

NZEB – APLICAÇÃO A EDIFÍCIO EXISTENTE

Ciro Jorge Mendes Ligeiro

Mestrado em Engenharia Civil
Área de Especialização: Construção
Projeto

ORIENTADOR(ES): Doutora Susana Maria Melo Fernandes Afonso Lucas

Outubro de 2018

Dissertação submetida no Instituto Politécnico de Setúbal

NZEB – APLICAÇÃO A EDIFÍCIO EXISTENTE

Mestrado em Engenharia Civil

DECLARAÇÃO DE AUTORIA DO TRABALHO

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Ciro Jorge Mendes Ligeiro



(assinatura)

DIREITOS DE COPIA OU COPYRIGHT

© **Copyright:** Ciro Jorge Mendes Ligeiro

O Instituto Politécnico de Setúbal tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha Família

A educação tem raízes amargas, mas os seus frutos são doces

Aristóteles

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de dirigir as minhas palavras de agradecimento à ANA – Aeroportos de Portugal, SA por ter-me possibilitado realizar o Mestrado em Engenharia Civil que agora concluo e à Dr^a Helena Girão por todo o apoio e incentivo na realização do mesmo.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Susana Lucas, pela oportunidade, motivação e conhecimento transmitido.

Agradeço ao Senhor Presidente da Câmara Municipal de Alenquer, Dr. Pedro Folgado, por ter prontamente acedido a que o presente trabalho fosse sobre o edifício dos Paços do Concelho de Alenquer e por toda a colaboração prestada.

RESUMO

A redução das emissões de gases de efeito de estufa vem sendo um desígnio da União Europeia e, conseqüentemente, de Portugal. Para a alcançar, a União Europeia, entre outras medidas, tem adotado regulamentação com vista a promover a redução do consumo energético dos edifícios e a utilização de fontes de energia renováveis. A conjugação destes dois fatores está na gênese do conceito de “edifício com necessidades quase nulas de energia” (nZEB) exarado na Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, que preconiza a máxima redução das necessidades energéticas e a cobertura do remanescente por fontes renováveis.

O objetivo do presente trabalho consiste em apresentar um estudo preliminar de melhoria do desempenho energético do edifício dos Paços do Concelho de Alenquer, construído segundo o sistema construtivo pombalino e foi erguido e inaugurado no final do século XIX. A concretização deste objetivo inclui duas fases ou etapas. A primeira etapa consiste em identificar, essencialmente para a tipologia do edifício em estudo e para Portugal, a legislação aplicável e as recomendações/resultados obtidos em projetos que visaram o estudo e a implementação do conceito nZEB na União Europeia. A fase seguinte passa pela caracterização do edifício e pela apreciação da aplicabilidade das medidas de melhoria obtidas nos projetos no edifício em questão.

Do trabalho realizado conclui-se que, pese embora as condicionantes existentes ao nível do seu valor arquitetónico, do seu sistema construtivo e do tipo de utilização, é viável implementar melhorias no desempenho do edifício dos Paços do Concelho de Alenquer sem o descaracterizar e proporcionando economias no consumo de energia e maior conforto aos utilizadores. No entanto, a implementação das medidas preconizadas não garante a obtenção de um edifício nZEB, sendo para tal necessário um estudo mais aprofundado, visando a otimização do desempenho energético de todas as variáveis que influenciam o desempenho do edifício no seu todo e a avaliação da possibilidade de implementação de fontes de energia renováveis.

PALAVRAS-CHAVE: nZEB, RePublic_ZEB, SouthZEB, Paços do Concelho de Alenquer, desempenho energético.

ABSTRACT

The reduction of greenhouse gas emissions has been a goal of the European Union and, consequently, of Portugal. To achieve this, the European Union, among other measures, has adopted regulations to promote the reduction of the energy consumption of buildings and foster the use of renewable energy sources. The combination of these two factors is at the heart of the concept of "nearly zero-energy building" (nZEB) in Directive 2010/31/EU of 19 May 2010, which calls for maximum reduction of energy needs and coverage of the remainder from renewable sources.

The objective of the present study is to carry out a preliminary study to improve the energy performance at the Paços do Concelho de Alenquer building, which was built according to the pombaline construction system. The building was built and inaugurated at the end of the 19th century. The realization of this objective includes two phases or stages. The first stage is to identify, essentially for the typology of the building under study and as for Portugal, the applicable legislation and the recommendations/results obtained in projects regarding the study and the implementation of the nZEB concept in the European Union. The next phase involves the characterization of the building and to evaluate the application of improvement measures obtained in the projects of the building in question.

It is concluded that, despite the existing constraints on its architectural value, its construction system and the type of use, it is feasible to implement improvements in the performance of the Paços do Concelho de Alenquer building, without decharacterizing it and providing savings on energy consumption and enhance user comfort. However, the implementation of the recommended measures does not guarantee the achievement of a nZEB building, for which a more in-depth study is required, aiming at the optimization of the energy performance of all the variables that influence the performance of the building as a whole and the evaluation of the possible implementation of renewable energy sources.

KEYWORDS: nZEB, RePublic_ZEB, SouthZEB, Paços do Concelho de Alenquer, energy performance.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. ESTRUTURA	3
2. EDIFÍCIOS NZEB	4
2.1. SETOR DO IMOBILIÁRIO	4
2.1.1. PARQUE EDIFICADO EUROPEU	5
2.1.2. PARQUE EDIFICADO NACIONAL	6
2.1.3. SETOR PÚBLICO	7
2.2. CONCEITO NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING (NZEB)	8
2.2.1. CONCEITO NZEB NA UNIÃO EUROPEIA	8
2.2.2. CONCEITO NZEB EM PORTUGAL	12
2.3. TRANSPOSIÇÃO DA DIRETIVA 2010/31/UE PARA PORTUGAL	14
2.4. BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO NZEB	19
2.5. FUNDOS DA UE PARA MELHORIA DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	22

2.6. PROJETOS DO PROGRAMA ENERGIA INTELIGENTE - EUROPA COM PARTICIPAÇÃO DE PORTUGAL	24
2.7. ORIENTAÇÕES PARA A RENOVAÇÃO DE EDIFÍCIOS RUMO A NZEB	27
2.7.1. REPUBLIC_ZEB	27
2.7.1.1. Caracterização do edifício e outra informação essencial	28
2.7.1.2. Pacotes de medidas de eficiência energética	29
2.7.1.3. Ferramentas informáticas de simulação energética de edifícios	32
2.7.1.4. Medidas individuais de eficiência energética	33
2.7.2. SOUTHZEB	37
2.7.2.1. Caracterização do edifício e conforto térmico	38
2.7.2.2. Ferramentas informáticas de simulação energética de edifícios	40
2.7.2.3. Medidas de eficiência energética	41
2.7.2.4. Energias renováveis	44
3. ESTUDO DO EDIFÍCIO	46
3.1. HISTÓRIA DO EDIFÍCIO	46
3.2. CARATERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	51
3.2.1. DESCRIÇÃO	52
3.2.2. LOCALIZAÇÃO	53
3.2.3. DADOS CLIMÁTICOS	53
3.2.4. ENVOLVENTE EXTERIOR E INTERIOR OPACA	54
3.2.4.1. Parede exterior	55
3.2.4.2. Parede interior	56
3.2.4.3. Pavimento	57
3.2.4.4. Cobertura	58
3.2.5. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA	59

3.2.5.1. Janela de peitoril com portada interior.....	59
3.2.5.2. Janela de sacada com portada interior.....	60
3.2.5.3. Óculo redondo	61
3.2.5.4. Vitral	61
3.2.5.5. Claraboia	62
3.2.6. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS	62
3.2.6.1. Iluminação	62
3.2.6.2. Climatização	63
3.2.6.3. Outros Equipamentos	65
3.3. PROPOSTA DE MEDIDAS DE MELHORIA	65
3.3.1. ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA	66
3.3.2. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA.....	67
3.3.3. ILUMINAÇÃO	67
3.3.4. CLIMATIZAÇÃO.....	68
3.3.5. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS	68
3.4. APROXIMAÇÃO AO CONCEITO NZEB	69
4. CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS	70
4.1. CONCLUSÃO.....	70
4.2. ESTUDOS FUTUROS	71
5. BIBLIOGRAFIA.....	72
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Co-benefícios das políticas de eficiência energética (Santos P. , 2017)	5
Fig. 2 - Regiões consideradas no estudo e distribuição de espaço útil dos edifícios (BPIE, 2011).....	5
Fig. 3 - Distribuição do parque habitacional na Europa por idade (BPIE, 2011).....	6
Fig. 4 - Distribuição dos edifícios não residenciais por tipologia em Portugal (DGEG, 2014).....	7
Fig. 5 - Redução das necessidades energéticas dos edifícios (Aelenei L. , 2012; Gonçalves, 2011).....	10
Fig. 6 - Principais argumentos nZEB a serem estabelecidos na definição (Zangheri & D'Agostino, 2016)...	11
Fig. 7 - Definição de nZEB da UE e evolução em Portugal	13
Fig. 8 - Estrutura do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto	15
Fig. 9 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao SCE	18
Fig. 10 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao REH.....	18
Fig. 11 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao RECS.....	19
Fig. 12 - Principais tipos de barreiras encontradas na renovação de edifícios (BPIE, 2011; BPIE, 2013).....	21
Fig. 13 - Principais barreiras à renovação energética dos edifícios na UE (Artola, Rademaekers, Williams, & Yearwood, 2016).....	22
Fig. 14 - Projetos do Programa EIE por área de financiamento e participação de Portugal.....	25
Fig. 15 - Objetivos do projeto RePubli_ZEB (Ferreira & Aelenei, 2016).....	26
Fig. 16 - Obtenção de edifícios nZEB (UM, s.d. a).....	38
Fig. 17 - Repartição das medidas de eficiência energética para redução do consumo energético.....	41
Fig. 18 - Medidas de eficiência energética para redução necessidades energéticas para aquecimento	42
Fig. 19 - Medidas de eficiência energética para redução necessidades energéticas para arrefecimento.....	43
Fig. 20 - Medidas de eficiência energética para redução das necessidades energéticas para iluminação...	43

Fig. 21 - Medidas de eficiência energética relativas aos sistemas AVAC	44
Fig. 22 - Principais tipos de fontes de energias renováveis	45
Fig. 23 - “Paços do Município (1890)” (Guapo, 2004)	47
Fig. 24 - Vista aérea da camara (Google Earth Prof).....	47
Fig. 25 - “Gravura extraída do Almanaque Provinciano de 1896” (Guapo, 2004) (à esquerda) e “Corpo central” da fachada principal (Foto do autor, junho 2018) (à direita)	48
Fig. 26 - “Corpo central” da fachada principal (Foto do autor, junho 2018).....	48
Fig. 27 - Frontão fachada sul (Foto do autor, junho 2018).....	49
Fig. 28 - Tipos de ornamentação das janelas (Fotos do autor, junho 2018).....	49
Fig. 29 - Claraboia (Foto do autor, junho 2018)	50
Fig. 30 - Escada de acesso ao piso 1	50
Fig. 31 - Janelas maineladas	50
Fig. 32 - Salão Nobre (Fotos do autor, junho 2018).....	51
Fig. 33 - Exemplo de tetos ornamentados com gesso (Fotos do autor, junho 2018).....	51
Fig. 34 - Localização do edifício (Google Earth Pro).....	53
Fig. 35 - Dados associados à localização do edifício em estudo processados pela CLIMAS-SCE.....	54
Fig. 36 - Parede exterior PE4, vista interior e exterior (Fotos do autor, junho 2018).....	56
Fig. 37 - Pannel na parede que evidencia a “gaiola pombalina” e o seu preenchimento, onde são visíveis, além das pedras, os pedaços de tijolo (Foto do autor, junho 2018).....	56
Fig. 38 - Diferença de cota entre o passeio e o pavimento do edifício e duas das grelhas de ventilação existentes na fachada tardoz (Foto do autor, junho 2018).....	57
Fig. 39 - Pavimento piso 1 (Foto do autor, junho 2018).....	58
Fig. 40 - Cobertura do edifício (Fotos do autor, junho 2018).....	59
Fig. 41 - Janelas de peitoril com portada interior (Fotos do autor, junho 2018).....	60
Fig. 42 - Janelas de sacada da fachada principal e da fachada tardoz (Fotos do autor, junho 2018).....	60
Fig. 43 - Óculos redondos sobre janelas de sacada (Foto do autor, junho 2018).....	61

Fig. 44 - Vitral (Foto do autor, junho 2018).....	61
Fig. 45 - Claraboias da escadaria principal (à esquerda) e da escadaria secundária (à direita).....	62
Fig. 46 - Iluminação no interior do edifício (Fotos do autor, junho 2018).....	63
Fig. 47 - Iluminação no exterior do edifício (Fotos do autor, junho 2018).....	63
Fig. 48 - Equipamento “VRV INVERTER” (à esquerda) e localização dos equipamentos (à direita)	64
Fig. 49 - Algumas unidades exteriores dos sistemas de ar condicionado (Fotos do autor, junho 2018)	64
Fig. 50 - Ventilador climatizador (Fotos do autor, junho 2018).....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tab, 1 - Distribuição do parque habitacional português por época de construção e estado de conservação	7
Tab, 2 - Classificação dos projetos do Programa EIE	24
Tab. 3 - Medidas de eficiência energética para a envolvente do edifício (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	29
Tab. 4 - Medidas de eficiência energética para sombreamento solar (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	30
Tab. 5 - Medidas de eficiência energética para o sistema de aquecimento (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	30
Tab. 6 - Medidas de eficiência energética para o sistema de arrefecimento (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	30
Tab. 7 - Medidas de eficiência energética para o sistema de ventilação (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	31
Tab. 8 - Medidas de eficiência energética para a iluminação (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)	31
Tab. 9 - Resumo dos pacotes de medidas para edifícios de escritórios em Portugal	32
Tab. 10 - Medidas de eficiência energética adotadas no edifício de referência português	33
Tab. 11 - Classificação do impacto das medidas de eficiência energética	34
Tab. 12- Avaliação de impacto das medidas de eficiência energética (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016)	35
Tab. 13 - Funcionalidades de algumas ferramentas de simulação energética (UM, s.d. a)	40
Tab. 14 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores	55
Tab. 15 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores	57

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

7PQ - Sétimo Programa-Quadro

ADENE - Agência para a Energia

AEA - Agência Europeia do Ambiente

ALTENER - Recursos Novos e Renováveis ou New and Renewable Resources

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

AQS - Águas quentes sanitárias

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

AVAC - Aquecimento, ventilação e ar condicionado

BEI - Banco Europeu de Investimento

BPIE - Buildings Performance Institute Europe

CA EPBD - Concerted Action Energy Performance of Buildings Directive

CDI - Central de Detecção de Incêndios

CE - Comissão Europeia

CEE - Comunidade Económica Europeia

CEN - European Committee for Standardization

CO₂ - Dióxido de Carbono

COOPENER - Países em Desenvolvimento ou Developing Countries

CUE - Conselho da União Europeia

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

DL - Decreto-Lei

DRE - Diário da República Eletrónico

EIE - Energia Inteligente - Europa

EM - Estados-Membros

EPBD - Diretiva relativa Desempenho Energético dos Edifícios ou Energy Performance of Buildings Directive (Diretiva 2002/91/EC)

EPBD CA III - Ação Concertada EPBD III

FC - Fundo de Coesão

FCT-UNL - Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

FEADER - Fundo Europeu Agrícola para o Desenvolvimento Rural

FEAMP - Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas

FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

FEEI - Fundos Europeus Estruturais e de Investimento

FSE - Fundo Social Europeu

g - fator solar

GEE - Gases com efeito de estufa

GES - Grande edifício de comércio e serviços

H2020 - Programa-Quadro de Investigação e Inovação: Horizonte 2020

IA - Instituto do Ambiente

IEA - Agência Internacional de Energia ou International Energy Agency

IM - Iodetos metálicos

INE - Instituto Nacional de Estatística, I.P.

ISO - International Organization for Standardization

ITE - Informação Técnica Edifícios

JRC - Joint Research Centre

LED - Díodo emissor de luz ou Light Emitting Diode

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

nZEB - Edifício com necessidades quase nulas de energia ou Nearly Zero Energy Building

PE - Parlamento Europeu

PMV - Voto médio previsto ou Predicted Mean Vote

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

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

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RES - Fontes de energia renováveis ou Renewable Energy Sources

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SAVE - Eficiência Energética e Uso Racional da Energia ou Energy Efficiency and the Rational Use of Energy

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto)

SCE0 - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (Decreto-Lei 78/2006, de 4 abril)

STEER - Energia nos Transportes ou Energy in Transport

TIR - Taxa interna de retorno

U - Coeficiente de transmissão térmica

UA - Universidade de Aveiro

UE - União Europeia

UM - Universidade do Minho

UN - United Nations

UNFCCC - Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas ou United Nations Framework Convention on Climate Change

VAL - Valor atual líquido

WHO - Organização Mundial de Saúde ou World Health Organization

WP - Papéis de trabalho ou Work papers

WWF - World Wide Fund For Nature

ZEB - Zero Energy Building

CÓDIGO DE PAÍSES

AT - Áustria

BE - Bélgica

BG - Bulgária

CH - Suíça

CY - Chipre

CZ - República Checa

DE - Alemanha

DK - Dinamarca

EE - Estónia

ES - Espanha

FI - Finlândia

FR - França

GR - Grécia

HU - Hungria

IE - Irlanda

IT - Itália

LT - Lituânia

LU - Luxemburgo

LV - Látvia

MT - Malta

NL - Holanda

NO - Noruega

xx.

PL - Polónia

PT - Portugal

RO - Romênia

SE - Suécia

SI - Eslovênia

SK - Eslováquia

UK - Reino Unido (Grã-Bretanha e Irlanda do Norte)

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

As alterações climáticas que se verificam no planeta Terra, tais como o aumento das temperaturas, a mudança dos padrões de pluviosidade, o derreter dos glaciares e da neve e o aumento do nível médio do mar, são a maior ameaça ambiental do século XXI, com consequências profundas e transversais a várias áreas da sociedade: económica, social e ambiental (AEA, 2017; WWF, s.d.).

Ao longo dos milhares de anos do planeta sempre se registaram alterações climáticas. No entanto, no século passado, as variações climáticas, que resultaram no aquecimento global da Terra, sofreram uma forte aceleração, com tendência para se agravarem caso não sejam adotadas medidas de mitigação (WWF, s.d.).

Embora a sua origem não seja consensual no meio científico, é provável que o aumento acentuado de gases com efeito de estufa (GEE) nas concentrações atmosféricas, em resultado das emissões provocadas pelas atividades humanas, seja a principal causa para o aquecimento do clima (AEA, 2017).

Entre os GEE, que podem ser provenientes de processos naturais e das atividades humanas, encontra-se o Dióxido de Carbono (CO₂) libertado na queima de combustíveis fósseis derivados do petróleo, carvão e gás natural na produção de eletricidade, nos transportes, na indústria e nos lares (IA & Ecoprogresso, 2005).

Em 11 de dezembro de 1997 foi adotado o Protocolo de Quioto (*Kyoto Protocol*), tendo entrado em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, após o cumprimento as condições previstas no Art.º 25 do documento que exigiam a ratificação por, no mínimo, 55 Partes da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de GEE de 1990 (UN, 1998; UNFCCC, 2010).

