% da potência dos equipamentos, a fim de avaliar o impacto nos consumos de energia. Neste seguimento, abaixo, apresenta-se a tabela 4.18 referente aos consumos dos equipamentos.

Tabela 4.18 - Consumo Anual de Energia Final dos Equipamentos.

Potência (w)	Restantes Equipamentos	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
		Aquecimento (KWh/ano)	Arrefecimento (KWh/ano)		
Potência de referência (-50%)	11780	7405	12102	4883.60	B ⁻
Potência de referência	23559	5244	16779	6887.59	B ⁻
Potência de referência (+50%)	35340	3702	22544	8943.92	B ⁻

Seguidamente, foi realizada a avaliação dos sistemas técnicos, da iluminação e dos restantes equipamentos elétricos em conjunto, para perceber qual o peso/importância que é atribuída a estas componentes, no desempenho global do edifício em estudo. Esta simulação foi realizada segundo os requisitos técnicos e as soluções de projeto.

Nestas componentes é possível uma poupança de cerca de 5700€/ano, entre os valores extremos referentes à fatura anual, ou seja, o valor da fatura anual referente à solução – valores máximos regulamentares (tabela 4.19) e o valor da fatura anual relativa à solução (valores mínimos regulamentares/económica), apresentado na tabela 4.21. Esta avaliação permitiu concluir que estes elementos são os que provocam maior impacto na fatura energética. Desta forma, a solução económica coincide com a solução referente aos valores mínimos regulamentares, estando subjacente o

termoacumulador de melhor eficiência (0.97), a melhor solução de equipamentos VRF e Split (ver tabela 4.16), o sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 8W e LEDs de 1.5W e por último, os equipamentos com metade da potência de referência, conforme apresentado na tabela 4.18. Por outro lado, com esta solução obtém-se um equilíbrio dos consumos de aquecimento e arrefecimento (tabela 4.21), ao contrário da solução de projeto (tabela 4.20) em que os consumos de arrefecimento são três vezes superiores aos consumos de aquecimento. Por último, a solução dos valores máximos regulamentares (tabela 4.19) apresenta uma discrepância entre os consumos superior, uma vez que os consumos de arrefecimento são sete vezes superiores dos consumos de aquecimento. De realçar que a solução económica é perfeitamente executável no edifício, tornando-se fundamental a implementação de equipamentos os mais eficientes possível, e no que diz respeito à iluminação, é fundamental um estudo luminotécnico para adequar a iluminação às necessidades e evitar desperdícios de energia. Para concluir, com esta solução consegue-se uma melhoria na classe energética, passagem de classe B para A.

Tabela 4.19 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final.

	Solução (Valores Máximos Regulamentares)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	3753	993.8	2%
Arrefecimento	22439	2897.6	6%
Aq. Águas Sanitárias	496	495.8	1%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	1%
Iluminação interior	12148	12148	23%
Restantes equipamentos	35342	35342	67%
Total	74957	52656	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	8951.55

Tabela 4.20 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final.

	Solução de Projeto		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	5244	1420.9	4%
Arrefecimento	16779	2132.6	5%
Aq. Águas Sanitárias	475	475.4	1%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	2%
Iluminação interior	12148	12148	30%
Restantes equipamentos	23559	23559	58%
Total	58984	40515	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	6887.53

Tabela 4.21 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final.

	Solução (Valores Mínimos Regulamentares/Económica)		
	Consumo Anual de Energia Final	Consumo de Energia Final	%
Aquecimento	9614	2039.6	11%
Arrefecimento	8641	1022.2	5%
Aq. Águas Sanitárias	475	475,4	3%
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779	4%
Iluminação interior	2904	2904	15%
Restantes equipamentos	11781	11781	62%
Total	34194	19001	100%

	Custo (€/KWh)	Fatura Anual (€/ano)
Eletricidade	0.17	3230.20

Sistema de Ventilação

Como já foi referido no capítulo anterior, a garantia da renovação de ar dos espaços será realizada de forma natural, através da abertura dos envidraçados, com posição de ventilação e auxiliado pelos ventiladores de extração das instalações sanitárias, associados a redes de condutas e bocas de extração.

Para avaliar o impacto da ventilação natural nos consumos de energia foi realizada uma variação do caudal de infiltrações, tendo como limite mínimo o caudal de projeto e como máximo, o caudal de ar novo de referência. Este procedimento permitiu apurar o caudal de infiltrações que originaria a fatura anual mais vantajosa (representado a cor verde) e também a poupança na fatura anual, neste caso de 260€, tendo em conta os valores extremos da fatura, conforme representado na tabela 4.22. Em relação aos ventiladores de extração das instalações sanitárias, como já foi mencionado, estes não têm de cumprir requisitos mínimos, uma vez que são de potência inferior a 0.75 kW.

Tabela 4.22 - Consumo Anual de Energia Final do Sistema de Ventilação.

Caudal de infiltrações (m ³ /h)	Consumo Anual de Energia Final		Fatura Anual (€/ano)	Classe Energética
	Aquecimento (kWh/ano)	Arrefecimento (kWh/ano)		
1358	5244	16779	6887.59	B ⁻
1089				
1619	8985	14237	7005.00	B ⁻
1880				
2670	12933	12671	7153.02	B ⁻
2670				

Para concluir, foi realizada uma avaliação global do desempenho do edifício em estudo (solução final 1), que contempla a melhor solução referente à simulação que tem em conta todos os elementos construtivos da envolvente, a solução mais vantajosa relativa à simulação que incorpora os sistemas técnicos, a iluminação e os equipamentos elétricos e por último, a solução económica referente ao sistema de ventilação.