O Protocolo de Quioto é um tratado jurídico internacional, derivado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, que explicitamente pretende limitar e reduzir as emissões de GEE dos países signatários (APA, s.d.).

De acordo com o Protocolo, no primeiro período de compromisso, entre 2008-2012, o objetivo era reduzir as emissões globais de GEE em pelo menos 5% relativamente aos níveis de 1990, sendo os períodos subsequentes estabelecidos em emendas ao Protocolo.

Em 8 de dezembro de 2012, foi adotada a Emenda de Doha ao Protocolo de Quioto, prevendo um segundo período de compromisso, entre 2013 e 2020, e novos objetivos de redução de GEE para as Partes (UN, 2012; UNFCCC, 2010).

Durante o primeiro período de compromisso, 37 países industrializados e a União Europeia (EU) comprometeram-se a reduzir as emissões de gases de efeito de estufa conforme objetivo do Protocolo. A UE comprometeu-se em reduzir 8% (a partir dos níveis de 1990), tendo acordado internamente o compromisso dos Estados-Membros (UNFCCC, 2000; UNFCCC, 2010).

Relativamente ao segundo período de compromisso, as Partes comprometeram-se a reduzir as emissões em pelo menos 18%, abaixo dos níveis de 1990 (UNFCCC, 2010). A UE, após ter cumprido os seus objetivos no âmbito do primeiro período de compromisso, assumiu o compromisso de reduzir as emissões em 20% dos níveis de 1990, com a possibilidade de aumentar esta redução para 30%, se as condições o permitirem (AEA, 2017; CE, 2012).

No quadro de políticas climáticas e energéticas, a UE estabeleceu a meta vinculativa de, até 2030, reduzir as emissões no seu território em pelo menos 40% relativamente aos níveis de 1990 (AEA, 2017).

Para alcançar os objetivos a que se propôs, a UE, entre outras medidas, adotou regulamentação com vista a promover, por um lado, a utilização de fontes de energia renováveis (RES) – tais como a eólica, a solar, a hidráulica e a biomassa – e, por outro lado, a redução do consumo energético dos edifícios (CE, s.d. a).

Os edifícios na UE são responsáveis por, aproximadamente, 40% do consumo de energia final e 36% das emissões de CO₂. Estima-se que, a implementação de medidas de eficiência energética pode reduzir o consumo total de energia na UE entre 5 a 6% e as emissões de CO₂ em cerca de 5% (CE, s.d. b).

A Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, sobre o desempenho energético dos edifícios, estabeleceu a definição de “Edifício com necessidades quase nulas de energia”, designado por nZEB. O estabelecimento dos requisitos mínimos de desempenho energético que conferem aos edifícios a designação de nZEB é da responsabilidade de cada Estado-Membro (Diretiva 2010/31/UE, 2010).

De igual modo, a Diretiva prevê que os Estados-Membros assegurem que a partir de 2018 todos os novos edifícios públicos sejam nZEB. Esta obrigação alargada aos restantes edifícios novos a partir de 2020. Relativamente aos edifícios existentes, aquando da realização de grandes renovações, deverá ser assegurado que o desempenho energético do edifício ou da sua parte renovada é melhorado, a fim de cumprir os requisitos mínimos estabelecidos.

Dado que, 35% dos edifícios na UE têm mais de 50 anos (CE, s.d. b), a renovação dos edifícios existentes, que apresentam fraco desempenho energético, é crucial para alcançar as metas assumidas, pelo que os Estados-Membros devem adotar medidas que estimulem o aumento da taxa de renovação dos edifícios.

A Diretiva 2012/27/UE, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética, destaca a importância dos edifícios públicos, devido a representarem uma parte considerável do parque imobiliário e terem grande visibilidade na vida pública. Neste contexto, é fixada uma taxa anual de renovação dos edifícios propriedade da administração central, com o objetivo de melhorar o seu desempenho energético, respeitando o exarado na Diretiva 2010/31/UE (Diretiva 2012/27/UE, 2012).

1.2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo final efetuar um estudo prévio de melhoria do desempenho energético de um edifício público existente, de modo a, se possível, obter-se um nZEB.

O objeto de estudo é o edifício dos Paços do Concelho de Alenquer, cuja a construção se iniciou em 1887 e a inauguração foi em 2 de janeiro de 1890. Atualmente, o edifício apresenta um bom estado de conservação.

Para a concretização do acima referido, é ainda objetivo deste trabalho identificar, essencialmente para edifícios existentes e públicos, a legislação aplicável e as recomendações/resultados obtidos por projetos que visam o estudo e a implementação do conceito nZEB na União Europeia.

1.3. ESTRUTURA

A estrutura do presente documento reflete a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, que englobou 2 grandes etapas.

A primeira, consistiu no levantamento do estado da arte dos seguintes temas:

- Conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia (nZEB) na União Europeia e em Portugal;
- Legislação comunitária e nacional relacionada com o conceito nZEB, nomeadamente no que respeita à renovação de edifícios existentes e públicos;
- Projetos desenvolvidos na UE com o objetivo de estudar e de implementar o conceito nZEB e, se aplicável, as suas principais conclusões e recomendações.

A segunda, compreendeu o estudo do edifício, na perspetiva de melhoria do seu desempenho energético, sendo abordados os pontos seguintes:

- Caracterização do edifício e dos aspetos relacionados com sua eficiência energética;
- Proposta de medidas de melhoria de eficiência energética identificadas na etapa anterior e consideradas passíveis de implementação.

2. EDIFÍCIOS NZEB

2.1. SETOR DO IMOBILIÁRIO

O nível de desempenho energético dos edifícios é um fator decisivo para a política da UE em matéria de eficiência energética, devido ao alto consumo de energia final que representa e à economia de energia potencial estimada associada ao setor. Em 2010, edifícios residenciais, de escritórios, comerciais e outros representam quase 40% do consumo de energia final e 36% das emissões de gases com efeito de estufa da União. O imobiliário é o segundo setor com maior potencial inexplorado de poupança de energia com boa relação custo-eficácia, a seguir ao setor da energia propriamente dito (COM(2013) 225 final, 2013; COM(2013) 483 final/2, 2013; CE, 2016).

De acordo com a Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, COM (2011) 112 final, de 8 de março de 2011, o sector do imobiliário proporciona oportunidades de baixo custo e de rápida implementação para reduzir as emissões, sobretudo através de melhorias ao nível do desempenho energético dos edifícios. A análise efetuada pela Comissão mostra que é possível reduzir as emissões neste sector em cerca de 90% até 2050, o que representa uma contribuição a longo prazo acima da média dos outros setores considerados (COM(2011) 112 final, 2011).

A melhoria do desempenho energético do parque imobiliário europeu é essencial para o cumprimento das metas definidas para 2020 relacionadas com o clima e com a energia, em que os Estados-Membros se comprometeram a reduzir as emissões de GEE em 20% em relação ao valor de 1990, aumentar 20% a proporção de RES no cabaz energético da UE e alcançar a meta de 20% estabelecida para a eficiência energética. Prevê-se que esta melhoria deverá ter também importantes benefícios colaterais, tais como a criação de emprego, a atenuação da pobreza energética (ajudará a proteger os consumidores do aumento dos preços dos combustíveis fósseis), a melhoria do nível da saúde, maior segurança energética e maior competitividade industrial (COM(2011) 112 final, 2011; COM(2013) 225 final, 2013; COM(2013) 483 final/2, 2013).

No mesmo sentido aponta o relatório *Assessing the Employment and Social Impact of Energy Efficiency*, de novembro de 2015, elaborado pela *Cambridge Econometrics* com base em consultas da Organização Mundial de Saúde (WHO) e da Agência Internacional de Energia (IEA), acerca dos impactos da eficiência energética no emprego e na sociedade, este refere que a eficiência energética tem inúmeros benefícios, conforme representado na Figura 1 (Cambridge Econometrics, 2015; Santos P. , 2017).



Fig. 1 - Co-benefícios das políticas de eficiência energética (Santos P. , 2017)

2.1.1. PARQUE EDIFICADO EUROPEU

No estudo publicado pelo *Buildings Performance Institute Europe* (BPIE), em 2011, estima-se que o parque edificado europeu (UE27, Suíça e Noruega) tenha 25 biliões de m² de espaço útil, apresentando taxa de crescimento anual no setor residencial de cerca de 1%. A região Norte e Oeste da Europa representa metade valor estimado, enquanto os restantes 36% e 14% estão contidos nas regiões Sul e Central e Leste, respetivamente. A Figura 2 ilustra as regiões consideradas no estudo e a distribuição mencionadas (BPIE, 2011; Cunha, 2015).

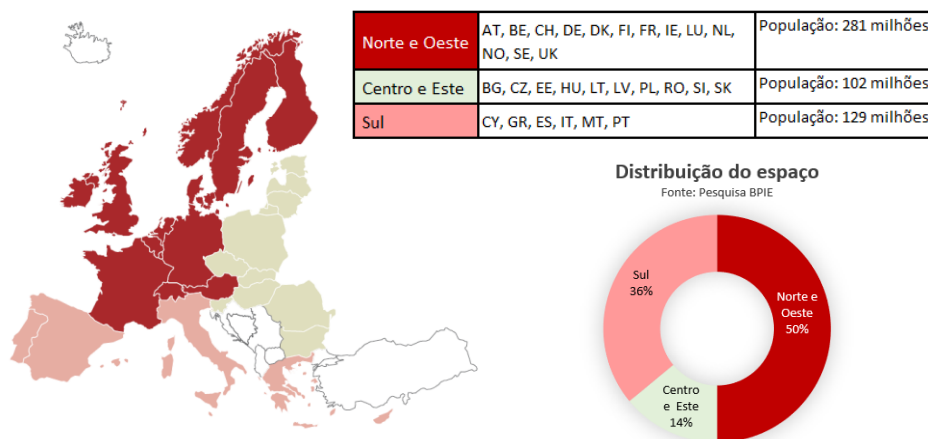


Fig. 2 - Regiões consideradas no estudo e distribuição de espaço útil dos edifícios (BPIE, 2011)

De acordo com o mesmo estudo, os edifícios residenciais correspondem a 75% da área ocupada e os não residenciais a 25%. Uma parte substancial dos edifícios existentes tem mais de 50 anos, sendo que alguns, ainda em utilização, apresentam centenas de anos de idade. Dos edifícios residenciais, mais de 40% foram construídos antes da década de 1960, antes da existência de regulamentação referente ao desempenho energético dos edifícios ou quando esta ainda era muito incipiente. Os dados sobre os níveis típicos de consumo de aquecimento dos edifícios existentes por idade mostram que o maior potencial de poupança de energia está associado aos edifícios de construção antiga, onde, em alguns casos, os edifícios da década de 1960 apresentam piores consumos do que os edifícios das décadas anteriores. A Figura 3 expõe a distribuição dos edifícios residenciais em função da sua idade (BPIE, 2011; Cunha, 2015).

Fonte: Pesquisa BPIE

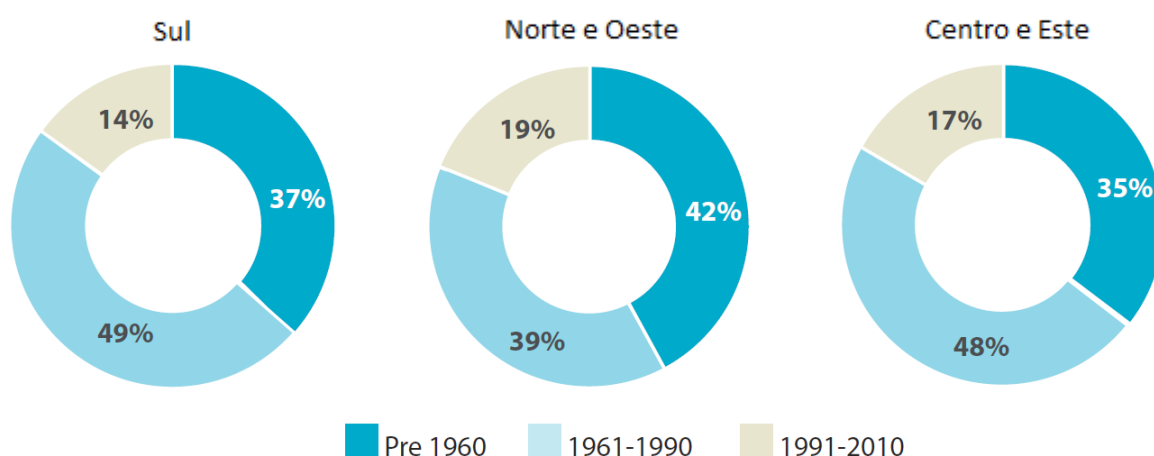


Fig. 3 - Distribuição do parque habitacional na Europa por idade (BPIE, 2011)

2.1.2. PARQUE EDIFICADO NACIONAL

Segundo os Censos 2011, que apresentam e analisam indicadores de caracterização do parque habitacional português, o número de edifícios destinados à habitação é de 3 544 389, tendo-se verificado a continuação da tendência de forte crescimento do parque habitacional. A dinâmica de construção das últimas décadas faz com que uma parte muito significativa dos edifícios seja relativamente jovem, o índice de envelhecimento dos edifícios apurado evidencia que o número de edifícios construídos até 1960 é menos do dobro do que aqueles que foram construídos entre 2001 e 2011. Relativamente ao estado de conservação dos edifícios, os resultados dos inquéritos revelam que, 1,7% dos edifícios se encontram muito degradados e 27,3% necessitam de reparações, ou seja, cerca de 1 milhão de edifícios do parque habitacional necessitam de intervenção. A maioria dos edifícios, 2 519 452 (71%), encontram-se em bom estado de conservação e não necessitam de reparações, conforme se pode constatar na Tabela 1 (INE, 2012; INE & LNEC, 2013).

Estado de conservação	Época de construção										
	Total	antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Portugal	3 544 389	206 343	305 696	387 340	408 831	588 858	578 845	268 179	290 292	300 635	209 370
Sem necessidade de reparação	2 519 452	77 346	125 924	196 813	248 427	425 232	467 456	231 003	262 516	283 839	200 896
Com necessidade de reparação	965 782	106 616	162 017	181 111	156 093	160 883	110 091	36 791	27 459	16 540	8 181
Pequenas reparações	624 322	49 023	81 697	107 390	104 723	120 211	88 017	30 341	23 068	13 690	6 162
Reparações médias	244 303	34 993	52 281	53 134	39 840	32 811	18 540	5 314	3 628	2 289	1 473
Grandes reparações	97 157	22 600	28 039	20 587	11 530	7 861	3 534	1 136	763	561	546
Muito degradado	59 155	22 381	17 755	9 416	4 311	2 743	1 298	385	317	256	293

Tab, 1 - Distribuição do parque habitacional português por época de construção e estado de conservação (INE, 2012)

Em Portugal, a primeira regulamentação sobre requisitos térmicos foi introduzida pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 fevereiro - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE). Atendendo aos valores dos Censos 2011, cerca de 2 475 913 edifícios – aproximadamente 70% do total – foram construídos até 1990, no período que não existia qualquer regulamentação relativa ao desempenho energético dos edifícios, pelo que têm um maior potencial de poupança de energia.

Relativamente à área edificada, esta corresponde a cerca de 452.000.000 m², dos quais 77% são relativos a edifícios de habitação. Os edifícios de comércio e serviços encontram-se desagregados conforme a Figura 4 (Cunha, 2015; DGEG, 2014).

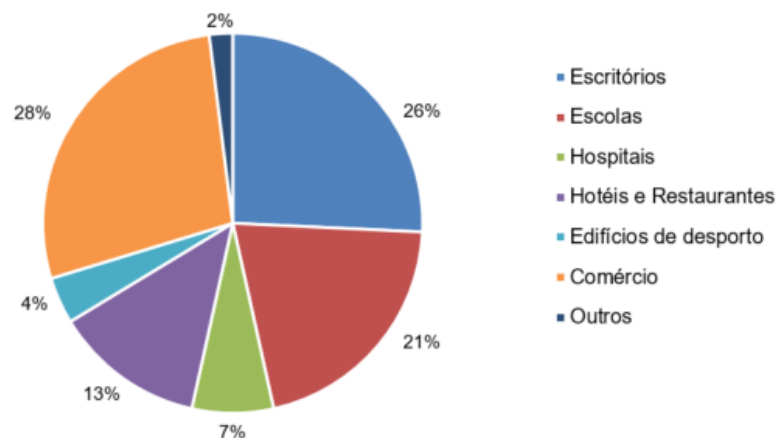


Fig. 4 - Distribuição dos edifícios não residenciais por tipologia em Portugal (DGEG, 2014)

2.1.3. SETOR PÚBLICO

A melhoria do desempenho energético dos edifícios que são propriedade de organismos públicos tem merecido uma atenção especial pela UE. Dado que, os edifícios do setor público compreendem cerca de 12% do parque edificado europeu existente e têm grande visibilidade

na vida pública, pretende aquela instituição que os organismos públicos assumam um papel exemplar no cumprimento, pelo menos, dos requisitos mínimos de desempenho energético. Neste sentido, em complemento à Diretiva 2010/31/UE, que institui a obrigação dos novos edifícios públicos após 2018 terem necessidades quase nulas de energia, a Diretiva 2012/27/UE impôs aos Estados-Membros uma taxa de renovação anual de 3% aplicada à área construída total dos edifícios detidos e ocupados pelas respetivas administrações centrais (BPIE, 2011; Diretiva 2010/31/UE, 2010; Diretiva 2012/27/UE, 2012).

2.2. CONCEITO NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING (NZEB)

O conceito nZEB é um derivado do conceito *Zero Energy Building* (ZEB). Existem várias interpretações deste conceito, que é considerado internacionalmente como uma solução realista para a mitigação das emissões de CO₂ e para a redução e a racionalização do uso de energia no setor da construção. Na literatura existente, o conceito ZEB é definido com uma grande diversidade de termos e expressões que destacam diferentes aspetos do ZEB, assim como de abordagens distintas para as respetivas definições. Face a esta diversidade deveria ser adotada, a nível internacional, uma definição comum e inequívoca e o desenvolvimento de uma metodologia de suporte para o cálculo do balanço energético (Cunha, 2015; Marszal, et al., 2011; Tavares, 2013).

O artigo *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*, publicado em 2011 no jornal *Energy and Buildings* (Marszal, et al., 2011), apresenta uma revisão da maioria das definições ZEB existentes e das várias abordagens para possíveis metodologias de cálculo do ZEB.

2.2.1. CONCEITO NZEB NA UNIÃO EUROPEIA

Para efeitos do presente trabalho, considera-se a definição do conceito nZEB adotada pela UE nos termos do artigo 2.º, n.º 2, da Diretiva 2010/31/UE, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação), a seguir transcrita:

“«Edifício com necessidades quase nulas de energia», um edifício com um desempenho energético muito elevado, determinado nos termos do anexo I. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades” (Diretiva 2010/31/UE, 2010).

Este conceito reflete o facto de as medidas de eficiência energética e as energias renováveis se complementarem na obtenção de edifícios nZEB. As energias renováveis, quando integradas nos edifícios, permitirão reduzir o nível líquido de energia fornecida pela rede de distribuição pública (Recomendação (UE) 2016/1318, 2016).

No mesmo artigo acima mencionado da Diretiva 2010/31/UE, nos n.ºs 4 e 6, são definidas duas terminologias utilizadas no conceito enunciado:

- “«Desempenho energético de um edifício», a energia calculada ou medida necessária para satisfazer a procura de energia associada à utilização típica do edifício, que inclui, nomeadamente, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação”;
- “«Energia proveniente de fontes renováveis», a energia proveniente de fontes não fósseis renováveis, nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e dos oceanos, hídrica, de biomassa, de gases dos aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e de biogases” (Diretiva 2010/31/UE, 2010).

Para o correto entendimento da definição do conceito nZEB, importa ainda atender ao mencionado “anexo I” da Diretiva, denominado “Quadro geral comum para a metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios”, que estabelece orientações gerais sobre a metodologia de cálculo do desempenho energético, devendo os Estados-Membros, em conformidade com as orientações, definir e aprovar a sua própria metodologia.

Segundo Helder Gonçalves do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Daniel Aelenei da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL) e Laura Aelenei (LNEG) – que integram o grupo de trabalho da Agência Internacional de Energia *Towards Net Zero Energy Solar Buildings*, cujo objetivo é estudar os edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo, abordando entre outros aspetos, a definição do conceito e os métodos de conceção e demonstração associados – a tradução do termo *nearly zero - energy building* efetuada na Diretiva 2010/31/UE como “edifício com necessidades quase nulas de energia” pode originar confusão na interpretação, porque o que está em causa é o balanço energético anual entre necessidades e produção de energia. Ou seja, os edifícios têm necessidades energéticas e através da incorporação de sistemas de energias renováveis conseguem satisfazer ou compensar esses consumos na totalidade ou quase (Aelenei, Aelenei, & Gonçalves, 2012).

De igual modo, é entendimento dos mesmos que, de acordo com a Diretiva o balanço energético deve ser realizado pelos valores mínimos possíveis dos consumos, isto é, nos novos edifícios ou nas renovações, a prioridade é reduzir as necessidades energéticas dos edifícios, procurando então colmatar essas necessidades com renováveis (Aelenei, Aelenei, & Gonçalves, 2012).

A redução das necessidades energéticas dos edifícios poderá ser avaliada e obtida através de 4 vertentes (Figura 5) (Aelenei L. , 2012; Gonçalves, 2011):

- Estratégias de conceção, nomeadamente, sistemas passivos e aproveitamento de fatores naturais como a iluminação e a ventilação;
- Novas tecnologias construtivas, para otimização quer térmica quer dos ganhos solares;
- Sistemas eficientes, relativamente a equipamentos e iluminação;
- Integração urbana, partilha de fontes renováveis entre edifícios vizinhos.

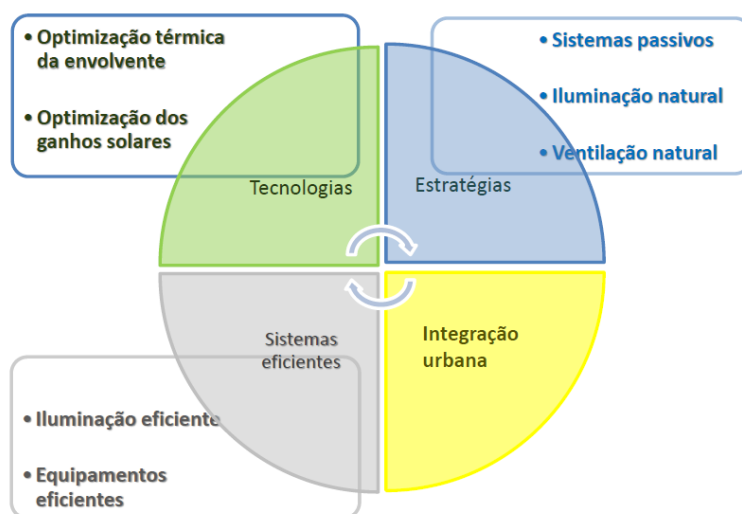


Fig. 5 - Redução das necessidades energéticas dos edifícios (Aelenei L. , 2012; Gonçalves, 2011)

Relativamente aos edifícios existentes, a Diretiva 2010/31/UE determina que, aquando da realização de grandes renovações em edifícios, o desempenho energético do edifício ou da sua parte renovada seja melhorado – na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico –, tendo como objetivo tornar os edifícios remodelados em edifícios com necessidades quase nulas de energia. Os Estados-Membros ao estabelecerem os requisitos mínimos de desempenho energético podem fazer distinção entre edifícios novos e edifícios existentes (Diretiva 2010/31/UE, 2010).

Pelo exposto, constata-se que a Diretiva estabelece apenas uma definição-quadro de “edifícios com necessidades quase nulas de energia” muito flexível, sem uma definição nZEB única e harmonizada em toda a UE, sendo da responsabilidade de cada Estado-Membro pormenorizar o conceito, considerando a viabilidade de o implementar no seu contexto nacional. A flexibilização da definição, pela UE, visa proporcionar uma margem considerável aos Estados-Membros para refletirem, na sua especificação do conceito nZEB, o impacto das condições climáticas nas necessidades de aquecimento e arrefecimento e da relação custo-eficácia dos pacotes de medidas sobre eficiência energética e RES (BPIE, 2015; Recomendação (UE) 2016/1318, 2016).

Acresce que, as características do parque imobiliário europeu variam significativamente entre Estados-Membros em termos de idade, tipo, propriedade, taxas de renovação de ar e desempenho energético. Assim, embora as políticas nacionais e os quadros regulamentares tenham temas comuns, as medidas destinadas a melhorar o parque imobiliário terão de tomar em consideração essas diferenças (COM(2013) 225 final, 2013).

Aquando da transposição da Diretiva 2010/31/UE para a ordem jurídica interna, cada Estado-Membro, terá que pormenorizar os parâmetros constantes da definição do conceito nZEB que se encontram por definir/quantificar, tais como (Erhorn & Erhorn-Kluttig, 2012; Aelenei, Aelenei, & Gonçalves, 2012; Recomendação (UE) 2016/1318, 2016; Zirngibl, 2014):

- “desempenho energético muito elevado”;
- “necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas”;

- “cobertas em grande medida”;
- “produzida no local ou nas proximidades”.

Delia D'Agostino e Paolo Zangheri apresentam esquematicamente (Figura 6) os principais aspetos que ainda precisam ser debatidos para clarificar o conceito nZEB e que estão relacionados com (D'Agostino, 2015; Zangheri & D'Agostino, 2016):

- Nível de limite físico – Entradas de energia renovável que podem ser incluídas ou não no saldo do balanço energético;
- Período do balanço energético – Período a considerar para efetuar o balanço energético;
- Conexão à infraestrutura de energia – Relativo às ligações a redes de serviços públicos;
- Métrica do balanço energético – Avaliação da(s) melhor(es) unidade(s) e fatores de conversão a utilizar;
- Tipo de uso de energia – Métodos para calcular o uso de energia de um edifício e tipos de energias a considerar;
- Opções de fornecimento renovável – Proximidade das fontes de energia renovável;
- Tipo de balanço energético – Referente aos possíveis saldos que podem ser originados pela relação entre as necessidades energéticas e produção, bem como com a relação com a rede de serviço pública.



Fig. 6 - Principais argumentos dos nZEB a serem estabelecidos na definição (Zangheri & D'Agostino, 2016)

A Comissão Europeia (CE), em 29 de julho de 2016, emitiu uma recomendação dirigida aos Estados-Membros relativa às orientações para a promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia e das melhores práticas. Aquela instituição considera que o cumprimento das suas orientações contribuirá para garantir que, até 31 de dezembro de 2020, todos

os edifícios novos sejam nZEB, assim como ajudará os Estados-Membros na elaboração de planos nacionais destinados a aumentar o número de nZEB (Recomendação (UE) 2016/1318, 2016). Contudo, as orientações e as melhores práticas preconizadas pela CE não retiram a flexibilidade inerente ao conceito nZEB da UE.

2.2.2. CONCEITO NZEB EM PORTUGAL

O conceito nZEB foi introduzido na legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que transpõe a Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, encontrando-se o seu enquadramento exarado no n.º 2 do artigo 16.º, conforme transcrição a seguir:

“São edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades.” (DL n.º 118/2013, 2013).

Do mesmo artigo destaca-se o n.º 4 que transpõe as datas a partir das quais os edifícios públicos novos e o todos os edifícios novos devem ser nZEB, respetivamente, 31 de dezembro de 2018 e 31 de dezembro de 2020.

Destaca-se ainda o n.º 5, que prevê que os nZEB devem ser dotados de:

- Componente eficiente compatível com o limite mais exigente dos níveis de viabilidade económica, diferenciada para edifícios novos e edifícios existentes e para diferentes tipologias, definida na portaria;
- Energias renováveis que cubram grande parte do remanescente das necessidades energéticas;
- Formas de captação locais ou próximas de energia renovável:
 - Preferencialmente, no próprio edifício ou na parcela de terreno de implantação;
 - Em complemento, em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível.

Após a publicação do DL n.º 118/2013 verificaram-se quatro alterações através dos Decretos-Lei n.ºs 68-A/2015, de 30 de abril, 194/2015, de 14 de setembro, 251/2015, de 25 de novembro e 28/2016, de 23 de junho.

A primeira alteração decorre da transposição da Diretiva 2012/27/UE, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética (DL n.º 68-A/2015, 2015). As três últimas alterações visaram, essencialmente, a clarificação de questões suscitadas pela Comissão Europeia decorrentes da análise à legislação nacional de transposição da Diretiva 2010/31/UE. Esta instituição apresentou dúvidas a respeito do sentido e alcance de alguns dos conceitos empregues, por Portugal não ter transposto corretamente para o direito nacional todos os requisitos da Diretiva (DL n.º 194/2015, 2015; DL n.º 251/2015, 2015; DL n.º 28/2016, 2016).

Relativamente ao conceito nZEB, a redação do artigo 16.º foi alterado por duas vezes, apenas no seu número 2, com o desígnio de tornar explícita a prevalência da prioridade de redução

das necessidades de energia dos edifícios sobre o recurso a energia proveniente de fontes renováveis, independentemente do seu local de produção, destinada a suprir ou atenuar significativamente essas necessidades (DL n.º 28/2016, 2016).

A Figura 7 apresenta a definição do conceito nZEB da Diretiva 2010/31/UE e a evolução do conceito no direito nacional, verificando-se a aproximação progressiva da definição nacional ao texto da diretiva comunitária.

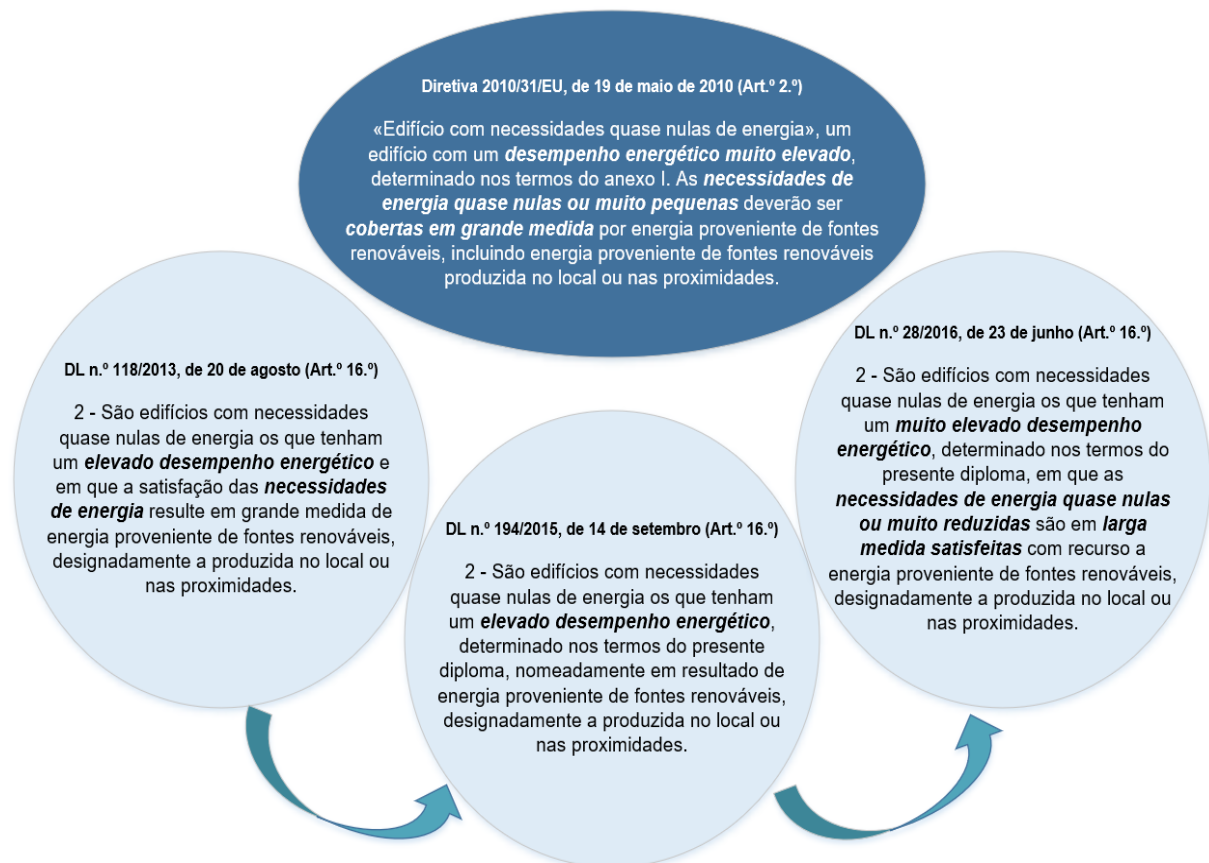


Fig. 7 - Definição de nZEB da UE e evolução em Portugal

Pese embora Portugal ter procedido à transposição da Diretiva 2010/31/UE e às alterações da legislação nacional decorrentes das análises da Comissão Europeia, o enquadramento do conceito nZEB ainda apresenta lacunas na pormenorização de parâmetros, que era suposto ter sido assegurada aquando da transposição. Assim, pode-se considerar que, a definição nZEB ainda não está concluída em Portugal (ADENE, 2016; CA EPBD, 2015; DGEG, 2016).

Entendimento idêntico é exposto por Almeida M. et al no texto “Definição de nZEB em Portugal – Contributo com base em análises de custo de ciclo de vida”, ao referir que as definições, da Diretiva e de Portugal, apresentam ainda um elevado grau de indefinição, à semelhança de muitos dos restantes Estados-Membros da UE (Almeida, Ferreira, & Rodrigues, 2016).

2.3. TRANSPOSIÇÃO DA DIRETIVA 2010/31/UE PARA PORTUGAL

Conforme anteriormente mencionado, o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, transpôs a Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios que veio reformular o regime estabelecido pela Diretiva 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002 (DL n.º 118/2013, 2013).

Esta Diretiva tinha sido transposta pelos Decretos-Lei n.ºs 78/2006, 79/2006 e 80/2006, todos de 4 de abril, que consignavam, respetivamente, os regimes do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE₀), do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (DL n.º 28/2016, 2016).

O DL n.º 118/2013 assegurou não só a transposição da Diretiva 2010/31/UE, mas também a revisão da legislação nacional acima aludida, incluindo 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) (DL n.º 118/2013, 2013).

Segundo o n.º 1 do artigo 1.º do DL n.º 118/2013, este diploma visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do SCE, que integra o REH e o RECS (DL n.º 118/2013, 2013).

Com a revisão da legislação foi introduzida uma separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando o primeiro a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e o último sobre os de comércio e serviços. De igual modo, a definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios foram revistas, passando a basear-se nos seguintes pilares (DL n.º 118/2013, 2013):

- No REH:
 - Comportamento térmico;
 - Eficiência dos sistemas técnicos.
- No RECS:
 - Comportamento térmico;
 - Eficiência dos sistemas técnicos;
 - Ventilação e qualidade do ar interior;
 - Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos.

Para cada um destes pilares foram definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes (DL n.º 118/2013, 2013).

A Figura 8 ilustra a estrutura do DL n.º 118/2013, podendo-se observar as características do diploma anteriormente enunciadas.

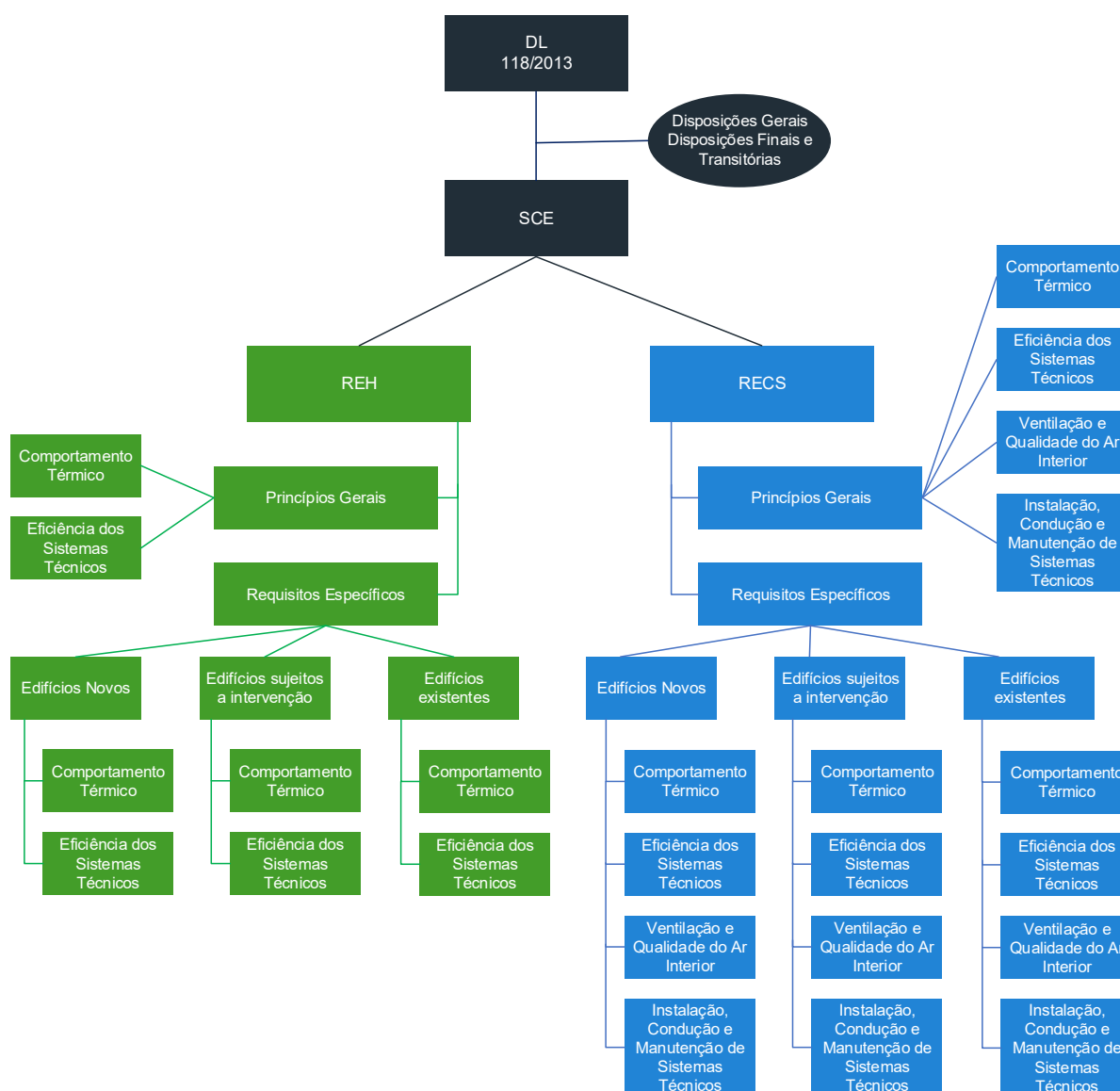


Fig. 8 - Estrutura do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto

O DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, foi sujeito a quatro alterações através dos Decretos-Lei n.ºs 68-A/2015, de 30 de abril, 194/2015, de 14 de setembro, 251/2015, de 25 de novembro, e 28/2016, de 23 de junho e a uma retificação através da Declaração de Retificação n.º 41/2013, de 17 de outubro.