Conforme a tabela 4.24, esta agregação das soluções económicas, permite uma solução bastante interessante, na medida que se obtém um equilíbrio nos consumos de aquecimento e arrefecimento, reduzidos consumos de iluminação e restantes equipamentos elétricos. Apesar de os consumos dos equipamentos elétricos serem superiores, comparativamente, à iluminação interior, na folha de cálculo dinâmico simplificado (monozona) utilizada, a iluminação toma um papel mais preponderante, uma vez que a mesma é contabilizada para o cálculo da classe energética, ao passo que os consumos dos equipamentos elétricos, não são considerados no cálculo da classe. Por essa razão, a classe energética

nem sempre transparece a melhor solução, no que diz respeito ao desempenho térmico do edifício, sendo imprescindível uma análise global de todas as variáveis afetas ao mesmo. Em suma, com este estudo obtém-se uma fatura anual de cerca de 3000€ (tabela 4.25), estando associado uma classe energética A (tabela 4.23). Tendo em conta que no estudo da solução final 1 estão subjacentes soluções construtivas muito exigentes ($U=0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$), foi realizada uma nova previsão de consumos, considerando os elementos construtivos da envolvente do projeto térmico, e no que diz respeito aos sistemas técnicos, à iluminação, aos restantes equipamentos elétricos e ao sistema de ventilação manteve-se os do estudo anterior, dando origem à solução final 2. Conforme a tabela 4.28, apenas os consumos de aquecimento e arrefecimento é que sofreram alterações, dado que a envolvente agora considerada é menos eficiente e por isso mesmo, os respetivos consumos são agora mais elevados. Por consequência, a fatura anual tem um acréscimo de cerca de 200€ (4.29), em relação à fatura da solução final 1, mantendo a classe energética A (tabela 4.27). De frisar que estes estudos permitiram uma redução da fatura energética anual, ou seja, uma melhoria do desempenho energético do edifício e por consequência uma melhoria da classificação energética. Uma vez que o futuro da construção implicará edifícios de necessidades quase nulas de energia, e de acordo com a Portaria n.º 42/2019, os mesmos têm de cumprir as seguintes exigências: $IEE_S \leq 75 \% IEE_{S,ref}$ e $R_{IEE} \leq 0.50$. De acordo com o apresentado na tabela 4.23, o IEE_S é 56.71, $75 \% IEE_{S,ref}$ é 74.91 e o R_{IEE} é 0.33, verificando-se assim as duas exigências. Relativamente, à solução final 2 (tabela 4.27), o IEE_S é 71.48, $75 \% IEE_{S,ref}$ é 75.23 e o R_{IEE} é 0.38, cumprindo-se os requisitos regulamentares. Deste modo, o edifício em estudo enquadra-se nos nZEB, caso seja considerada a solução final 1 ou 2. Por fim, importa destacar que ambas as soluções não têm associadas medidas de melhoria, pois só seria necessário a adoção das mesmas, caso se pretende-se atingir a classe energética mais eficiente (A⁺).

Tabela 4.23 – Indicadores de Eficiência Energética referentes à Solução Final 1.

	EDIFÍCIO (kWh _{EP} /m ² .ano)	REFERÊNCIA (kWh _{EP} /m ² .ano)
Consumos Regulados (IEE_S)	56,71	99,88
Consumos Não Regulados (IEE_T)	63,66	63,66
Energias Renováveis (IEE_{REN})	23,60	-
Previsto (IEE_{pr})	96,77	163,54
R_{IEE} (-)	0,33	-
Classe Energética	A	

Tabela 4.24 – Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final da Solução Final 1.

ENERGIA FINAL POR UTILIZAÇÃO	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA FINAL	
	EDIFÍCIO (kWh/ano)	REFERÊNCIA (kWh/ano)
Aquecimento	6 098	1 255
Arrefecimento	6 711	3 866
Aquecimento de Águas Sanitárias	475	437
Aquecimento de Águas de Piscinas	-	-
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779
Bombas (Climatização), A.Q.S. e A.Q.P.	-	-
Humidificação	-	-
Desumidificação	-	-
Iluminação Interior	2 865	12 148
Iluminação Exterior	-	-
Iluminação Pontual/Dedicada	-	-
Elevadores	-	-
Escadas e Tapetes Rolantes	-	-
Restantes Equipamentos	11 781	11 781
Total	28 709	30 266

Tabela 4.25 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 1.

	CUSTO (€/kWh)	CONSUMO DE ENERGIA FINAL (kWh/ano)	FACTURA ANUAL (€/ano)
Electricidade	0,170	17 988	3 058,03
Renovável - Bomba de Calor	0,000	10 722	0,00
Total	-	28 710	3 058,03

Tabela 4.26 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 1.

	ENERGIA PRIMÁRIA (kWhEP/ano)	EMISSIONES DE CO ₂ (tonCO ₂ /ano)
Electricidade	44 971	6,48
Renovável - Bomba de Calor	10 722	0,00
Total	55 693	6,48

Tabela 4.27 - Indicadores de Eficiência Energética referentes à Solução Final 2.

	EDIFÍCIO (kWh _{EP} /m ² .ano)	REFERÊNCIA (kWh _{EP} /m ² .ano)
Consumos Regulados (IEE _s)	71,48	100,31
Consumos Não Regulados (IEE _r)	63,66	63,66
Energias Renováveis (IEE _{REN})	33,34	-
Previsto (IEE _{pr})	101,80	163,97
R _{IEE} (-)	0,38	-
Classe Energética	A	

Tabela 4.28 - Resumo do Consumo Energético Previsto para o Edifício: Consumo Anual de Energia Final da Solução Final 2.

ENERGIA FINAL POR UTILIZAÇÃO	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA FINAL	
	EDIFÍCIO (kWh/ano)	REFERÊNCIA (kWh/ano)
Aquecimento	9 541	1 795
Arrefecimento	8 658	3 407
Aquecimento de Águas Sanitárias	475	437
Aquecimento de Águas de Piscinas	-	-
Ventilação para UTA, UTAN e Extração	779	779
Bombas (Climatização), A.Q.S. e A.Q.P.	-	-
Humidificação	-	-
Desumidificação	-	-
Iluminação Interior	2 865	12 148
Iluminação Exterior	-	-
Iluminação Pontual/Dedicada	-	-
Elevadores	-	-
Escadas e Tapetes Rolantes	-	-
Restantes Equipamentos	11 781	11 781
Total	34 099	30 347

Tabela 4.29 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 2.

	CUSTO (€/kWh)	CONSUMO DE ENERGIA FINAL (kWh/ano)	FACTURA ANUAL (€/ano)
Electricidade	0,170	18 949	3 221,36
Renovável - Bomba de Calor	0,000	15 151	0,00
Total	-	34 100	3 221,36

Tabela 4.30 - Consumo Anual de Energia Final por Fonte de Energia da Solução Final 2.