Em 2016, a Região Autónoma da Madeira adaptou o DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, através do Decreto Legislativo Regional n.º 1/2016/M, de 14 de janeiro, e a Região Autónoma dos Açores adaptou o diploma através do Decreto Legislativo Regional n.º 4/2016/A, de 2 de fevereiro.

Além da legislação já enunciada, relacionada com o DL n.º 118/2013, foi ainda publicada diversa legislação complementar que, bem como a restante, se encontra em vigor, e que a seguir se discrimina (ADENE, s.d.; CE, s.d. c):

- **Lei n.º 58/2013**, de 20 de agosto – Requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado e de técnico de instalação e manutenção;
- **Portaria n.º 349-A/2013**, de 29 de novembro – Competências da entidade gestora do SCE;
 - **Portaria n.º 115/2015**, de 24 de abril – Primeira alteração da Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro;
 - **Portaria n.º 39/2016**, de 7 de março – Segunda alteração do Anexo IV da Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro;
- **Portaria n.º 349-B/2013**, de 29 de novembro – REH – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções;
 - **Portaria n.º 379-A/2015**, de 22 de outubro – Primeira alteração da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro;
 - **Portaria n.º 319/2016**, de 15 de dezembro – Segunda alteração da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro;
- **Portaria n.º 349-C/2013**, de 2 de dezembro – Elementos para procedimentos de licenciamento e fichas de cálculo;
 - **Declaração de Retificação n.º 4/2014**, de 31 de janeiro – Retificação da Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro;
 - **Portaria n.º 405/2015**, de 20 de novembro – Primeira alteração da Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro;
- **Portaria n.º 349-D/2013**, de 2 de dezembro – RECS – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções;
 - **Declaração de Retificação n.º 3/2014, de 31 de janeiro** – Retificação da Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro;
 - **Portaria n.º 17-A/2016, de 4 de fevereiro** – Primeira alteração à Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013**, de 3 de dezembro – Modelos dos pré-certificados e certificados do SCE;
 - **Despacho (extrato) n.º 6469/2016, de 17 de maio** – Alteração ao Despacho n.º 15793-C/2013, de 2 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013**, de 3 de dezembro – Fatores de conversão entre energia útil e energia primária;
 - **Declaração de Retificação n.º 129/2014**, de 11 de fevereiro – Retificação do despacho n.º 15793-D/2013, de 3 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013**, de 3 de dezembro – Regras de simplificação a utilizar nos edifícios existentes e nos sujeitos a grandes intervenções;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013**, de 3 de dezembro – Parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados;
 - **Declaração de Retificação n.º 130/2014**, de 11 de fevereiro – Retificação do despacho n.º 15793-F/2013, de 3 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013**, de 3 de dezembro – RECS – Procedimento dos ensaios e da receção provisória das instalações e do plano de manutenção;

- **Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013**, de 3 de dezembro – Regras para o contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis;
 - **Despacho n.º 3156/2016**, de 1 de março – Alteração ao Despacho n.º 15793-H/2013, de 2 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013**, de 3 de dezembro – Método de cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento;
 - **Declaração de Retificação n.º 128/2014**, de 11 de fevereiro – Retificação do despacho n.º 15793-I/2013, de 3 de dezembro;
 - **Despacho n.º 3777/2017**, de 5 de maio – Alteração do Despacho n.º 15793-I/2013, de 2 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013**, de 3 de dezembro – Regras de determinação da classe energética;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013**, de 3 de dezembro – Parâmetros térmicos de cálculo;
 - **Declaração de Retificação n.º 127/2014**, de 11 de fevereiro – Retificação do despacho n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro;
- **Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013**, de 3 de dezembro – Metodologia de apuramento da viabilidade económica;
- **Portaria n.º 353-A/2013**, de 4 de dezembro – RECS – Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior;
 - **Declaração de Retificação n.º 2/2014**, de 31 de janeiro – Retificação da Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro;
- **Portaria n.º 66/2014**, de 12 de março – Sistema de avaliação dos técnicos do SCE;
- **Despacho n.º 7113/2015**, de 29 de junho – Critérios de verificação da qualidade dos processos de certificação efetuados pelos técnicos do SCE;
 - **Declaração de Retificação n.º 769/2015**, de 7 de setembro – Retificação do Despacho n.º 7113/2015, de 29 de junho;
- **Despacho n.º 8892/2015**, de 11 de agosto – Metodologia de classificação dos ascensores, tapetes rolantes e escadas mecânicas em edifícios de comércio e serviços;
- **Despacho n.º 14985/2015**, de 17 de dezembro – Metodologia de cálculo de “Qusable” e de “Seasonal Performance Factor”;
- **Despacho (extrato) n.º 6470/2016**, de 17 de maio – Requisitos associados à elaboração dos planos de racionalização energética.

Atendendo ao conteúdo e às remissões contidas da legislação complementar enunciada, bem como ao DL n.º 118/2013 e suas alterações, apresenta-se esquematicamente, nas Figuras 9, 10 e 11, a alocação da mesma ao SCE, ao REH e ao RECS. As cores mais escuras e centrais de cada figura representam a legislação principal, ou seja, o DL n.º 118/2013, as intermédias representam a legislação complementar à principal e, for fim, as mais claras e mais periféricas representam alterações, retificações ou legislação complementar às anteriores, ou seja, as Figuras representam a hierarquia da legislação existente sobre cada matéria.



Fig. 9 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao SCE

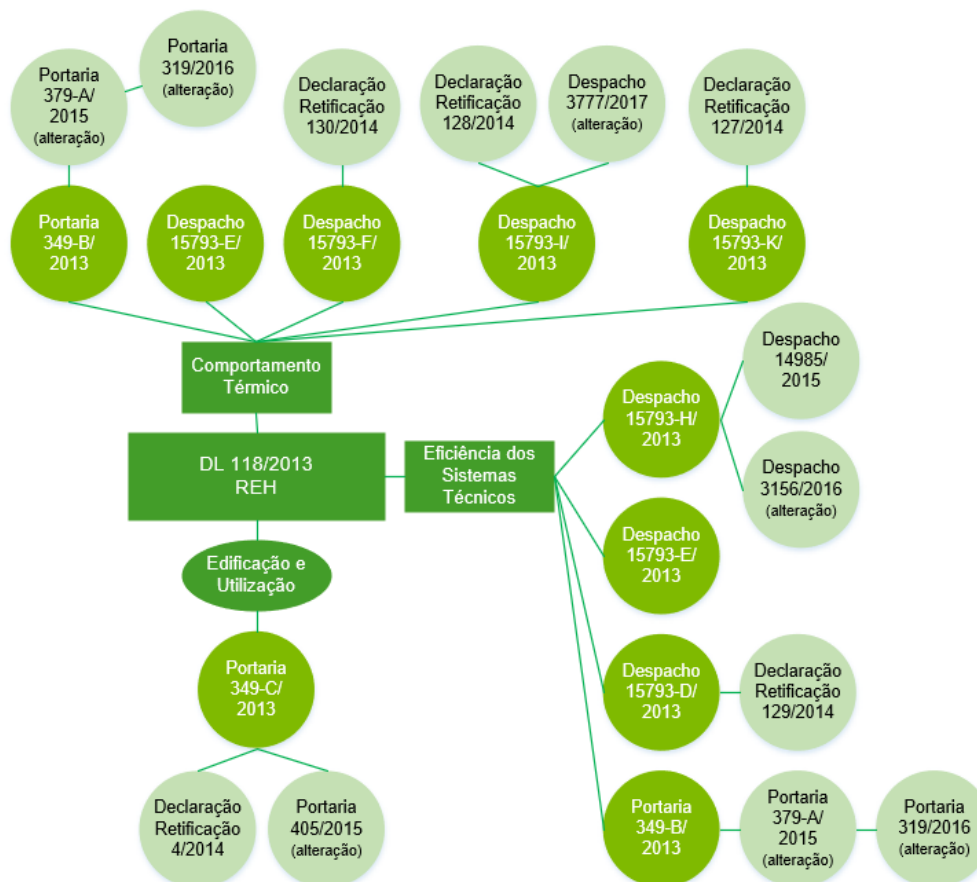


Fig. 10 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao REH

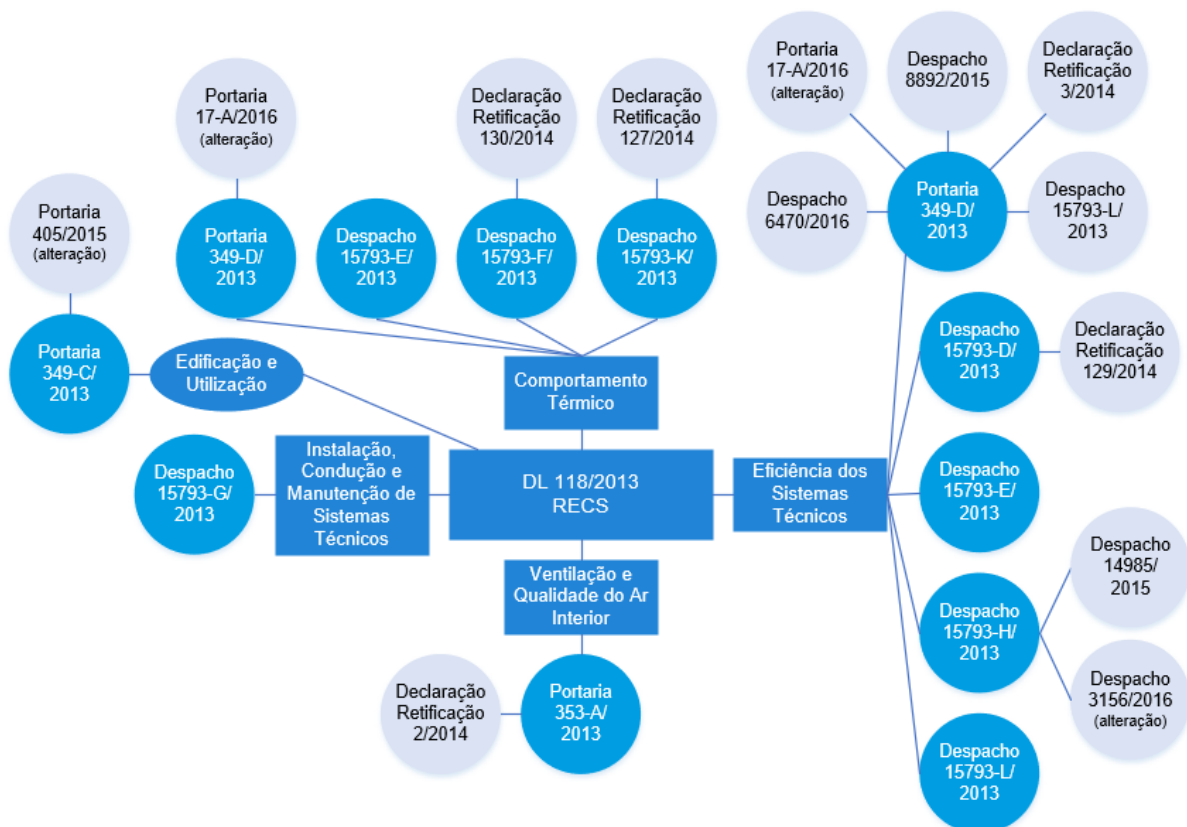


Fig. 11 - Legislação complementar ao DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, associada ao RECS

2.4. BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO NZEB

A conceção e construção de novos edifícios nZEB encontra-se sujeita a fortes constrangimentos, tais como as barreiras de mercado (p. ex., preços dos materiais e produtos), as barreiras relativas aos conhecimentos e à forma de trabalhar dos profissionais da área da construção e afins. De igual modo, a renovação de edifícios, com vista a torná-los nZEB, está sujeita à maioria dos mesmos constrangimentos, acrescidos de outros inerentes às especificidades que, no geral, envolvem as renovações (Amado, Niza, Almeida, & Monteiro, 2016).

Na UE, os edifícios representam cerca de 40% do consumo de energia total, como mencionado anteriormente. Deste universo de edifícios, aproximadamente, 75% são energeticamente ineficientes. A taxa atual de renovação tem sido perto de 1% dos edifícios por ano, a este ritmo será necessário esperar um século para descarbonizar o parque imobiliário, transformando-o num parque imobiliário moderno com níveis de consumo de energia próximos de zero (COM(2016) 860 final, 2016; COM(2016) 860 final - ANNEX 1, 2016).

Constata-se que, a melhoria do desempenho e eficiência energética dos edifícios existentes, quer sejam privados ou públicos, tem vindo a ser caracterizada pelo subinvestimento, entre outros obstáculos. Os investimentos em poupança de energia são frequentemente ignorados, nos edifícios que têm sido objeto de obras de conservação e beneficiação, devido à escassez

de capitais, à falta de informações fiáveis, à ausência de trabalhadores qualificados ou às dúvidas sobre os seus possíveis benefícios (COM(2016) 860 final, 2016).

Relativamente aos benefícios, importa salientar que, os edifícios mais eficientes proporcionam maiores níveis de conforto e de bem-estar aos seus ocupantes e melhoram a saúde, reduzindo a mortalidade e morbilidade resultantes de um ambiente interior de má qualidade. Por exemplo, o adequado aquecimento e ventilação das habitações mitiga os eventuais efeitos negativos da humidade na saúde, designadamente nos grupos vulneráveis como as crianças, os idosos e os doentes (COM(2016) 765 final, 2016).

A melhoria do desempenho e eficiência energética dos edifícios está dependente da decisão de milhões de proprietários e de um grande número de gestores de edifícios, especialmente, multifamiliares, comerciais e públicos. Perante esta realidade a BPIE, durante o ano de 2011, realizou um levantamento detalhado, em 29 países, das barreiras e desafios que impedem a tomada de decisão de renovação dos edifícios. O conhecimento destas barreiras é fundamental para que a UE e cada Estado-Membro adotem políticas e estratégias que visem a remoção de barreiras existentes que podem atrasar o mercado de renovação (BPIE, 2011; BPIE, 2013).

O estudo da BPIE identificou as seguintes quatro principais categorias de barreiras que têm um impacto particular na renovação dos edifícios existentes (BPIE, 2011):

I. Barreiras Financeiras

Esta categoria engloba as barreiras relacionadas com:

- A falta de fundos e/ou incapacidade de garantir financiamento em termos aceitáveis por parte das famílias, das empresas, dos provedores de habitação social e do setor público;
- O tempo de recuperação dos investimentos, pese embora a análise dos mesmos apresente valor atual líquido VAL positivos e taxa interna de retorno TIR elevadas;
- A valorização, pelos investidores, de outros investimentos em detrimento dos investimentos em medidas de poupança de energia;
- Os incentivos financeiros desajustados ou inexistentes e a representatividade dos custos da energia nas despesas das famílias e, na generalidade, das empresas.

II. Barreiras Institucionais e Administrativas

Esta categoria engloba as barreiras relacionadas com:

- A transposição da regulamentação e sua implementação pelos Estados-Membros, nomeadamente, das diretivas da UE, incluindo a Diretiva 2010/31/EU;
- A preferência dos investidores institucionais por investimentos em larga escala, em detrimento de projetos geralmente menores que caracterizam a maioria das renovações;
- A baixa taxa de demolição, que origina o envelhecimento do parque imobiliário, associada ao alto custo inicial e ao limite anual da maioria dos incentivos;
- A existência de vários proprietários e/ou ocupantes nos edifícios.

III. Barreiras de Sensibilização, de Aconselhamento e de Competências

Esta categoria engloba as barreiras relacionadas com:

- A pouca sensibilização, dos consumidores, para o potencial de poupança de energia e de benefícios associados;
- A deficiente consciência das oportunidades de economia de energia e dos desenvolvimentos tecnológicos pelos profissionais da construção e, conseqüentemente, o deficiente aconselhamento dos possíveis clientes;
- O número reduzido de profissionais da construção com competências para especificar uma renovação de baixa energia e para executar as medidas de poupança energética.

IV. Barreiras de Separação de Despesas e Benefícios.

Esta categoria engloba as barreiras relacionadas com:

- O facto de a parte que investe na renovação do edifício poder não ser a parte que colhe os retornos financeiros (total ou parcialmente) e os benefícios da mesma.

A Figura 12 apresenta um resumo esquemático das principais categorias de barreiras identificadas no estudo.



Fig. 12 - Principais tipos de barreiras encontradas na renovação de edifícios (BPIE, 2011; BPIE, 2013)

Ainda de acordo com o estudo do BPIE, as barreiras enunciadas provocaram a falta de atividade de renovação dos edifícios, o que não permitiu que muitas barreiras técnicas e de mercado emergissem ou se tornassem visíveis. Caso a procura de renovações de baixa energia aumente de repente é expectável que se verifique a escassez de materiais, de componentes e de recursos humanos (BPIE, 2011).

O estudo solicitado pela Comissão da Indústria, Pesquisa e Energia do Parlamento Europeu, denominado “Impulsionar a renovação dos edifícios: Que potencial e valor para a Europa?” cuja publicação data de outubro de 2016, identificou as barreiras apresentadas na Figura 13 (Artola, Rademaekers, Williams, & Yearwood, 2016).



Fig. 13 - Principais barreiras à renovação energética dos edifícios na UE (Artola, Rademaekers, Williams, & Yearwood, 2016)

Embora não se deva fazer uma análise comparativa e evolutiva entre as barreiras dos estudos, por se desconhecer em pormenor os universos e as metodologias adotados, constata-se que, decorrido cerca de 5 anos entre os estudos, a maioria das barreiras identificadas são semelhantes, evidenciando a dificuldade que tem existido para superar as barreiras e dinamizar a renovação do parque imobiliário.

Importa referir que, omite-se as descrições das diversas barreiras devido à semelhança acima referida, podendo as mesmas ser consultadas na fonte bibliográfica.

2.5. FUNDOS DA UE PARA MELHORIA DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ciente dos obstáculos, dos desafios, da complexidade, das dificuldades, das indefinições e dos custos associados à melhoria do desempenho e eficiência energética, nomeadamente, dos edifícios, no decorrer dos anos, a par da legislação que tem emanado, a UE tem disponibilizado fundos para incentivar, promover e/ou apoiar financeiramente projetos que visem aqueles desígnios.

De entre estes, os projetos no âmbito da investigação e da inovação têm desempenhado um papel fundamental nas políticas da UE, pela criação de conhecimento e sua disseminação no seio da Europa, contribuindo diretamente para a prosperidade da mesma e para o bem-estar da sociedade e dos cidadãos. Em 1957, o Tratado que institui a Comunidade Económica Europeia (CEE ou «Mercado Comum») esteve na génese de uma série de programas de investigação em domínios então considerados prioritários, tais como a energia, o ambiente e a biotecnologia (UE, 2014).

No período em que têm vigorado as Diretivas 2010/31/UE e 2012/27/UE destacam-se os seguintes fundos:

- Programa Energia Inteligente - Europa (EIE)

Lançado em 2003 com um horizonte temporal definido até 2006, o programa foi posteriormente alargado até 2013, dispondo neste período complementar, 2007-2013, de um orçamento total de 730 milhões de euros para financiar projetos e colocar em prática uma série de portais, instalações e iniciativas europeias. O conceito de "energia inteligente" integrava três objetivos principais: maior eficiência energética, mais renováveis e melhor transporte e mobilidade. O programa privilegiava: a criação e disseminação de métodos e melhores práticas; o ensino e a educação; a transferência de *know-how*; soluções inteligentes; e o desenvolvimento e a implementação de políticas. Desta forma pretendia-se apoiar as políticas da UE em matéria de eficiência energética e de energias renováveis, com vista a alcançar os objetivos da UE 2020 (redução de 20% nas emissões de GEE, 20% de melhoria da eficiência energética e 20% das energias renováveis no consumo de energia da UE). Embora o programa tenha encerrado em 2013 uma série de projetos, financiados ao abrigo do mesmo, continuaram-se a desenvolver após aquela data (CE, 2016; Soares, 2014).

- 7º Programa - Quadro (7PQ)

A designação completa do fundo 7PQ é “sétimo programa-quadro da Comunidade Europeia de atividades em matéria de investigação, desenvolvimento tecnológico e demonstração”. Este programa, na sua sétima edição, teve a duração de sete anos, de 2007 a 2013, e financiou investigação e inovação da UE no montante de 55 mil milhões de euros. Os programas-quadro para a investigação tiveram como objetivos estratégicos principais, por um lado, o fortalecimento da base científica e tecnológica da indústria europeia e, por outro lado, encorajamento a sua competitividade no plano internacional, promovendo, ao mesmo tempo, a investigação ao abrigo das políticas comunitárias (CE, 2007).

- Programa - Quadro de Investigação e Inovação: Horizonte 2020 (H2020)

O Horizonte 2020, que se iniciou em 2014 e irá vigorar até 2020, constitui a parte nuclear da Estratégia Europa 2020, com o objetivo de responder aos desafios atuais da UE e promover o crescimento inteligente, sustentável e inclusivo. Este é o maior programa de investigação e inovação de sempre da UE, com um orçamento de cerca de 80 mil milhões de euros. O programa H2020 vem na sequência de outros fundos que terminaram em 2013, tais como o EIE e o 7PQ, e pretende promover a ligação entre a investigação e a inovação, apoiando a transformação dos resultados da investigação em novos produtos/serviços inovadores, mais próximos do mercado e do utilizador final. O Horizonte 2020 está aberto à participação de investigadores de todos os países do mundo (CE, 2014; UA, 2014).

- Fundos Europeus Estruturais e de Investimento (FEEI)

Mais de metade das verbas da UE são disponibilizadas por via dos cinco FEEI, que são geridos em conjunto pela CE e pelos países da UE. Estes cinco fundos são: o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), o Fundo Social Europeu (FSE), o Fundo de Coesão (FC), o Fundo Europeu Agrícola para o Desenvolvimento Rural (FEADER) e Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas (FEAMP). Estes fundos serão utilizados durante o período de financiamento em curso, de 2014 a 2020. Os FEEI não só contribuirão para os objetivos da união energética e ajudar os países da UE a atingir os objetivos da UE em matéria

de clima e energia, mas também beneficiarão o desenvolvimento regional, o desenvolvimento rural, a competitividade, o emprego e o crescimento, a biodiversidade e as preocupações com o solo e a água, ao mesmo tempo em que aborda a pobreza energética e aumenta a segurança energética. Os FEEI, à semelhança do H2020, têm o propósito de promover os objetivos da Estratégia Europa 2020 (crescimento inteligente, sustentável e inclusivo), tendo um orçamento de cerca de 90 mil milhões de euros para investir em investigação e inovação (CE, s.d. d; CE, 2015; UA, 2014).

2.6. PROJETOS DO PROGRAMA ENERGIA INTELIGENTE - EUROPA COM PARTICIPAÇÃO DE PORTUGAL

O *site* da Comissão Europeia referente ao Programa EIE disponibiliza uma base de dados (<http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en>) com as fichas resumo dos projetos financiados por este programa, cuja a maioria do orçamento se destinou a financiar projetos que apoiassem e promovessem a eficiência energética e as energias renováveis (CE, 2016).

Os projetos estão classificados por país (coordenador ou parceiro) e de acordo com as áreas e subáreas de financiamento constantes da Tabela 2.

Áreas de financiamento	Subáreas de financiamento
Eficiência Energética e Uso Racional da Energia (SAVE): melhoria da eficiência energética e a utilização racional dos recursos nos setores industrial, de produtos e da construção.	• Edifícios • Negócios • Comportamento do consumidor • Consumidores e Produtos • Serviços de energia • Equipamento e produtos • Indústria
Recursos Novos e Renováveis (ALTENER): aumento da participação das energias renováveis na produção de eletricidade, calor e refrigeração e integrá-los nos sistemas energéticos locais.	• Bionegócio • Bioenergia • Biocombustíveis • Ação concertada • Criação de agências locais e regionais de energia • Produção de eletricidade • Rede europeia para ação local • Aquecimento e arrefecimento • Consumidores de energia renovável • Aplicações em pequena escala
Energia nos Transportes (STEER): economias de energia e eficiência energética no setor dos transportes, incluindo estimulação da procura por combustíveis alternativos e veículos limpos e eficientes em termos energéticos.	• Combustíveis alternativos e veículos • Veículos limpos • Transporte eficiente de energia • Capacidade de capacitação local
Iniciativas Integradas: vários sectores económicos ou várias das principais áreas de eficiência energética, recursos novos e renováveis e energia nos transportes ao mesmo tempo. Projetos de educação energética de crianças.	• Competências de construção • EE + RES em edifícios • Educação em energia • Iniciativa de gastos públicos de eficiência energética • Mecanismos e incentivos financeiros • Liderança local de energia • Mobilizar o investimento em energia local • Monitorização e avaliação • Comunidades de energia sustentável
Países em Desenvolvimento (COOPENER): projetos no âmbito da eficiência energética direcionados para os países em desenvolvimento.	• Ásia • América Latina • África Subsariana

Tab, 2 - Classificação dos projetos do Programa EIE

A cada projeto encontram-se ainda associadas palavras-chave – tais como construção, financiamento, renovação, certificados de desempenho energético, qualificação da força de trabalho, remodelação, renovação, design integrado de energia, *marketing* e biomassa – que permitem refinar a pesquisa.

A Figura 14 ilustra a distribuição dos projetos, desenvolvidos na UE, pelas respetivas áreas de financiamento e, destes, os que têm associada a palavra-chave “*nearly zero-energy buildings* (NZEB)”. De igual modo, apresenta a quantidade de projetos em que Portugal participou como coordenador ou parceiro.

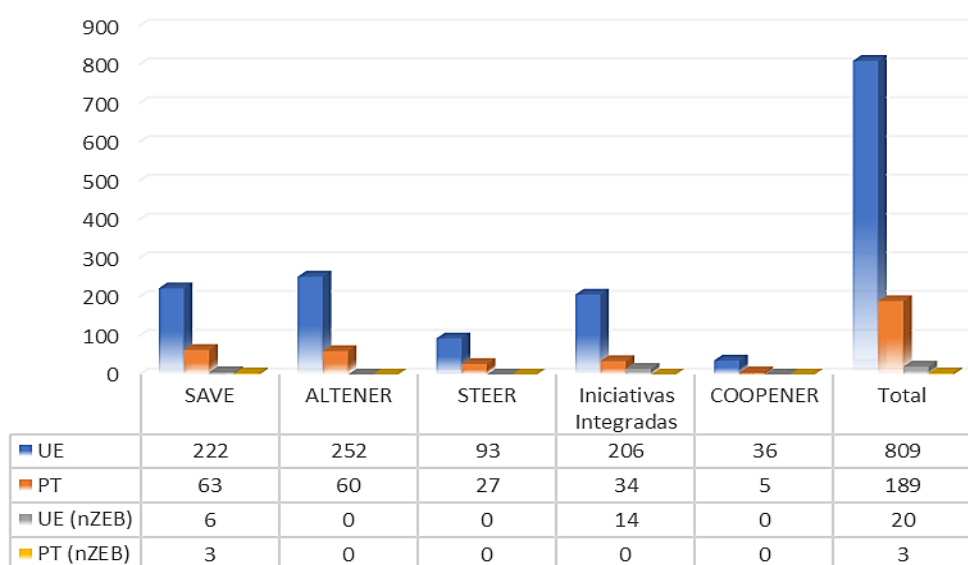


Fig. 14 - Projetos do Programa EIE por área de financiamento e participação de Portugal

Portugal participou em 23,4% do universo dos projetos desenvolvidos, abrangendo todas as áreas de financiamento.

Relativamente aos projetos associados à palavra-chave, acima mencionada, na UE foram desenvolvidos 20 projetos, apenas nas áreas da Eficiência Energética e Uso Racional da Energia (SAVE) e das Iniciativas Integradas, tendo a participação nacional incidido unicamente na primeira área e nos seguintes 3 projetos:

- **Ação Concertada EPBD III (2011-2015) (EPBD CA III)**

Projeto coordenado por Portugal, através da Agência para a Energia (ADENE), e desenvolvido entre 09/03/2011 e 08/10/2015. O *site* oficial do projeto é: <http://www.epbd-ca.eu/>. Tratou-se da terceira fase de uma iniciativa conjunta dos Estados-Membros da UE e da Comissão Europeia, com o objetivo de aprofundar a partilha de informações e experiências decorrentes da adoção e implementação nacional da Diretiva 2010/31/UE, de modo a alcançar um entendimento comum e medidas para a implementação harmonizadas. Durante o projeto foram realizadas reuniões regulares, entre equipas nacionais, com cerca de 120 participantes de 29 países. Dos resultados obtidos, além do site, destacam-se os (CE, s.d. e):

- Esquemas eficazes para a certificação do desempenho energético dos edifícios, adaptados às necessidades nacionais;
- Esquemas apropriados para inspeção de caldeiras e sistemas de ar condicionado;
- Relatórios relacionados aos principais desafios da Diretiva, descrevendo e analisando as diferentes opções disponíveis para a efetiva implementação nacional;
- Relatórios sobre temas técnicos de amplo interesse decorrentes de discussões no projeto.

▪ **Reabilitação do parque edificado público em direção a nZEB (REPUBLIC_ZEB)**

Projeto coordenado pela Itália, com a participação de Portugal na qualidade parceiro, através do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, e desenvolvido entre 01/03/2014 e 31/08/2016. O *site* oficial do projeto é: <http://www.republiczeb.org/>. O projeto incidiu sobre a transição do parque imobiliário público no sentido nZEB e centrou-se nos países do Mediterrâneo e do Sudeste da Europa, dado que existem condições comuns em termos de clima, de desempenho energético (cujo o arrefecimento e o aquecimento são fatores importantes) e de potencial de energias renováveis disponíveis (CE, s.d. f). A Figura 15 ilustra os diversos objetivos subjacentes ao projeto de investigação e os respetivos papéis de trabalho (WP) onde foram reportados e que estão disponíveis no *site* acima mencionado.

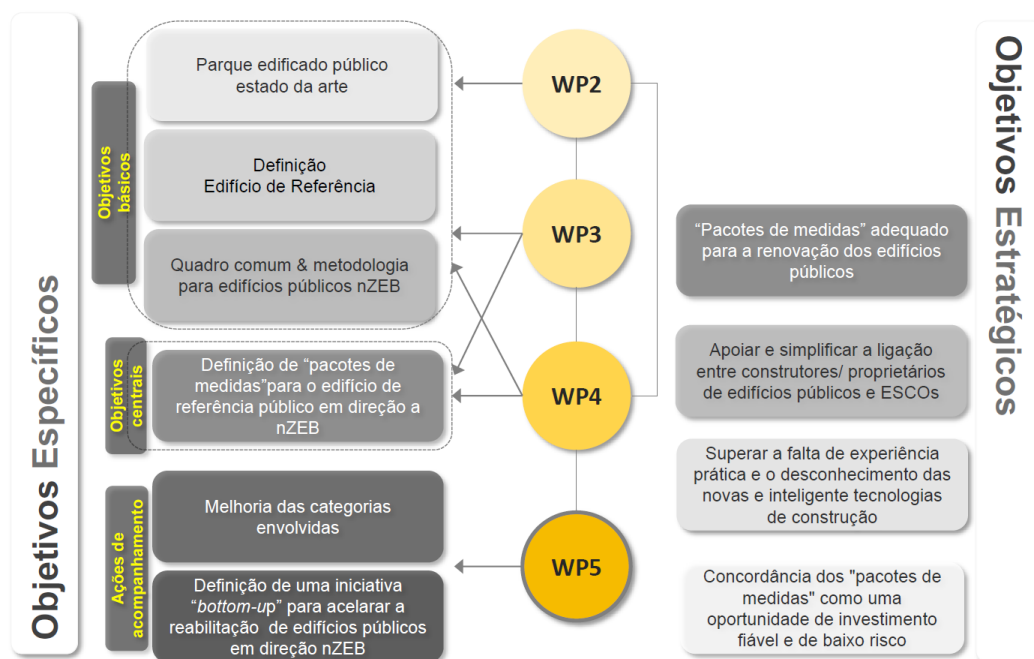


Fig. 15 - Objetivos do projeto RePubli_ZEB (Ferreira & Aelenei, 2016)

Dos resultados obtidos destaca-se a definição dos "pacotes de medidas", e respetivos custos ótimos e tecnologias de baixo risco, para a remodelação dos edifícios de referência públicos, nos quais são previstas soluções inteligentes e de alto desempenho, incluindo a envolvente da construção e os sistemas técnicos, bem como tecnologias para o uso de RES (CE, s.d. f).

- **Formação nZEB nos países do Sul da UE - Manutenção das tradições de construção (SOUTHZEB)**

Projeto coordenado pela Grécia, com a participação de Portugal na qualidade parceiro, através da Universidade do Minho (UM) e da Associação do Instituto Superior Técnico para Investigação e Desenvolvimento, e desenvolvido entre 05/03/2014 e 04/09/2016. O *site* oficial do projeto é: <http://www.southzeb.eu/>. O projeto visou preencher a lacuna no conhecimento dos profissionais sobre o projeto e construção de nZEB nos países do sul da Europa, mantendo as tradições de construção. Além da Grécia e de Portugal, participaram no projeto o Chipre, a Itália, o Reino Unido e a Áustria, sendo que os dois últimos e o norte da Itália contribuíram com a sua experiência e *know-how* em matéria de implementação do conceito nZEB. Os principais objetivos do projeto foram conceber e desenvolver programas de formação e avaliação dos profissionais do setor de construção e apoiá-los para se manterem atualizados com a evolução do mercado. Dos resultados obtidos destaca-se o desenvolvimento de 10 módulos de formação e respetivos 10 exames de avaliação, assim como o desenvolvimento do *site* do projeto e de uma plataforma de *e-learning* (CE, s.d. g; SouthZEB, 2017).

O *site* da Comissão Europeia referente ao Programa H2020 também disponibiliza uma base de dados (<https://energy.easme-web.eu/>), denominada *Horizon 2020 Energy Efficiency data hub*, com os projetos financiados por este programa, mas os projetos associados a *nearly zero-energy buildings* (NZEB) que foram identificados e analisados ainda estão em execução, pelo que não apresentam conclusões definitivas e, como tal, não são considerados no presente trabalho.

2.7. ORIENTAÇÕES PARA A RENOVAÇÃO DE EDIFÍCIOS RUMO A NZEB

A renovação de edifícios, de modo a transformá-los em nZEB, apresenta constrangimentos nas soluções técnicas aplicáveis, quer a nível do aumento da eficiência energética da envolvente e dos equipamentos, quer ao nível de aproveitamento da energia renovável, bem como dos custos associados. Nos edifícios a intervencionar em que deve ser assegurada a integridade arquitetónica aqueles constrangimentos são mais relevantes, implicando muitas vezes soluções inovadoras para atingir os parâmetros de nZEB sem alterar as características do edifício (Cardoso, 2016).

Embora com abordagens diferenciadas, os projetos RePubli_ZEB e SouthZEB, referidos no ponto anterior, abordam a temática da renovação dos edifícios propondo estratégias, melhores práticas e tecnologias aplicáveis na reabilitação no parque imobiliário nacional.

2.7.1. REPUBLIC_ZEB

O projeto RePublic_ZEB, entre outras tarefas, incluiu a identificação, de acordo com a metodologia definida pelo grupo de investigação, dos edifícios de referência representativos do parque imobiliário público nos países parceiros, bem como das abordagens e dos pacotes de

medidas de eficiência energética que podem ser aplicados nas renovações dos edifícios públicos em direção a nZEB. Posteriormente, os edifícios de referência e os pacotes de medidas foram analisados, com recurso a ferramentas informáticas de simulação, para determinar se da sua aplicação resultariam edifícios nZEB e se seriam exequíveis a baixo custo. Por fim, foram descritas, genericamente, as medidas individuais de eficiência energética que foram adotadas no projeto, assim como, com base nos resultados deste, as medidas foram avaliadas em seis categorias (potencial de economia de energia, impacto no meio ambiente, melhorias de conforto, custo de capital, manutenção e período de retorno do investimento) (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016).

No caso de Portugal, tendo como suporte as informações do banco de dados do SCE da Agência para a Energia (ADENE), foram selecionados dois edifícios, um da categoria “Edifícios residenciais” e da subcategoria “Habitação social (1961 - 1990)” e o outro da categoria “Escritórios / Administração pública” e da subcategoria “Escritórios < 1990” (Petran, Radulov, & Kaloyanov, 2016; Radulov & Kaloyanov, 2016).

Atendendo a que o edifício que será estudado no ponto 3 do presente documento, numa ótica de melhoria do seu desempenho energético, se enquadra na categoria “Escritórios / Administração pública”, os exemplos apresentados relativamente ao projeto RePublic_ZEB serão alusivos ao segundo edifício de referência citado no parágrafo anterior.

2.7.1.1. Caracterização do edifício e outra informação essencial

A recolha e reporte de informação necessária à simulação do consumo de energia dos edifícios de referência foi enquadrada num modelo elaborado para o efeito (Anexo I). Além da informação sobre a categoria e subcategoria de edifício, a área e volume condicionado, a zona climática, o número de referência e a cidade, o modelo é composto por 12 partes, as quais especificam as informações e as respetivas unidades de medidas a considerar. As partes referidas são (Radulov & Kaloyanov, 2016):

- Geometria do edifício (zona);
- Propriedades do edifício (zona);
- Ganhos internos e cronograma operacional;
- Feriados;
- Modo de aquecimento;
- Sistema de aquecimento;
- Sistema de ventilação mecânica (modo de aquecimento);
- Sistemas de água quente sanitária;
- Modo de arrefecimento;
- Sistema de arrefecimento;
- Sistema de ventilação mecânica (modo de arrefecimento);
- Aparelhos que não influenciam o equilíbrio térmico.

A título de exemplo do preenchimento do modelo apresenta-se no Anexo II os dados referentes ao edifício de escritórios utilizado como edifício de referência de Portugal.