	ENERGIA PRIMÁRIA (kWhEP/ano)	EMISSÕES DE CO ₂ (tonCO ₂ /ano)
Electricidade	47 373	6,82
Renovável - Bomba de Calor	15 151	0,00
Total	62 524	6,82

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo resume os conhecimentos adquiridos no decurso deste estudo, bem como as conclusões finais inerentes ao caso de estudo, algumas recomendações relacionadas com a eficiência energética relativas aos PES e, por último, são apresentadas perspectivas de trabalhos futuros.

Note-se que no início do presente estudo, foram analisadas as políticas energéticas ligadas ao setor da construção, concretamente, aquelas que são relativas ao desempenho energético dos edifícios e à eficiência energética. Isto permitiu concluir que, a promoção da eficiência energética e o uso de fontes de energia renováveis são fundamentais, para a atenuação das alterações climáticas. No entanto, as mesmas definem e promovem estratégias para a renovação dos edifícios existentes, por forma a facilitar a transformação rentável dos mesmos, tornando os imóveis com necessidades quase nulas de energia, visto ser esta a meta a atingir. Deste modo, foi necessário que o Estado definisse uma estratégia clara e de continuidade, por forma a sustentar a reabilitação do património edificado. De destacar que, as medidas de eficiência energética têm de ser adaptadas à realidade de cada local e em consonância com o ordenamento do território, pois os diferentes países apresentam necessidades distintas.

Por último, não poderia deixar de frisar que, um dos maiores desafios deste trabalho se prendeu com a necessidade de conhecer, explorar e utilizar a folha de Cálculo Dinâmico Simplificado (Monozona), tendo sido este o instrumento utilizado para avaliar o desempenho global do edifício. Outro dos desafios, foi o estudo do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, mais concretamente, Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços, assim como os equipamentos de aquecimento, arrefecimento, ventilação e sistemas de iluminação. Nenhuma destas componentes de estudo tinham sido, anteriormente, estudadas, daí implicarem um empenho mais avultado, sendo que, por outro lado, despoletou um gosto e entrega maiores, na realização deste estudo.

5.1 CONCLUSÕES E CONTRIBUTOS

Para além das já mencionadas, ao longo deste estudo, afigura-se pertinente acrescentar algumas conclusões finais, a saber:

- a) No âmbito do caso de estudo (reabilitação de um edifício de escritórios enquadrado em Pequeno Edifício de Comércio e Serviços), as componentes da envolvente têm um peso pouco significativo, de cerca de 10%, na avaliação do desempenho global do edifício, tendo como consequência o pouco impacto na fatura anual. De destacar que, como se trata de um edifício de escritórios, tendo por isso, elevadas necessidades de arrefecimento, a envolvente não apresenta um comportamento linear, ou seja, os valores mínimos regulamentares dão origem à fatura mais elevada, ao passo que os valores máximos não dão origem à fatura mais reduzida. A envolvente mais económica é a conjugação dos respetivos elementos com valores de fatura mais reduzidos, salientando os vãos envidraçados, sendo estes os que têm maior impacto na fatura em relação aos restantes elementos constituintes da envolvente. Portanto, tendo por base o caso de estudo, a envolvente tem como função principal a redução de patologias construtivas e melhoria da salubridade no interior do edifício.
- b) No que diz respeito aos sistemas técnicos, entre os quais, o sistema de preparação de água quente sanitária, o sistema de climatização, o sistema de iluminação e os restantes equipamentos são os grandes contribuintes da fatura anual do edifício, traduzindo-se em cerca de 85% da fatura. Deste modo, é fundamental a adoção de sistemas técnicos mais eficientes, por forma a obter consumos mais reduzidos.
- c) O sistema de ventilação tem pouco impacto na fatura anual do edifício, aproximadamente 5% na avaliação global do mesmo, sendo que a melhor opção para o caso de estudo é o caudal mínimo de infiltrações.

Assim, podemos asseverar que, tendo por base o caso de estudo, o investimento na envolvente tem um impacto muito reduzido na fatura anual do edifício, comparativamente ao impacto que os sistemas técnicos (sistema AQS, sistema de climatização, o sistema de iluminação e equipamentos) têm sobre a mesma. Deste modo, a envolvente poderá passar apenas pela verificação dos requisitos técnicos, ao passo que os sistemas técnicos deverão ser os mais eficientes possível, por forma a obter a fatura anual do edifício mais reduzida. Este caso de estudo, permitiu ainda concluir que em termos de eficiência energética (R_{IEE}), é possível extrapolar para outros edifícios de escritórios, caso se verifique perfis de ocupação e cargas térmicas semelhantes ao mesmo.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste capítulo, são sugeridas algumas hipóteses para desenvolvimentos futuros em função da pesquisa realizada no âmbito do mesmo e dos resultados obtidos.

- Atualizar os diversos perfis do Decreto-Lei n.º 79/2006, sendo eles, a densidade de ocupação de referência, a potência de iluminação de referência e a densidade de potência dos equipamentos, com base na tipologia do Decreto-Lei anteriormente mencionado.
- Calcular os preços das soluções limite ($U=0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) e respetivos períodos de retorno.
- Aumentar a base de dados do estudo, ou seja, aumentar o número de casos de estudo com diferentes tipologias e perfis e, verificar se o impacto nos consumos de energia são semelhantes.
- O Estado, enquanto proprietário, deveria proceder ao licenciamento dos seus edifícios, neste caso, os edifícios de serviços e, por consequência, apresentarem o respetivo certificado energético, garantindo assim, a verificação regulamentar. Atualmente, como não são obrigados a licenciar os imóveis, também não apresentam o CE. De acordo com a Portaria n.º 42/2019, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas, deviam ser edifícios NZEB a partir de 1 de janeiro de 2019, mas o mesmo não se verifica, sendo fundamental a atuação nesta direção por forma a colmatar as lacunas existentes nos edifícios públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Observatório da Energia; DGEG & ADENE. Energia em Números – Edição 2020. Lisboa. ISSN 978-972-8521-26-4 (2020). P.45-46.
- (2) DGEG. Balanço Energético Sintético 2019. (29 junho 2020).7.
- (3) PORDATA - Consumo de energia elétrica por consumidor: total e por tipo de consumo [Em linha]. [Consult. 5 ago.2020]. Disponível na <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+el%C3%A9ctrica+por+consumidor+total+e+por+tipo+de+consumo-1231-10012>
- (4) DECRETO-LEI n.º 40/90. D.R. I Série. 31 (06-02-1990) 490-504.
- (5) APA – Protocolo de Quioto [Em linha]. [Consult. 12 ago. 2020]. Disponível na <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>
- (6) DECRETO-LEI n.º 118/98. D.R. I Série-A. 105 (07-05-1998) 2114-2129.
- (7) Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 16 de dezembro relativa ao desempenho energético dos edifícios. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 001 de 04.01.2003. 65-71.
- (8) DECRETO-LEI n.º 78/2006. D.R. I Série-A. 67 (04-04-2006) 2411-2415.
- (9) DECRETO-LEI n.º 79/2006. D.R. I Série-A. 67 (04-04-2006) 2416-2468.
- (10) DECRETO-LEI n.º 80/2006. D.R. I Série-A. 67 (04-04-2006) 2468-2513.
- (11) Directiva 2010/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 19 de maio relativa ao desempenho energético dos edifícios. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 153 de 18.06.2010. 13-35.
- (12) DECRETO-LEI n.º 118/2013. D.R. I Série. 159 (20-08-2013) 4989-5005.
- (13) APA – PNEC 2030 [Em linha]. [Consult. 12 ago. 2020]. Disponível na https://apambiente.pt/zdata/Alteracoes_Climaticas/Mitigacao/PNEC/PNEC%20PT_Template%20Final%202019%2030122019.pdf