2.7.1.2. Pacotes de medidas de eficiência energética

No âmbito do projeto, para cada país parceiro, foram identificadas e analisadas as melhores práticas de medidas de eficiência energética que podem ser aplicadas na remodelação profunda de edifícios públicos, tendo as mesmas sido agrupadas em 10 grupos, os quais foram aplicados pelos países nos seus edifícios de referência e nas suas propostas de pacotes de medidas de eficiência energética. Os grupos considerados foram (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015):

1. Envolvente do edifício;
2. Controle solar de janelas (sombreamento solar);
3. Sistema de aquecimento;
4. Sistema de arrefecimento;
5. Sistema águas quentes sanitárias (AQS);
6. Sistema de ventilação;
7. Sistema de iluminação;
8. Sistema fotovoltaico;
9. Energia solar térmica;
10. Sistema de Gestão de Energia do Edifício.

Relativamente ao edifício de referência da categoria “Escritórios / Administração pública” foram preconizadas as seguintes medidas de eficiência energética em cada grupo (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015):

1. Envolvente do edifício

A Tabela 3 apresenta as medidas propostas para promover a redução da perda de calor através da envolvente do edifício no inverno e diminuir o ganho de calor no verão.

1. Envolvente do edifício		1.1. Parede exterior	1.2. Cobertura	1.3. Pavimento	1.4. Janela
Antes da remodelação	Dados técnicos				Caixilharia em madeira com vidro simples
	U [W/m ² K]	1,40	1,65	3,15	5,10
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	3 cm EPS	5 cm EPS	5 cm EPS	Caixilharia em metal com vidro duplo
	U [W/m ² K]	0,70	0,50	0,50	3,80
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	7 cm EPS	10 cm EPS	10 cm EPS	Caixilharia em metal com vidro duplo ε-baixa
	U [W/m ² K]	0,40	0,30	0,30	3,00
Remodelação – Nível 3	Dados técnicos	-	-	-	Caixilharia em metal com vidro duplo ε-baixa
	U [W/m ² K]	-	-	-	3,00
Remodelação – Nível 4	Dados técnicos	-	-	-	Caixilharia em metal com corte térmico e vidro duplo
	U [W/m ² K]	-	-	-	2,70

Tab. 3 - Medidas de eficiência energética para a envolvente do edifício (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

2. Controle solar de janelas (sombreamento solar)

As medidas propostas visam assegurar o aumento ou diminuição dos ganhos solares durante o inverno ou no verão (Tabela 4).

2. Controle solar de janelas (sombreamento solar)		2.1. Sombreamento solar
Antes da remodelação	Dados técnicos	Persianas tradicionais
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	Dispositivo interior
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	Persianas exteriores

Tab. 4 - Medidas de eficiência energética para sombreamento solar (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

3. Sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento sugerido, além de fornecer o aquecimento para manter o conforto dos utilizadores, proporciona arrefecimento (Tabela 5). De igual modo, o sistema permitirá uma redução das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento.

3. Sistema de aquecimento		3.1. Sistema de aquecimento
Antes da remodelação	Dados técnicos	Bomba de calor tradicional
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	Bomba de calor EER = 2,90 e COP = 3,30
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	Bomba de calor EER = 3,01 e COP = 3,41
Remodelação – Nível 3	Dados técnicos	Bomba de calor EER = 3,21 e COP = 3,61
Remodelação – Nível 4	Dados técnicos	Bomba de calor EER = 3,80 e COP = 4,20

Tab. 5 - Medidas de eficiência energética para o sistema de aquecimento (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

4. Sistema de arrefecimento

As medidas propostas passam por substituir o atual sistema de arrefecimento por outro mais eficiente, resultando em menor necessidade de energia (Tabela 6).

4. Sistema de arrefecimento		4.1. Sistema de arrefecimento
Antes da remodelação	Dados técnicos	Chiller tradicional
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	Chiller EER = 2,90
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	Chiller EER = 3,20
Remodelação – Nível 3	Dados técnicos	Chiller EER = 4,10

Tab. 6 - Medidas de eficiência energética para o sistema de arrefecimento (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

5. Sistema AQS

Não é considerado em edifícios de escritórios.

6. Sistema de ventilação

A Tabela 7 apresenta as medidas sugeridas para melhorar a ventilação natural existente. De acordo com o projeto RePublic_ZEB, a ventilação dos escritórios portugueses, normalmente, traduz-se em janelas de abertura manual ou a existência de saídas de ar para o efeito, verificando-se a perda de calor.

6. Sistema de ventilação		6.1. Instalação de novo sistema de ventilação
Antes da remodelação	Dados técnicos	Ventilação natural
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	Sistema de ventilação natural
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	Sistema de ventilação mecânica sem recuperação de calor
Remodelação – Nível 3	Dados técnicos	Sistema de ventilação mecânica sem recuperação de calor

Tab. 7 - Medidas de eficiência energética para o sistema de ventilação (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

7. Sistema de iluminação

As medidas de eficiência energética preconizadas para o sistema de iluminação passam pela substituição das lâmpadas existentes por outras de maior eficiência (Tabela 8).

7. Sistema de iluminação		7.1. Iluminação
Antes da remodelação	Dados técnicos	Lâmpada fluorescente, lâmpada de iluminação
Remodelação – Nível 1	Dados técnicos	Lâmpada fluorescente eficiente
Remodelação – Nível 2	Dados técnicos	LED

Tab. 8 - Medidas de eficiência energética para a iluminação (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

8. Sistema fotovoltaico

Neste item foi proposto um sistema fotovoltaico com 45 kWp.

9. Energia solar térmica

Não considerado nos prédios de escritórios.

10. Sistema de Gestão de Energia do Edifício.

Não considerado nos prédios de escritórios.

Com base nas medidas elencadas nos grupos 1 a 10, relativas à renovação do edifício de referência para o nível nZEB, foram propostos 4 pacotes de medidas de eficiência energética, para edifícios de escritório em Portugal, que constam da Tabela 9 (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015).

	Pacote 1	Pacote 2	Pacote 3	Pacote 4
1. Envolvente do edifício	Nível 1	Nível 2	Nível 2	Nível 2
2. Controle solar de janelas (sombreamento solar)	Nível 1	Nível 2	Nível 2	Nível 2
3. Sistema de aquecimento	Nível 1	Nível 1	Nível 3	Nível 4
4. Sistema de arrefecimento	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 3
6. Sistema de ventilação	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 2
7. Sistema de iluminação	Nível 1	Nível 1	Nível 2	Nível 2
8. Sistema fotovoltaico	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1

Tab. 9 - Resumo dos pacotes de medidas para edifícios de escritórios em Portugal (Magyar, Nemeth, & Kontra, 2015)

Os pacotes propostos foram analisados do ponto de vista energético e económico. A otimização foi realizada com base no resultado da simulação energética do edifício.

2.7.1.3. Ferramentas informáticas de simulação energética de edifícios

No âmbito do projeto RePublic_ZEB, o Politécnico de Torino disponibilizou aos restantes países parceiros uma ferramenta de cálculo para a avaliação do desempenho energético dos edifícios. Esta ferramenta foi utilizada por todos, de modo a facilitar a comparação dos resultados. Contudo, cada parceiro teve a liberdade de utilizar outras ferramentas, tanto nacionais como de simulação dinâmica (Corrado & Paduos, 2015).

No edifício de escritórios português, além da folha de cálculo disponibilizada pelo Politécnico de Torino, foi utilizado a ferramenta de simulação dinâmica *EnergyPlus* (Ferreira & Aelenei, 2016).

2.7.1.4. Medidas individuais de eficiência energética

A análise dos edifícios de referência e dos respetivos pacotes de medidas de eficiência energética originou a identificação de medidas individuais de eficiência energética adotadas para alcançar, naqueles edifícios, o conceito nZEB com soluções de baixo custo, e são propostos como referência para a renovação de edifícios públicos. As 18 medidas identificadas foram (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016):

- M1 - Isolamento térmico;
- M2 - Janelas eficientes;
- M3 - Sombreamento solar;
- M4 - Caldeira de condensação;
- M5 - Caldeira de biomassa;
- M6 - Aquecimento e arrefecimento urbano;
- M7 - Bomba de calor - Ar;
- M8 - Bomba de calor - Solo ou água;
- M9 - Sistema de fluxo de arrefecimento variável;
- M10 - Chiller de alta eficiência;
- M11 - Chiller de absorção;
- M12 - Ventilação mecânica;
- M13 - Sistema de recuperação de calor;
- M14 - Arrefecimento grátis;
- M15 - Sistema solar térmico;
- M16 - Sistema fotovoltaico;
- M17 - Iluminação eficiente;
- M18 - Sistema de gestão / controlo.




A título de exemplo, para o edifício de escritórios de Portugal, as medidas de eficiência energética adotadas foram as constantes da tabela a seguir (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016):

Medidas de Eficiência Energética Adotadas	
M1	Fachada - Isolamento externo (3 cm EPS)
M1	Cobertura - Isolamento externo (6 cm XPS)
M2	Janelas em PVC - Vidro duplo
M7	Bomba de calor – Ar
M16	Sistema fotovoltaico (monocristalino)
M17	LED

Tab. 10 - Medidas de eficiência energética adotadas no edifício de referência português (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016)

Para cada medida de eficiência energética foi elaborada uma breve descrição com as suas características gerais, que incluem as diferentes tecnologias e níveis de eficiência que podem ser encontrados no mercado, a lista dos aspetos positivos e negativos que são importantes para a renovação e, inclui ainda, os benefícios, as limitações e os riscos da medida e as diferenças específicas devido ao clima e ao contexto do país (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016). Dado que esta informação se encontra disponível no *site* do projeto, especificamente na fonte bibliográfica indicada neste parágrafo, a mesma não será detalhada no presente documento, embora seja tida em consideração no estudo do edifício no ponto 3.

Acresce, às características gerais, uma avaliação do impacto da medida de eficiência energética relativamente a seis categorias, tendo esta avaliação sido suportada nos resultados do projeto e nos níveis de classificação expressos na Tabela 11 (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016).

Classificação do Impacto						
	Energia	Meio Ambiente	Conforto	Investimento	Manutenção	Retorno
	Baixo consumo	Baixo impacto	Impacto positivo	Baixo Custo	Baixos requisitos	Baixo retorno
	Médio consumo	Médio impacto	Sem influência	Médio Custo	Médios requisitos	Médio retorno
	Alto consumo	Alto impacto	Impacto negativo	Alto Custo	Altos requisitos	Alto retorno

Tab. 11 - Classificação do impacto das medidas de eficiência energética
(Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016)

A Tabela 12 apresenta a compilação da avaliação de impacto das diversas medidas de eficiência energética relativas às seis categorias (potencial de economia de energia, impacto no meio ambiente, melhorias de conforto, custo de capital, manutenção e período de retorno do investimento).

Avaliação de impacto							
Cód.	Medida Eficiência Energética	Energia	Meio Ambiente	Conforto	Investimento	Manutenção	Retorno
M1	Isolamento térmico	😊	😊	😊	😞	😊	😐
M2	Janelas eficientes	😊	😊	😊	😞	😊	😐
M3	Sombreamento solar	😊	😊	😊	😐	😊 😐	😐
M4	Caldeira de condensação	😊	😐	😐	😊	😊	😊
M5	Caldeira de biomassa	😐	😐 😞	😐	😐 😞	😞	😊 😐
M6	Aquecimento e arrefecimento urbano	😊	😊	😊	😐	😊	😐 😞
M7	Bomba de calor - Ar	😊	😊 😐	😊	😐	😐	😐
M8	Bomba de calor - Solo ou água	😊	😊	😊	😞	😐	😐 😞
M9	Sistema de fluxo de arrefecimento variável	😊	😊	😊	😐	😐	😐
M10	Chiller de alta eficiência	😊	😐	😊	😐	😐	😐
M11	Chiller de absorção	😐	😊 😐	😊	😞	😐 😞	😐 😞
M12	Ventilação mecânica	😊 😐	😐	😊	😞	😐	😞
M13	Sistema de recuperação de calor	😊	😊	😐	😐	😐	😐
M14	Arrefecimento grátis	😊	😊	😊 😐	😊 😐	😐	😊
M15	Sistema solar térmico	😊	😊	😐	😐 😞	😊	😐 😞
M16	Sistema fotovoltaico	😊	😐	😐	😐	😊	😐
M17	Iluminação eficiente	😊	😊	😊	😊	😊	😊
M18	Sistema de gestão / controlo	😊	😊	😊	😐	😐 😞	😐

Tab. 12- Avaliação de impacto das medidas de eficiência energética (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016)

Nas considerações finais constatou-se que, embora existam algumas diferenças no contexto de cada país e nos próprios edifícios de referência – tais como, o clima, a falta de definição de nZEB em alguns países, a omissão ou a diferença de parâmetros qualitativos e quantitativos, e a forma de os calcular, bem como, as tipologias, as características construtivas, o volume e a ocupação dos edifícios – as estratégias para alcançar os critérios nZEB adotadas, pelos países parceiros, foram idênticas. Efetivamente, as medidas de eficiência energética a seguir enunciadas foram adotadas na maioria dos edifícios de referência (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016):

- M1 - Isolamento térmico

O isolamento térmico do edifício é uma das medidas mais caras, mas, provavelmente, a mais eficaz na poupança de energia. Esta medida reduz a necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como as pontes térmicas do edifício. O isolamento pode ser aplicado nas coberturas, nas paredes e nos pavimentos, sendo o seu dimensionamento, entre outros fatores, dependente do clima (mais isolamento em climas mais frios).

- M2 - Janelas eficientes

O custo de investimento é alto, contudo, esta medida é considerada como uma das mais efetivas, proporcionando benefícios significativos. Existem diversos tipos de janelas (caixilharia e envidraçados) eficientes, a sua seleção depende, entre outros fatores, do clima, da localização, da orientação das fachadas, de dispositivos de sombreamento solar (M3) e do controlo da luz natural.

- M16 - Sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é o sistema de energia renovável mais utilizado, devido à simplicidade da instalação e à redução do consumo de energia. O custo do investimento é considerado moderado.

- M17 - Iluminação eficiente

A iluminação artificial tem um impacto significativo no balanço energético. Com um custo de investimento baixo em lâmpadas eficientes obtém-se benefícios no consumo de energia e nos custos de manutenção. As soluções mais comuns são as tecnologias LED e as lâmpadas fluorescentes T5, combinadas com estratégias de controle (M18).

- M18 - Sistema de gestão / controlo

Para assegurar um bom funcionamento dos sistemas – entre outros, de aquecimento, de arrefecimento, de ventilação, de iluminação, de fontes de alimentação e deteção e combate a incêndios - é muito importante gerir o edifício com ferramentas informáticas avançadas, tais como sistemas de gestão e de controlo de edifícios. Existem diferentes níveis de implementação, dependendo das necessidades e características do edifício.

Relativamente aos sistemas de aquecimento, de arrefecimento, de ventilação e de AQS adotados, a sua seleção foi mais diversificada, contudo, as tecnologias adotadas mais comuns foram (Ortiz, Aelenei, Ferreira, & Hartless, 2016):

- M5 - Caldeira de biomassa

Esta tecnologia foi adotada em grandes edifícios, onde o aquecimento e a produção de AQS devem ser fornecidos pela caldeira. Este sistema é mais adequado para clima frio ou em edifícios com alta procura de energia (por exemplo, em hospitais).

- M7 - Bomba de calor - Ar

A bomba de calor elétrica, com o ar como fonte de energia, foi adotada em várias categorias de edifícios e de climas, onde há mais serviços a serem prestados (aquecimento; aquecimento e arrefecimento, aquecimento, arrefecimento e AQS. Trata-se de uma tecnologia ideal para ser combinada com energia elétrica renovável. O uso de bombas de calor geotérmicas (terra) e de água (M8) depende da localização do edifício e é menos generalizável.

- M12 - Ventilação mecânica

O sistema controla a taxa de reabastecimento de ar e assegura uma boa qualidade do ar interior. No entanto, uma maior economia de energia exige a sua combinação com medidas adicionais: sistemas avançados de controle (M18) e sistemas de recuperação de calor (M13).

2.7.2. SOUTHZEB

O projeto SouthZEB, conforme referido anteriormente, teve por objetivo promover a eficiência energética do sector dos edifícios através da adoção dos conceitos de Edifícios de Balanço Energético Quase Zero (edifícios que têm desempenho energético muito elevado), em edifícios novos ou já existentes, tendo para o efeito desenvolvido 10 módulos de formação orientados para profissionais específicos (engenheiros, arquitetos, técnicos municipais e decisores públicos) em países do Sul da Europa (Grécia, Chipre, Sul de Itália e Portugal) (SouthZEB, s.d. a). Os módulos desenvolvidos foram os seguintes (SouthZEB, s.d. b):

- Módulos 1 e 2: Conceitos e Estratégias nZEB I e II
- Módulo 3: Pontes Térmicas
- Módulo 4: Conforto Térmico
- Módulo 5: Regulamentos e Características da Arquitetura Local
- Módulo 6: Ferramentas de Simulação e Projeto de Edifícios nZEB
- Módulo 7: Tecnologia de Baixo-Carbono e de Automação nZEB
- Módulo 8: Reabilitação de Edifícios no Contexto nZEB
- Módulo 9: Gestão da Construção e Supervisão em Obra de Edifícios nZEB
- Módulo 10: Sistemas de Financiamento e Outros Incentivos para nZEB

O oitavo módulo, dedicado à reabilitação de edifícios, aborda, entre outras matérias, as técnicas de avaliação e de auditoria energética dos edifícios existentes, bem como a otimização de custos das soluções de reabilitação de edifícios que visam a sua conversão em nZEB (SouthZEB, s.d. b). Estes deverão ser alcançados pela (UM, s.d. a):

- a) Redução dos consumos energéticos e das emissões de GEE através de medidas de eficiência energética;
- b) Captação de energia de fontes renováveis no local (ou nas suas imediações) de forma a satisfazer o mais possível os consumos energéticos e reduzir desta forma as emissões de GEE.

A Figura 16 ilustra a abordagem mencionada para a obtenção de edifícios nZEB.

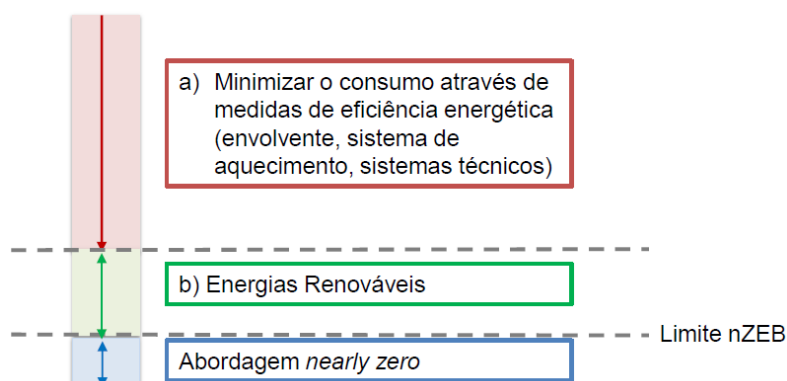


Fig. 16 - Obtenção de edifícios nZEB (UM, s.d. a)

Expresso de outra forma, para atingir um nível de desempenho nZEB, a primeira etapa é a redução das necessidades de energia do edifício através de medidas passivas (melhorando os níveis de isolamento da envolvente, otimizando os ganhos solares, utilizando sombreamentos externos e o arrefecimento noturno, etc.) e a seleção de sistemas e de eletrodomésticos eficientes (aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação e eletrodomésticos). A segunda etapa é a produção de energia a partir de fontes renováveis, no local ou na proximidade, de modo a minimizar as necessidades de energia proveniente de fontes não-renováveis (Sinclair, 2017).