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (14) Diretiva 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 30 de maio que altera a Diretiva 2010/31/EU relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/EU sobre a eficiência energética. Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 156 de 19.06.2018. 75-91.
- (15) PORTUGAL 2020 - União Europeia | Alcançar a Neutralidade Climática até 2050 [Em linha]. [Consult. 1 ago.2020]. Disponível na <https://www.portugal2020.pt/content/uniao-europeia-alcançar-neutralidade-climatica-ate-2050>
- (16) INE - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Indicadores ODS para Portugal [Em linha]. Lisboa: [s.n.], 15 jul. 2020. [Consult. 8 ago. 2020]. Disponível na https://www.ine.pt/ine_novidades/Indicadores-ODS-para-Portugal/2/index.html
- (17) CORVACHO, Helena – Nova Regulamentação no Domínio da Térmica dos Edifícios: *Que Futuro?*. Em Seminário – Eficiência Energética. 2014.
- (18) FREITAS, Vasco, et al. – Caderno de Síntese Tecnológica – Reabilitação de Edifícios. [s.n.]. Lisboa: Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção, 2015. 978-989-20-6183-2.
- (19) LNEC, IHRU, INCI, ANACOM & APA – RERU: Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana. Ficha Técnica: Guia Prático [Em linha]. 2014. [Consult. 10 ago. 2020]. Disponível na https://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/reabilitacao/RERU/RERU_0_Indice.pdf
- (20) DECRETO-LEI n.º 95/2019. D.R. I Série. 136 (18-07-2019) 35-45.
- (21) PNAEE – Sobre o FEE [Em linha]. [Consult. 5 ago. 2020]. Disponível na <https://www.pnaee.pt/fee/>
- (22) PORTUGAL 2020 – O que é o Portugal 2020 [Em linha]. [Consult. 1 ago. 2020]. Disponível na <https://www.portugal2020.pt/content/o-que-e-o-portugal-2020>
- (23) PO SEUR – Sobre o programa [Em linha]. [Consult. 2 ago. 2020]. Disponível na <https://poseur.portugal2020.pt/pt/po-seur/sobre-o-programa/>
- (24) FRRU 2020 – Guia do Beneficiário [Em linha]. 2020. [Consult. 14 ago. 2020]. Disponível na <https://ifrru.ihru.pt/web/guest/guia-do-beneficiario>
- (25) AT - Artigo 44.º-B (*): Outros benefícios com carácter ambiental atribuídos a imóveis [Em linha]. 31 dez. 2014. [Consult. 6 dez. 2020]. Disponível na https://info.portaldasfinancas.gov.pt/pt/informacao_fiscal/codigos_tributarios/bf_rep/Pages/e_bf-artigo-44-o-b.aspx

- (26) AT - Artigo 45.º: Prédios urbanos objeto de reabilitação [Em linha]. 29 dez. 2017. [Consult. 6 dez. 2020]. Disponível na https://info.portaldasfinancas.gov.pt/pt/informacao_fiscal/codigos_tributarios/bf_rep/Pages/e_bf-artigo-45-ordm.aspx
- (27) CPCI – Casa Eficiente 2020: Melhorar a qualidade e desempenho ambiental das nossas habitações [Em linha]. Abr. 2018. [Consult. 28 ago. 2020]. Disponível na https://casaeficiente2020.pt/media/1207/guia-de-candidatura-casaeficiente_2018-04-13-pt.pdf
- (28) Fundo Ambiental - Regulamento de atribuição de incentivos: Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis [Em linha]. 6 jun. 2020. [Consult. 10 ago. 2020]. Disponível na <https://www.fundoambiental.pt/avisos-2020/mitigacao-das-alteracoes-climaticas/programa-de-apoio-a-edificios-mais-sustentaveis.aspx>
- (29) IHRU – Programa Reabilitar para Arrendar – Habitação Acessível: Regulamento [Em linha]. [Consult. 5 ago.2020]. Disponível na https://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/reabilitacao/reabilita-para-arrendar_ha/RpA_HA-Regulamento-20180718.pdf
- (30) Portal da Habitação - Prémio Nuno Teotónio Pereira [Em linha]. 2016. [Consult. 10 ago. 2020]. Disponível na <http://www.ihru.pt/web/guest/p-ntp>
- (31) Portal da Habitação – SRU: Sociedades de Reabilitação Urbana [Em linha]. 7 mai. 2004. [Consult. 10 ago. 2020]. Disponível na <https://www.portaldahabitacao.pt/sru-sociedade-de-reabilitacao-urbana>
- (32) Fundiestamo – Sociedade Gestora de Organismos de Investimento Coletivo, S.A. – FNRE: Fundo Nacional de Reabilitação do Edificado [Em linha]. 24 fev. 2015. [Consult. 10 ago. 2020]. Disponível na <https://fundiestamo.com/fundofnre/>
- (33) Instituto Superior Técnico - A Reabilitação das Construções: passado e futuro! [Em linha]. Universidade de Lisboa. 27 jun.2020. [Consult. 11 ago. 2020]. Disponível na <https://tecnicomais.pt/noticias/a-reabilitacao-das-construcoes-passado-e-futuro>
- (34) COSTA, Sara – Eficiência Energética de Edifícios: Conceito Passivhaus. Lisboa: [s.n.], 2015. Tese de mestrado.
- (35) BCSD Portugal – Factos e Tendências Eficiência Energética em Edifícios: Relatório Síntese. Lisboa. (2013).
- (36) AdEPORTO. Plano de Atividades e Orçamento 2018. (novembro 2017) 31-33.
- (37) PORTARIA n.º 17-A/2016. D.R. I Série. 24 (04-02-2016) 378-(2), 378-(56).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (38) PORTARIA n.º 379-A/2015. D.R. I Série. 207 (22-10-2015) 9196-(14), 9196-(17).
- (39) PORTARIA n.º 349-B/2013. D.R. I Série. 232 (29-11-2013) 6624-(18), 6624-(29).
- (40) DESPACHO n.º 7113/2015. D.R. II Série. 124 (29/06/2015) 17351-17358.
- (41) INE – Edifícios, segundo a Época de Construção, por Necessidades de Reparação [Em linha]. Censos 2011, 20 nov. 2012. [Consult. 20 ago.2020]. Disponível na https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_indicador&contexto=ind&indOcorrCod=0006248&selTab=tab10
- (42) MARCELINO, João; GAVIÃO, João – Primeira Passive House no Sector do Turismo em Portugal. Materiais de Construção. [s.n.]. (2015)
- (43) TADEU, Sérgio – Rentabilidade da Reabilitação Energética de Edifícios. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015. Tese de doutoramento.
- (44) GRAÇA, Filipe – Eficiência Energética em Edifícios de Serviços no Concelho de Almada. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2011. Tese de mestrado.
- (45) MARTINS, Pedro – Eficiência Energética em Edifícios de Serviços. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012. Tese de mestrado.
- (46) FIGUEIREDO, João – O Novo Sistema de Certificação Energética: Edifícios de Comércio e Serviços. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 2014. Tese de mestrado.
- (47) RODRIGUES, Ana – Reabilitação Energética dos Edifícios: Caracterização em Termos Energéticos dos Edifícios Existentes e Elaboração de Proposta de Reabilitação numa Perspetiva Custo/Benefício. Braga: Universidade do Minho, 2011. Tese de mestrado.
- (48) CARVALHO, Maria – Eficiência Energética | A 4ª Energia. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2013. Tese de mestrado.
- (49) CRUZ, Octávio – Avaliação do Desempenho Energético de uma Pequena Fracção de Serviços Existente tendo por base as Metodologias regulamentares do RSECE e do RECS. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014. Tese de mestrado.
- (50) CORREIA, Tiago – Reabilitação Energética de Edifícios: Soluções de Melhoramento Térmico da Envolvente Exterior de um Edifício. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016. Tese de mestrado.

ANEXO I - ENVOLVENTE

As tabelas seguintes apresentam as várias soluções construtivas, presentes no edifício, que possuem requisitos, estabelecidos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto.

Paredes Exteriores

<i>Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil</i>					
PE1 Parede nova					
Tipo de elemento:	Parede exterior				
Resistência térmica total (R):	1.85 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.54 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	150 kg/m ²				
Camada	d _j [mm]	λ [W/m°C]	R _j [m ² °C/W]	ρ [kg/m ³]	M [kg/m ²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
Placas de gesso cartonado	0,015	0,25	0,060	760	11,4
alvenaria de tijolo furado (30x20x11cm)	0,11	-	0,270	695	76
caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada	0,025	-	0,180	-	-
poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m ³)	0,04	0,037	1,081	-	-
parede de betão armado	0,18	2	0,090	-	-
Rse (resist. superf. ext.)			0.04		
PE1 - Parede exterior composta por placas de gesso cartonado com 20mm, alvenaria de tijolo furado com 110mm, caixa de ar com 25mm, poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m ³) com 40mm, parede de betão armado com 180mm.					

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
Tipo de elemento:	PE2 Parede existente (Parede exterior)				
Resistência térmica total (R):	1.53 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.59 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	75 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m² °C/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³)	0,015	0,25	0,060	760	11,4
caixa-de-ar (fluxo horiz.), in situ, não ventilada	0,025	-	0,180	-	-
pedra granito	0,54	2,8	0,193	2600	1404
Reboco térmico Secil ISODUR	0,055	0,05	1,100	-	-
Rse (resist. superf. ext.)			0.04		
PE2 (Parede existente) - Parede exterior composta por placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³) com 15mm, caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada com 25mm, parede existente de granito com 540mm, Reboco térmico Secil ISODUR com 55mm.					

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
Tipo de elemento:	PE3 Parede nova (Parede exterior)				
Resistência térmica total (R):	2.21 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.35 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	11.4 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m² °C/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³)	0,015	0,25	0,060	760	11,4
lã de rocha (35-100 kg/m ³)	0,1	0,04	2,000	-	-
painéis de OSB (<650kg/m ³)	0,02	0,13	0,154	-	-
Rse (resist. superf. ext.)			0.04		
PE2 (Parede nova) - Parede exterior composta por placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³) com 15mm, lã de rocha (35-100 kg/m ³) com 100mm, painéis de OSB (<650kg/m ³) com 20mm					

Coberturas Exteriores

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
CBE2 (Cobertura nova (inclinada))					
Tipo de elemento:	Cobertura exterior				
Resistência térmica total (R):	3.25 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.30 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	15 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m ² °C/W]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
Rsi (fluxo vert. ascend.)	0	0	0.1	0	0
Telhas	0,02	1,3	0,015	-	-
painéis de OSB (<650kg/m3)	0,02	0,13	0,154	-	-
lã de rocha (35-100 kg/m3)	0,1	0,0333	3,003	-	-
placas de gesso acustico tipo mute	0,02	0,25	0,080	750	15
Rse (resist. superf. ext.)			0.04		
CBE2 (Cobertura nova (inclinada)) - Cobertura exterior composta(o) por Telhas com 20mm, painéis de OSB (<650kg/m3) com 20mm, lã de rocha (35-100 kg/m3) com 100mm, placas de gesso acústico tipo mute com 20mm.					