É oportuno referir que, a abordagem adotada neste projeto, como seria expectável, está em concordância com o preconizado no conceito nZEB na União Europeia, apresentado no ponto 2.2.1. do presente documento.

2.7.2.1. Caracterização do edifício e conforto térmico

A definição e a implementação de políticas efetivas para a transição dos edifícios existentes para nZEB carecem de informação e dados fiáveis e abrangentes relativos à edificação, tais como, elementos da envolvente (paredes, pavimentos, envidraçados), sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), patologias do edifício, dados climáticos, padrões de ocupação e consumos de energia (UM, s.d. a).

Um aspeto a ter em consideração aquando da construção ou da renovação de edifícios é o conforto térmico. De acordo com EN ISO 7730:2005/par.7, “Conforto térmico é o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa.”. De acordo com a mesma norma, é impossível especificar um ambiente térmico que satisfaça todas as pessoas sujeitos a ele, dado que existe um parâmetro subjetivo na avaliação do conforto que é variável entre pessoas. Assim, o que se pretende é especificar/projetar ambientes considerados aceitáveis para uma percentagem definida dos ocupantes (UM, s.d. b).

Importa referir que, através do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que transpõe a Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, o legislador procurou introduzir, na legislação nacional, as orientações e a prática internacional com base nos conhecimentos mais avançados sobre a eficiência energética e o conforto térmico, quer para os edifícios de habitação quer para os edifícios de comércio e serviços (DL n.º 118/2013, 2013).

O Módulo 4, denominado de Conforto Térmico, refere que, é possível avaliar o conforto térmico em edifícios existentes de forma qualitativa e/ou quantitativa, ou seja, subjetivamente, através, por exemplo, de observação, de entrevistas e de inquéritos aos ocupantes de determinado espaço, ou objetivamente, mediante a realização de medições nas zonas ocupadas ou que seja previsível que venham a estar (UM, s.d. b).

A avaliação do conforto térmico em edifícios deve ser enquadrada por normas técnicas com o desígnio de oficializar procedimentos e resultados. As principais normas disponíveis foram elaboradas pela *International Organization for Standardization* (ISO), pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) e pelo *European Committee for Standardization* (CEN) (Almeida H. S., 2010; Coelho, 2014; UM, s.d. b).

No presente trabalho não se aborda a avaliação quantitativa/objetiva. Quanto à avaliação qualitativa/subjetiva destacam-se as metodologias indicadas pelas normas EN 15251:2007 e ASHRAE *Standard* 55:2013.

Segundo a norma EN 15251:2007, os inquéritos com escalas subjetivas podem ser utilizados para avaliar o ambiente interno, a sensação térmica e a qualidade do ar percebidos pelos ocupantes. O preenchimento dos inquéritos deve ter uma periodicidade definida (diária, semanal, mensal, etc), abranger as 4 estações do ano (inverno-primavera-verão-outono) e ocorrer a meio da manhã e/ou a meio da tarde, evitando-se assim os períodos logo após a chegada ao espaço a avaliar. O número de inquiridos deve ser determinado com base numa percentagem aceitável em cada um dos espaços. Os resultados podem ser apresentados como valores e/ou distribuições médias (EN15251:2007, 2007). Do Anexo III constam dois exemplos, retirados da norma, o primeiro referente ao inquérito de avaliação subjetiva e o segundo relativo à classificação/apresentação dos resultados dos inquéritos.

De acordo com a norma ASHRAE *Standard* 55:2013, a utilização de inquéritos é uma forma aceitável de avaliar condições de conforto, através de perguntas diretas a uma amostra representativa, e com uma alta taxa de resposta, dos ocupantes. Um tamanho adequado de amostra e taxa de resposta ajudam a reduzir os riscos de generalizar uma observação limitada para toda a população ocupante. Nesta norma são considerados dois tipos de inquéritos: os pontuais (*Point-in-Time Surveys*) e os de satisfação (*Satisfaction Surveys*). O primeiro tipo é utilizado para avaliar as sensações térmicas dos ocupantes num determinado momento e correlacionam o conforto térmico com fatores ambientais, como os incluídos no modelo de Voto Médio Previsto (PMV) previsto na norma EN ISO 7730, ou sejam: a atividade metabólica, a resistência térmica da roupa, a temperatura do ar, a temperatura radiante, a velocidade do ar e a humidade. O segundo tipo, inquéritos de satisfação, é usado para avaliar o conforto térmico dos ocupantes num período de tempo, a sua premissa básica é que os ocupantes podem recordar períodos de desconforto térmico, identificar padrões na operação do edifício e exprimir a sua perceção de conforto em termos "globais" ou "médios". Nestes inquéritos,

pode-se incluir perguntas para identificar a natureza/causas de insatisfação. podem ser incluídas em pesquisas de satisfação (ASHRAE Standard 55:2013, 2013). No Anexo IV apresenta-se o exemplo, disponibilizado na norma, de cada tipo de inquérito.

Como se pode constar pelo descrito, nos dois parágrafos anteriores e nos respetivos anexos, as normas apenas apresentam orientações sobre a elaboração dos inquéritos. Ainda a título de exemplo, apresenta-se no Anexo V o inquérito utilizado numa tese de mestrado, na Escola de Engenharia da Universidade do Minho (Lemos, 2013), que foi baseado nas normas ASHRAE 55 e EN15251.

2.7.2.2. Ferramentas informáticas de simulação energética de edifícios

O projeto SouthZEB disponibiliza no seu *site* (<http://www.southzeb.eu/>) uma lista das ferramentas de simulação e *design* mais utilizadas, bem como as respetivas descrições e *sites* onde podem ser obtidas. Estas ferramentas, aplicáveis a projetos de novos edifícios e de renovações, avaliam o desempenho energético geral do edifício, auxiliam na otimização do design do edifício e na obtenção de níveis de desempenho nZEB. De igual modo, podem ajudar nos cálculos e fornecer uma visão sobre cargas de aquecimento e arrefecimento, energia para o sistema de iluminação, consumo total de energia e custo de energia durante a operação, dimensionamento de sistemas AVAC, etc. (SouthZEB, s.d. c).

O Módulo 8, dedicado à reabilitação de edifícios no contexto nZEB, aborda também a temática das ferramentas informáticas de apoio a trabalhos de reabilitação eficientes em direção a edifícios nZEB, destacando as que auxiliam no cálculo do consumo de energia primária e, dentro destas, descreve sucintamente sete. A Tabela 13 apresenta as funcionalidades das ferramentas mencionadas, permitindo a sua comparação.

	<i>Energy Plus</i>	<i>Design Builder</i>	<i>Visual DOE</i>	<i>Ecotect</i>	<i>eQUEST</i>	<i>TRNSYS</i>	<i>ESP-r</i>
Simulação energética	X	X	X	X	X	X	X
Cálculo de cargas térmicas	X	X		X		X	X
Modelo de ventilação	X	X	X	X	X	X	X
Energia renovável	X	X		X		X	X
Iluminação	X	X	X	X	X	X	X
Sombreamento	X	X		X		X	X
Sistemas AVAC	X	X	X	X		X	X
Sistemas AQS	X	X	X			X	X
Consumo de água	X		X	X	X		
Consumo de combustível	X	X	X			X	X
Análise de custos	X		X	X	X		
Análise de sustentabilidade			X	X	X		
Interface gráfica		X	X	X	X	X	X

Tab. 13 - Funcionalidades de algumas ferramentas de simulação energética (UM, s.d. a)

Importa mencionar que, no Módulo 6: Ferramentas de Simulação e Projeto de Edifícios nZEB é escolhido o programa *EnergyPlus*, em combinação com o programa *Sketchup* (interface gráfica, que facilita a criação de modelos em 3D), para servir de exemplo de utilização de uma

ferramenta de simulação energética de edifícios. A escolha deste programa deve-se à sua natureza de fonte aberta, plataforma livre e altamente flexível para simulação (UM, s.d. c).

2.7.2.3. Medidas de eficiência energética

Conforme anteriormente mencionado, o Projeto SouthZEB preconiza que a aplicação de medidas de eficiência energética, para redução das necessidades energéticas e das emissões de GEE, constitui a primeira etapa na obtenção de edifícios nZEB.

O módulo 8 apresenta uma panóplia de medidas de eficiência energética aplicáveis em renovações de edifícios com o intuito de os tornar nZEB. As medidas encontram-se divididas entre as relativas à envolvente e as referentes aos sistemas AVAC, sendo cada uma destas subdividida em três. A Figura 17 ilustra a estrutura de repartição das medidas.

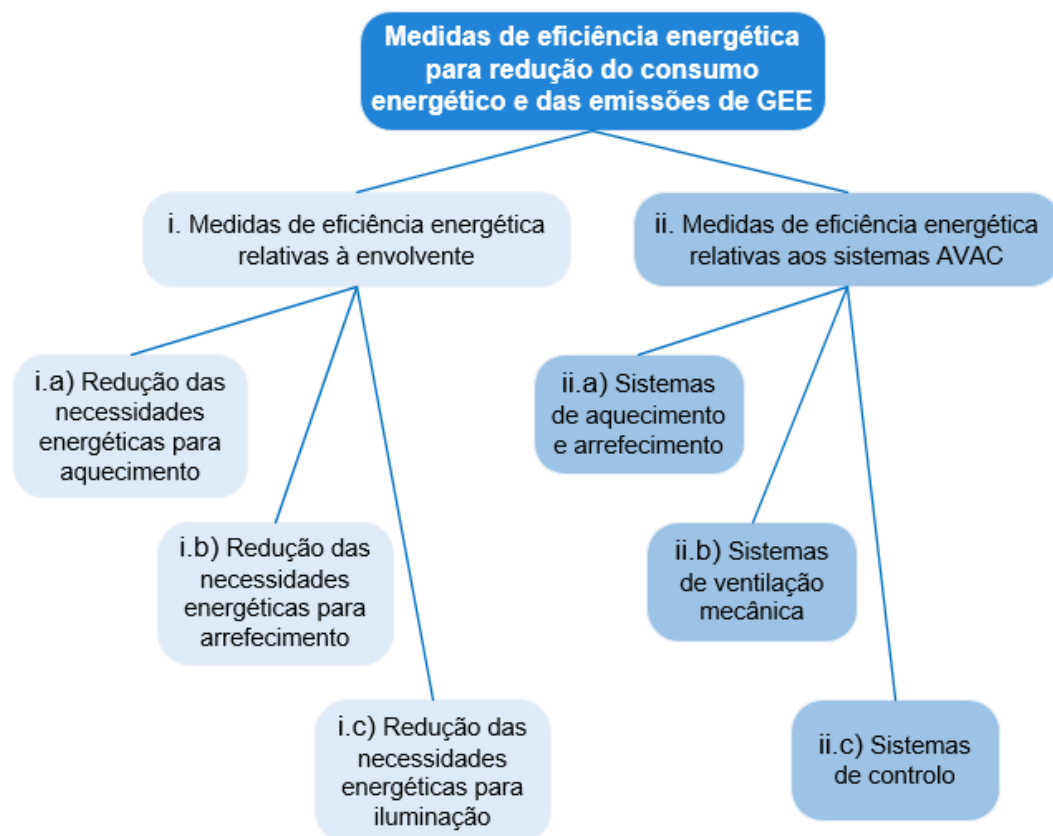


Fig. 17 - Repartição das medidas de eficiência energética para redução do consumo energético e das emissões de GEE

Para cada subdivisão são expostas, sinteticamente, técnicas, soluções e materiais, assim como as suas principais características/propriedades. As Figuras 18, 19 e 20 ilustram as técnicas e as soluções suscetíveis de serem aplicadas nas subdivisões das medidas de eficiência energética relativas à envolvente.

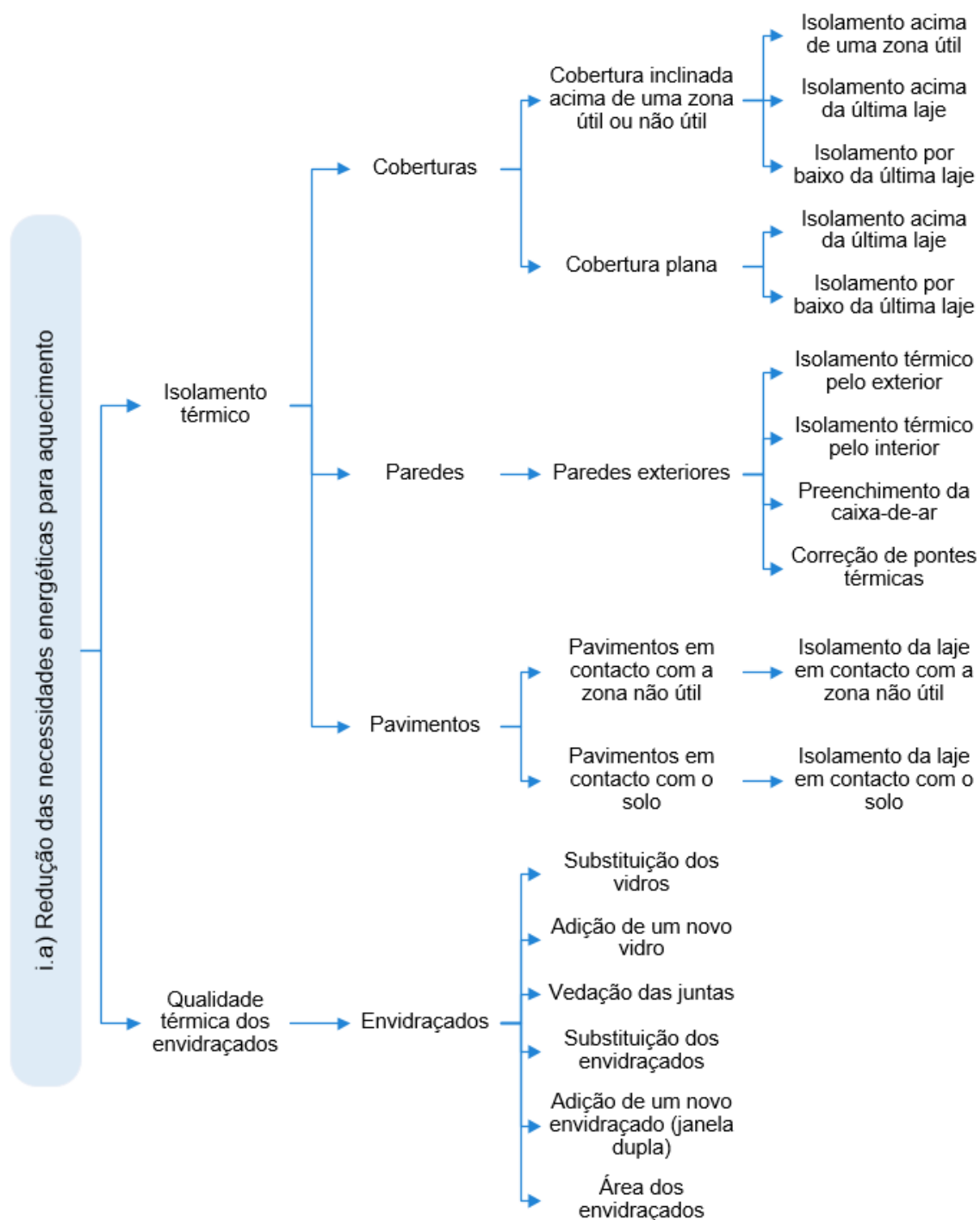


Fig. 18 - Medidas de eficiência energética para redução das necessidades energéticas para aquecimento

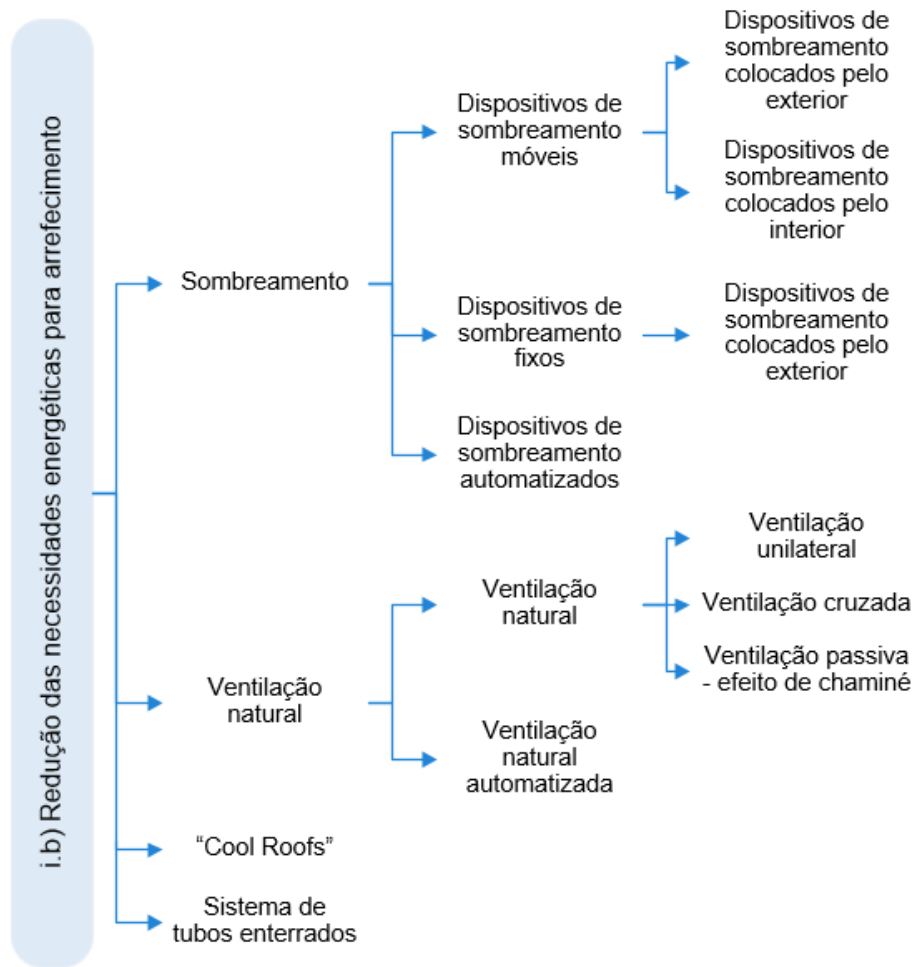


Fig. 19 - Medidas de eficiência energética para redução das necessidades energéticas para arrefecimento

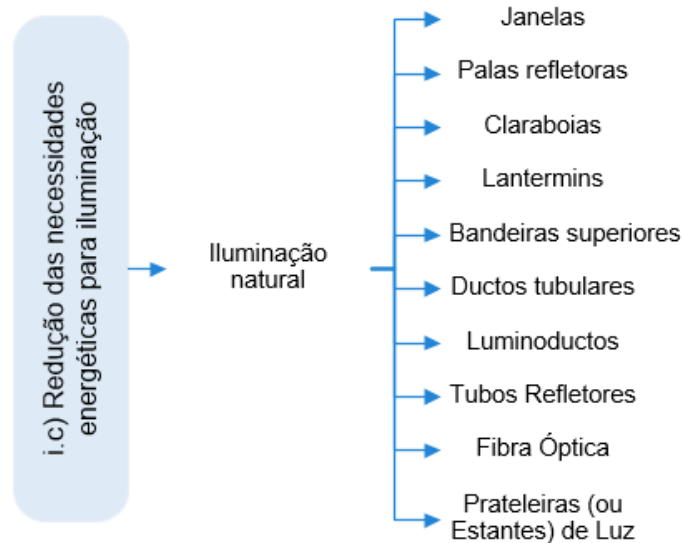


Fig. 20 - Medidas de eficiência energética para redução das necessidades energéticas para iluminação

A Figura 21 reflete as técnicas e soluções passíveis de serem utilizadas no âmbito das medidas de eficiência energética relativas aos sistemas AVAC.