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
CBE1 (Cobertura nova (horizontal))					
Tipo de elemento:	Cobertura exterior				
Resistência térmica total (R):	3.54 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.29 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	7.5 kg/m ²				
Camada	d_j [mm]	λ [W/m°C]	R_j [m ² °C/W]	ρ [kg/m ³]	M [kg/m ²]
Rsi (fluxo vert. ascend.)	0	0	0.1	0	0
Terra	0,3	2	0,150	-	-
betonilha de regularização/enchimento	0.15	1.3	0.115	-	-
poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m ³)	0,1	0,037	2,703	-	-
laje maciça de betão armado	0,25	2	0,125	-	-
caixa-de-ar (fluxo vertical ascendente), criada in situ, não ventilada	0,025	-	0,160	-	-
placas de gesso acustico tipo mute	0,02	0,25	0,080	750	15
Rse (resist. superf. ext.)			0.04		
CBE1 (Cobertura nova (horizontal)) - Cobertura exterior composta(o) por terra com 300mm, painéis poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m ³) com 100mm, laje maciça de betão armado com 250mm, caixa-de-ar (fluxo vertical ascendente), criada in situ, não ventilada com 25mm, placas de gesso acústico tipo mute com 20mm.					

Paredes Interiores

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
PI1 (Parede interior)					
Tipo de elemento:	Parede interior				
Resistência térmica total (R):	1.53 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.56 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	75 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m² °C/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³)	0,015	0,25	0,060	760	11,4
caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada	0,025	-	0,180	-	-
pedra granito	0,54	2,8	0,193	2600	1404
Reboco térmico Secil ISODUR	0,055	0,05	1,100	-	-
Rsi (resist. superf. int.)			0.13		
PI1 (Parede existente) - Parede interior composta por placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³) com 15mm, caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada com 25mm, parede existente de granito com 540mm, Reboco térmico Secil ISODUR com 55mm.					

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
PI1.1 (Parede interior)					
Tipo de elemento:	Parede interior				
Resistência térmica total (R):	1.80 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.49 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	11.4 kg/m ²				
Camada	d_j [mm]	λ [W/m°C]	R_j [m ² °C/W]	ρ [kg/m ³]	M [kg/m ²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³)	0,015	0,25	0,060	760	11,4
lã de rocha (35-100 kg/m ³)	0.046	0.04	1.15	-	-
caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada	0,025	-	0,180	-	-
alvenaria de tijolo furado (30x20x15cm)	0.15	-	0.390	-	-
Reboco tradicional	0.02	1.3	0.015	-	-
Rsi (resist. superf. int.)			0.13		
PI1.1 (Parede nova) - Parede interior composta por placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³) com 15mm, placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³) com 46mm, caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada com 25mm, alvenaria de tijolo furado com 15cm, reboco tradicional com 20mm.					

Pavimentos Interiores

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
PAVI1 (Pavimento interior)					
Tipo de elemento:	Pavimento interior				
Resistência térmica total (R):	2.89 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.31 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	150 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m² °C/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
Rsi (fluxo vertical descendente.)			0.17		
revestimento cerâmico	0,02	1,3	0,015	2300	46
betonilha de regularização/enchimento	0,08	1,3	0,062	1900	152
poliestireno expandido moldado EPS (>20 kg/m ³)	0,10	0,037	2.703	-	-
laje maciça de betão armado	0,18	2	0,090	-	-
reboco tradicional (1800 a 2000 kg/m ³)	0,02	1,3	0,015	-	-
Rsi (fluxo vertical descendente.)			0.17		
PAVI1 (Pavimento) – Pavimento interior composto por revestimento cerâmico com 20mm, betonilha de regularização/enchimento com 80mm, poliestireno expandido moldado EPS (>20 kg/m ³) com 100mm, laje maciça de betão armado com 180mm, reboco tradicional (1800 a 2000 kg/m ³) com 20mm					

Elementos em Contacto com o Solo

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil					
PCS1					
Tipo de elemento:	Parede enterrada				
Resistência térmica total (R):	0.44 m ² °C/W				
Coeficiente de transmissão térmica (U):	1.50 W/m ² °C				
Massa superficial interior útil (Msi):	75 kg/m ²				
Camada	dj	λ	Rj	ρ	M
	[mm]	[W/m°C]	[m² °C/W]	[kg/m³]	[kg/m²]
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
placas de gesso cartonado (750 a 1000 kg/m ³)	0,015	0,25	0,060	760	11,4
caixa-de-ar (fluxo horizontal), criada in situ, não ventilada	0,025		0,180		
Tela anti-radão	0,001	0,23	0,004	1000	1
pedra granito	0,54	2,8	0,193	2600	1404
Rsi (fluxo horiz.)			0.13		
PCS1 - Parede enterrada composta por placas de gesso cartonado com 15mm, caixa de ar com 25mm, tela anti-radão, parede de pedra com 540mm.					

Determinação do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial útil**PAVCS1**

Tipo de elemento:	Pavimento térreo
Resistência térmica total (R):	1.25 m ² °C/W
Coeficiente de transmissão térmica (U):	0.60 W/m ² °C
Massa superficial interior útil (Msi):	150 kg/m ²

Camada	dj [mm]	λ [W/m°C]	Rj [m ² °C/W]	ρ [kg/m ³]	M [kg/m ²]
Rsi (fluxo vert. descendente)			0.17		
Cerâmica vidrada/grês cerâmico	20	1.3		2300	
Betonilha de regularização/enchimento	100	1.3		1900	
Poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m ³)	40	-	0.037	-	
Tela anti-radão	1	0.23		-	
Laje maciça de betão armado	150	2		-	
Rsi (fluxo vert. ext.)			0.04		

PAVCS1 – Pavimento térreo composto por revestimento de cerâmica vidrada/grês cerâmico com 20mm, betonilha de regularização/enchimento com 100mm, poliestireno expandido extrudido XPS (25 a 40 kg/m³) com 40mm, tela anti-radão, laje maciça de betão armado com 150mm.

Vãos Envidraçados

Vãos envidraçados tipo VE1:

Vão envidraçado do tipo simples, constituídos por caixilharia de madeira com quadrícula, classificação 3 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo, SGG Climalit Planiclear 8mm + Capa Cool-lite SKN 176 II + Caixa-de-ar (árgon) 14mm + Planiclear 5mm + PVB Standard 0.76 + Planiclear 5mm. O fator solar previsto é de 0.36. O coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) previsto para o conjunto é de 1.43 W/m².°C. Sem proteção solar.

Vãos envidraçados tipo VE2:

Vão envidraçado do tipo simples, constituídos por caixilharia de madeira sem quadrícula, classificação 3 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo, SGG Climalit Planiclear 8mm + Capa Cool-lite SKN 176 II + Caixa-de-ar (árgon) 14mm + Planiclear 5mm + PVB Standard 0.76 + Planiclear 5mm. O fator solar previsto é de 0.36. O coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) previsto para o conjunto é de 1.37 W/m².°C. Sem proteção solar.

Vãos envidraçados tipo VE3:

Vão envidraçado horizontal do tipo simples, constituídos por caixilharia de madeira sem quadrícula, classificação 3 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo, SGG Climalit Planiclear 8mm + Capa Cool-lite SKN 176 II + Caixa-de-ar (árgon) 14mm + Planiclear 5mm + PVB Standard 0.76 + Planiclear 5mm. O fator solar previsto é de 0.36. O coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) previsto para o conjunto é de 1.49 W/m².°C. Sem proteção solar.

Na tabela seguinte identificam-se todos os envidraçados considerados e as respetivas verificações dos valores limites do fator solar:

Espaço	Tipo	Orient.	Área [m²]	g (vidro)	Fator solar da solução gT	Fator solar da solução corrigido gT	Verif. g_t máx
ZT-2: Área Trab Piso 0	VE1-1	Sudeste	1.50	0.36	0.36	0.30	0.56
ZT-2: Área Trab Piso 0	VE1-2	Sudeste	1.50	0.36	0.36	0.26	0.56
ZT-4: S. Reuniões Piso 0	VE1-3	Sudoeste	2.45	0.36	0.36	0.25	0.56
ZT-4: S. Reuniões Piso 0	VE1-4	Sudeste	1.50	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-5: Copa Piso 0	VE2-1	Nordeste	0.40	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-2: Área Trab Piso 0	VE2-2	Sudeste	5.40	0.36	0.36	0.30	0.56
ZT-1: IS Piso 0	VE1-5	Noroeste	1.88	0.36	0.36	0.22	0.56
ZT-2: Área Trab Piso 0	VE1-6	Sudoeste	12.25	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-8: Gab. de Piso 1	VE1-7	Sudeste	2.07	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-8: Gab. de Piso 1	VE1-8	Nordeste	2.57	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-10: IS1 - Piso 1	VE1-9	Nordeste	2.14	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-18: S. Reunião Piso 1	VE1-10	Sudeste	2.07	0.36	0.36	0.31	0.56
ZT-18: S. Reunião Piso 1	VE1-11	Sudeste	2.07	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-18: S. Reunião Piso 1	VE1-12	Nordeste	2.14	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-16: S. espera Piso 1	VE1-13	Nordeste	2.14	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-16: S. espera Piso 1	VE1-14	Noroeste	2.10	0.36	0.36	0.28	0.56
ZT-12: Receção Piso 1	VE1-15	Noroeste	2.10	0.36	0.36	0.22	0.56
ZT-11: Área Trab Piso 1	VE1-16	Nordeste	2.14	0.36	0.36	0.22	0.56
ZT-11: Área Trab Piso 1	VE1-17	Noroeste	2.10	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-11: Área Trab Piso 1	VE1-18	Sudoeste	6.21	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-14: IS2 Piso 1	VE1-19	Sudoeste	0.44	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-9: Reunião ad Piso 1	VE1-20	Sudoeste	2.07	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-8: Gab de Piso 1	VE1-21	Sudoeste	2.07	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-20: Área Trab Piso 2	VE1-22	Nordeste	1.33	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-20: Área Trab Piso 2	VE1-23	Nordeste	4.20	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-20: Área Trab Piso 2	VE1-24	Nordeste	1.33	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-20: Área Trab Piso 2	VE1-25	Noroeste	0.62	0.36	0.36	0.32	0.56
ZT-20: Área Trab Piso 2	VE2-3	Sudoeste	16.30	0.36	0.36	0.23	0.56
ZT-13: Escada Piso 1	VE3-1	Horizontal	1.20	0.36	0.36	0.32	0.56

ANEXO II – INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da Envolvente Exterior.

PAREDES EXTERIORES

Descrição	Área (m ²)	Massa Total (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)	r (-)	A*Msi*r (kg)
PDE1	37.50	150.00	150.00	0.50	2812.50
PDE1	33.84	150.00	150.00	0.50	2538.00
PDE1	30.16	150.00	150.00	0.50	2262.00
PDE1	54.90	150.00	150.00	0.50	4117.50
PDE1	46.80	150.00	150.00	0.50	3510.00
PDE1	58.26	150.00	150.00	0.50	4369.50
PDE1	40.40	150.00	150.00	0.50	3029.85
PDE1	59.81	150.00	150.00	0.50	4485.60
PDE2	3.67	24.40	24.40	1.00	89.55
PDE2	2.62	24.40	24.40	1.00	63.93
PDE2	3.67	24.40	24.40	1.00	89.55
PDE2	3.85	24.40	24.40	1.00	93.99
PDE1	14.40	24.40	24.40		0.00
Total:					27461.96

PAVIMENTOS EXTERIORES

Descrição	Área (m ²)	Massa Total (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)	r (-)	A*Msi*r (kg)
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Total:					-

COBERTURAS EXTERIORES

Descrição	Área (m ²)	Massa Total (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)	r (-)	A*Msi*r (kg)
CBE1	13.16	150	150	0.5	987
CBE2	119.4366667	15	15	1	1791.55
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Total:					2778.55

ANEXO III – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

						Valores regulamentares			
Local	Área [m ²]	Tipo de espaço	Sensor de Ocupação? [FO]	Sensor de luz natural? [FD]	DPI máximo (FO e DO Não) [(W/m ²)/ 100lux]	Iluminância EN12464-1 Em [lx]	Iluminância máxima Em [lx]	Potência Referência [W]	
Edifício Principal – Piso 0									
IS	9.39	Instalações sanitárias	-	-	3.80	200	260	71.4	
Área de Trabalho - Piso 0	124.22	Escritório com mais de 6 pessoas	-	-	2.10	500	650	1 304.3	
Área de impressoras	14.30	Salas técnicas (centros de dados, fotocópias, etc)	-	-	3.40	500	650	243.1	
Sala de Reuniões	13.20	Salas de reuniões, conferências, auditórios	-	-	2.40	500	650	158.4	
Copa	5.15	Salas de refeições (exceto restaurantes)	-	-	3.80	200	260	39.1	
Escada	14.55	Escadas	-	-	3.80	150	195	82.9	
Bastidor	3.90	Salas técnicas (centros de dados, fotocópias, etc)	-	-	3.40	200	260	26.5	

ANEXO III – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

						Valores regulamentares				
Local	Área [m ²]	Tipo de espaço	Sensor de Ocupação?	Sensor de luz natural?	DPI máximo (FO e DO Não)	Iluminância EN12464-1	Iluminância máxima	Potência Referência		
			[FO]	[FD]	[(W/m ²)/ 100lux]	Em [lx]	Em [lx]	[W]		
Edifício Principal – Piso 1										
Gabinete de administração	19.80	Escritório individual (1 a 6 pessoas)	-	-	2.40	500	650	237.6		
Reuniões administrativas	9.30	Salas de reuniões, conferências, auditórios	-	-	2.40	500	650	111.6		
IS1 - Piso 1	4.20	Instalações sanitárias	-	-	3.80	200	260	31.9		
Área de Trabalho - Piso 1	48.78	Escritório com mais de 6 pessoas	-	-	2.10	500	650	512.2		
Recepção	20.70	Hall/entrada, Salas de Espera	-	-	3.80	300	390	236.0		
Escada	11.60	Escadas	-	-	3.80	150	195	66.1		
IS2 - Piso 1	4.85	Instalações sanitárias	-	-	3.80	200	260	36.9		
Hall de recepção	18.85	Hall/entrada, Salas de Espera	-	-	3.80	100	130	71.6		
Sala de espera	13.90	Hall/entrada, Salas de Espera	-	-	3.80	200	260	105.6		
Copa	3.20	Salas de refeições (exceto restaurantes)	-	-	3.80	200	260	24.3		
Sala de Reuniões	20.40	Salas de reuniões, conferências, auditórios	-	-	2.40	500	650	244.8		

						Valores regulamentares			
Local	Área [m ²]	Tipo de espaço	Sensor de Ocupação? [FO]	Sensor de luz natural? [FD]	DPI máximo (FO e DO Não) [(W/m ²)/ 100lux]	Iluminância EN12464-1 Em [lx]	Iluminância máxima Em [lx]	Potência Referência [W]	
Edifício Principal – Piso 2									
IS - Piso 2	3.80	Instalações sanitárias	-	-	3.80	200	260	28.9	
Área de Trabalho - Piso 2	97.10	Escritório com mais de 6 pessoas	-	-	2.10	500	650	1 019.6	
Edifício Principal - espaços complementares									
Bastidor	1.5	Salas técnicas (centros de dados, fotocópias, etc)	-	-	3.4	200	260	10.2	

ANEXO IV – CAUDAIS DE AR NOVO

Espaço	Área m ²	N.º ocup.	Tipo de Atividade	Eficácia de Ventilação εv	Caudal Mínimo						Caudal de Projeto m ³ /h
					Método Prescritivo				M. Analítico		
					Base área (m ³ /h)/m ²	Base Ocup. m ³ /h/ocup	Sem εv m ³ /h	Com εv m ³ /h	Sem εv m ³ /h	Com εv m ³ /h	
Área de Trabalho 01 – Ed. Principal – Piso 0	12.5	2	Sedentária	1.0	3	24	48	48	38	38	1358*
Área de Trabalho 02– Ed. Principal – Piso 0	68.9	18	Sedentária	1.0	3	24	432	432	249	249	
Área de Trabalho – Ed. Principal 03 – Piso 0	42.8	10	Sedentária	1.0	3	24	240	240	136	136	
Sala de Reuniões– Ed. Principal – Piso 0	13.35	4	Sedentária	1.0	3	24	96	96	56	56	
Copa– Ed. Principal – Piso 0	5.15	1	Sedentária	1.0	3	24	24	24	15	15	
Gabinete de administração– Ed. Principal – Piso 1	19.8	3	Sedentária	1.0	3	24	72	72	59	59	
Reuniões administrativas– Ed. Principal – Piso 1	9.3	4	Sedentária	1.0	3	24	96	96	56	56	
Área de Trabalho 04– Ed. Principal – Piso 1	7.45	2	Sedentária	1.0	3	24	24	24	27	27	
Área de Trabalho 05– Ed. Principal – Piso 1	7.4	2	Sedentária	1.0	3	24	24	24	27	27	
Recepção– Ed. Principal – Piso 1	7.6	2	Sedentária	1.0	3	24	48	48	27	27	
Sala de espera– Ed. Principal – Piso 1	14.5	6	Sedentária	1.0	3	24	120	120	84	84	
Copa– Ed. Principal – Piso 1	8.4	2	Sedentária	1.0	3	24	48	48	26	26	

ANEXO IV – CAUDAIS DE AR NOVO

Espaço	Área m ²	N.º ocup.	Tipo de Atividade	Eficácia de Ventilação ε _v	Caudal Mínimo						Caudal de Projeto m ³ /h
					Método Prescritivo				M. Analítico		
					Base área (m ³ /h)/m ²	Base Ocup. m ³ /h/ocup	Sem ε _v m ³ /h	Com ε _v m ³ /h	Sem ε _v m ³ /h	Com ε _v m ³ /h	
Sala de Reuniões– Ed. Principal – Piso 1	20.4	10	Sedentária	1.0	3	24	240	240	142	142	
Área de Trabalho 06– Ed. Principal – Piso 1	23.55	6	Sedentária	0.8	3	24	144	144	80	80	
Área de Trabalho 07– Ed. Principal – Piso 2	97.1	24	Sedentária	1.0	3	24	576	576	320	320	

*Nota: a admissão de ar novo nos espaços assinalados foi obtida de forma natural através da abertura de janelas (bandeiras), a qual é semelhante a aplicação de grelhas de ar fixa.