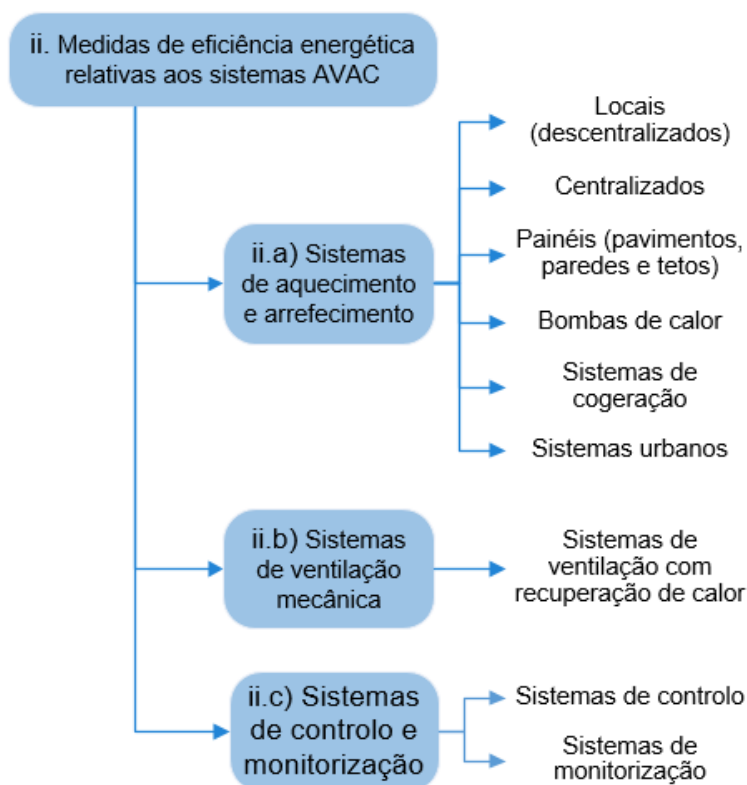


Fig. 21 - Medidas de eficiência energética relativas aos sistemas AVAC

Na prática, as medidas a implementar, de forma a alcançar a melhor solução, devem ser avaliadas casuisticamente, dado que cada situação tem as suas próprias restrições e características.

2.7.2.4. Energias renováveis

A integração de sistemas de energia renovável nos edifícios a reabilitar substância a segunda etapa para alcançar edifícios nZEB, segundo o Projeto SouthZEB.

Relativamente a esta temática, o módulo 8 indica, de modo esquemático, os principais tipos de fontes de energias renováveis (Figura 22), sendo a energia solar a que vulgarmente é a mais utilizada ao nível da produção local do edifício (UM, s.d. a).

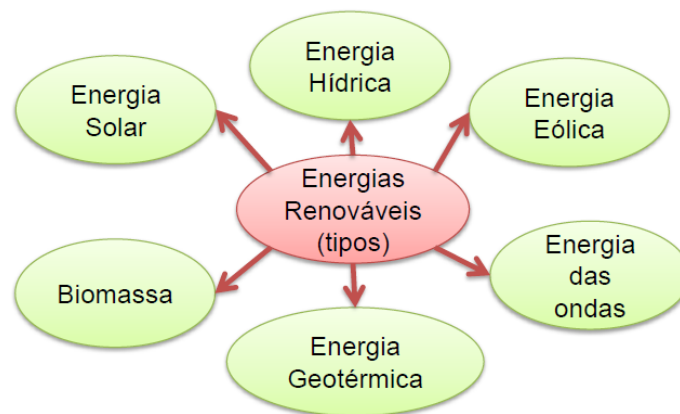


Fig. 22 - Principais tipos de fontes de energias renováveis

No módulo aludido, é efetuada uma breve exposição sobre a energia solar, a energia eólica, a energia hídrica e a biomassa. Por outro lado, é dada relevância às chaminés solares, às chaminés de vento/captadores, aos sistemas solares térmicos, aos painéis fotovoltaicos, às turbinas eólicas e à geotermia, como sendo sistemas válidos para integração de energias renováveis nos edifícios.

Em resumo, os sistemas solares térmicos, fotovoltaicos, geotérmicos e a biomassa são os tipos de sistemas de energia renovável que são utilizados nos edifícios com maior frequência (Sinclair, 2017).

3. ESTUDO DO EDIFÍCIO

O presente estudo tem como objetivo apresentar um estudo preliminar de melhoria do desempenho energético de um edifício público existente, de modo a, se possível dentro dos seus constrangimentos arquitetónicos, construtivos e de utilização, obter-se um edifício nZEB.

O objeto do estudo é o edifício dos Paços do Concelho de Alenquer e foi escolhido por, face à pesquisa efetuada, apresentar características distintas das edificações consideradas em trabalhos académicos semelhantes. Trata-se de uma construção do final do século XIX, que incorpora uma estrutura de madeira – a "gaiola pombalina" – nas paredes, sistema de construção antissísmica adotado para os edifícios da capital portuguesa após o terramoto de 1755.

O estudo inicia com uma introdução ao edifício e sua caracterização. Com base nesta e nas conclusões dos projetos constantes do ponto 2.7. do presente trabalho são propostas e avaliadas medidas de melhoria para redução das necessidades energéticas e o aumento a eficiência energética do edifício. Desta forma, pretende-se, além da convergência do edifício para um nZEB, a redução dos custos energia anuais e a redução das emissões de GEE.

3.1. HISTÓRIA DO EDIFÍCIO¹

A edificação objeto de estudo, na perspetiva de melhoria do seu desempenho energético, é o edifício dos Paços do Concelho de Alenquer, considerado, pelos alenquerenses, como uma das mais notáveis obras de arquitetura do século XIX construída na sua vila.

A construção do edifício dos Paços do Concelho, na zona medieval da Vila Alta de Alenquer, iniciou-se em 1887, com base numa proposta arquitetónica de José Juvêncio da Silva, e ficou concluída nos finais de 1889, tendo a inauguração ocorrido em 2 de janeiro de 1890 (Figura 23).

¹ O suporte bibliográfico deste subcapítulo é a brochura Palácio Municipal de Alenquer, António Rodrigues Guapo, Câmara Municipal de Alenquer, 2004



Fig. 23 - "Paços do Município (1890)" (Guapo, 2004)

Com a forma de um quadrilátero quase perfeito (30,6 m x 35,4 m) e 2 pisos acima do solo, o edifício foi construído com recurso à "gaiola pombalina" e não tem construções adjacentes (Figura 24).



Fig. 24 - Vista aérea da camara (Google Earth Prof)

Atualmente, o edifício dos Paços do Concelho acolhe a sede da administração local do Município de Alenquer, ou seja, a sede da Câmara Municipal, assim como alguns serviços e órgãos municipais. Anteriormente, além da Câmara Municipal, o edifício albergava quase todos os restantes serviços públicos do Concelho, nomeadamente, o Tribunal Judicial, as Finanças, a Tesouraria da Fazenda, a Conservatória do Registo Civil e Registo Predial e as Forças Militares.

No período compreendido entre o final do século passado e o início deste século, o executivo camarário promoveu a deslocação dos serviços públicos, acima mencionados, para outros locais da vila e procedeu ao restauro do edifício, visando a melhoria geral do mesmo e a recuperação cuidadosa dos seus tetos e pavimentos.

Do exterior do edifício destacam-se os seguintes aspetos:

- Na fachada principal sobressai o “corpo central”, todo feito de cantaria de pedra vinda de Alcanena (Figura 25). O piso 0, começa com três degraus e o patim que dá acesso ao átrio principal do edifício e de onde emergem três pórticos. Sobre estes, no piso 1, encontra-se uma varanda com uma balaustrada de pedra. Desta varanda, no alinhamento das pilastras dos pórticos, nascem quatro colunas com capitéis e cornijas que suportam um frontão triangular, no qual estão esculpidas, em alto relevo, figuras alegóricas alusivas à Agricultura, ao Comércio e à Indústria – principais fontes de riqueza do Concelho – rodeando o escudo heráldico do Concelho de Alenquer e a data de 1887, ano de início da obra (Figura 26);

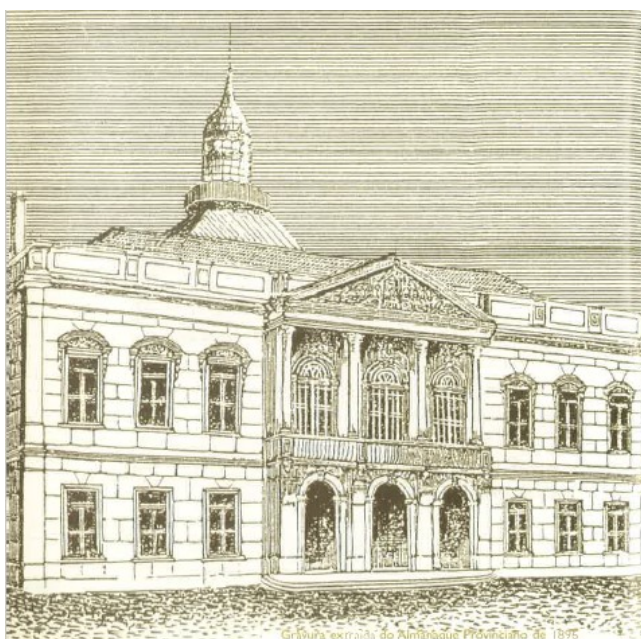


Fig. 25 - “Gravura extraída do Almanaque Provinciano de 1896” (Guapo, 2004) (à esquerda) e “Corpo central” da fachada principal (Foto do autor, junho 2018) (à direita)

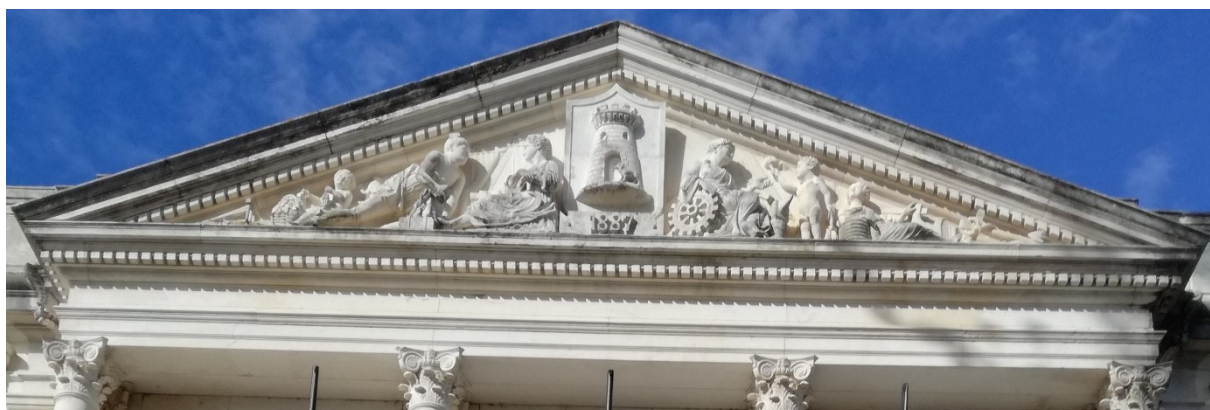


Fig. 26 - “Corpo central” da fachada principal (Foto do autor, junho 2018)

- A fachada sudeste, virada para a Vila Baixa, ostenta um frontão que ao centro apresenta o mostrador de um relógio ladeado, simetricamente, por óculos ovais decorados com ornatos filigranados (Figura 27);



Fig. 27 - Frontão fachada sul (Foto do autor, junho 2018)

- As janelas do piso 1 são ornamentadas com frontões curvos ou vergas retilíneas (Figura 28). Na fachada frontal, todas as janelas têm ornamentos curvos. Nas restantes, existe um misto de curvos e retilíneos, respetivamente, nas janelas laterais e nas centrais de cada fachada;



Fig. 28 - Tipos de ornamentação das janelas (Fotos do autor, junho 2018)

- No topo do edifício, centrada, sobressai a cúpula de metal e vidro (Figura 29), com claraboia em vidro que ilumina, essencialmente, a escadaria e o espaço envolvente do segundo patamar, que ocupam o centro do interior do edifício.



Fig. 29 - Claraboia (Foto do autor, junho 2018)

Do interior do edifício destacam-se:

- A escadaria de pedra concebida com um lanço ao centro, até ao primeiro patamar, e depois com dois lanços laterais paralelos (Figura 30). No espaço intermédio da escada encontram-se quatro janelas maineladas decorativas (Figura 31);



Fig. 30 - Escada de acesso ao piso 1
(Fotos do autor, junho 2018)



Fig. 31 - Janelas maineladas
(Foto do autor, junho 2018)

- O Salão Nobre, no piso 1, ornamentado com madeiras e estuque. O teto apresenta motivos florais e medalhões com temas alegóricos, tais como a Arte, a Agricultura, o Comércio, a Indústria e as armas velhas do Município. Das paredes constam, modelados em gesso, os bustos de ilustres personagens ligadas pela vida ou pela obra à Vila de Alenquer, como sejam Damião de Goes, Pêro de Alenquer, Camões e D. Manuel I (Figura 32).



Fig. 32 - Salão Nobre (Fotos do autor, junho 2018)

- A sala da Assembleia Municipal, antigo recinto de audiências do Tribunal de Comarca, tem as paredes decoradas com “fingidos” em estuque, que imitam silhares de mármore polícromos, e o teto com um relevo em gesso com o escudo nacional;
- A variedade de ornamentação decorativa em gesso ostentada em todos tetos das salas e em alguns corredores (Figura 33).

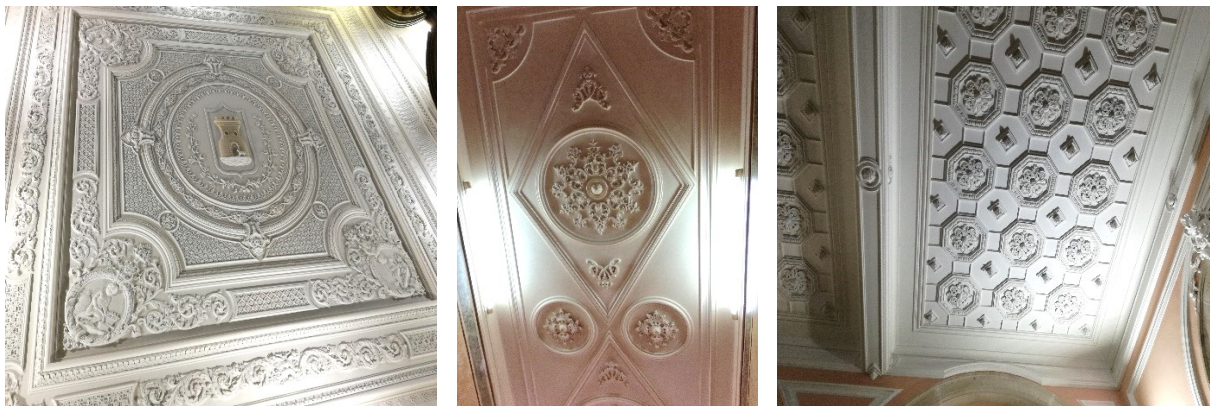


Fig. 33 - Exemplo de tetos ornamentados com gesso (Fotos do autor, junho 2018)

3.2. CARATERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

Para a caracterização do edifício foi realizado um levantamento, tendo em consideração o exarado na Portaria n.º 17-A/2016, de 4 de fevereiro, que altera Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações, designadamente, no que diz respeito à Tabela I.03 – Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona, constante do Anexo I – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções.

3.2.1. DESCRIÇÃO

O edifício dos Paços do Concelho de Alenquer, conforme referido anteriormente, é constituído por 2 pisos acima do solo, com 1083 m² por piso, e alberga a sede da Câmara Municipal, os órgãos municipais e alguns serviços do município.

No piso térreo (piso 0) destacam-se o átrio, a escadaria principal e a sala ocupada pela Fiscalização Municipal, que no conjunto representam cerca de um terço da área do piso. Na restante área, distribuídos por *open space* ou gabinetes individuais, estão localizados, entre outros, os serviços de Atendimento e Administração Geral, Tesouraria, Contabilidade, Urbanismo, Informática e Comunicação e Imagem. De igual modo, neste piso existe um núcleo de instalações sanitárias e uma copa para os funcionários. A planta do piso pode ser observada no Anexo VI.

No piso superior (piso 1) destacam-se o Salão Nobre, a escadaria principal e a sala da Assembleia Municipal, que ficam exatamente sobre a área do piso térreo acima destacada. Na restante área, entre outros, encontram-se localizados neste piso, em espaços individuais ou de *open space*, o executivo da Câmara da Municipal e os serviços de Recursos Humanos, Contratação Pública, Aprovisionamento, Apoio Jurídico e Ação Social e Saúde, assim como instalações sanitárias. A planta do piso pode ser observada no Anexo VI.

O horário normal de funcionamento do edifício é nos dias úteis de segunda a sexta feira, para atendimento ao público, das 9h às 17h e, para o executivo e restantes colaboradores, aproximadamente, das 8h às 19h.

No levantamento foram identificados 126 postos de trabalho, distribuídos por 32 espaços com uma área total de 983 m². A relação entre o número de posto de trabalho e a área ocupada representa uma densidade, aproximadamente, de 0,13 pessoas/m² e de 7,8 m²/pessoa.

Os consumos energéticos no edifício são assegurados na sua totalidade pela rede elétrica.

O edifício público em estudo pertence à tipologia “grande edifício de comércio e serviços” (GES), prevista na alínea ff) do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, e nas suas sucessivas alterações, dado que a área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, ultrapassa os 1000 m².

Face às características de “espaço complementar” estabelecidas na alínea aa), do artigo acima citado, os espaços desta natureza ocupam uma área de 769 m² dos 1837 m² da área interior útil total de pavimento. No Anexo VII pode-se verificar quais os espaços identificados como complementares.

3.2.2. LOCALIZAÇÃO

O edifício dos Paços do Concelho encontra-se localizado na zona urbana da Vila de Alenquer, mais concretamente, na Praça Luís de Camões da freguesia de Santo Estevão, na zona medieval da Vila Alta de Alenquer. A sua distância à costa marítima é de 32,99 km e está implantado a 70 m de altitude, nas coordenadas 39°03'N e 9°00'O, segundo dados obtidos no *Google Earth Pro*.

De acordo com o Despacho n.º 15793-F/2013, de 3 de dezembro, que procedeu à publicação dos parâmetros para o zonamento climático, o edifício em causa, atendendo à Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III (NUTS III), pertence ao Oeste e está na zona climática de inverno I1 e na zona climática de verão V2. A determinação destas zonas climáticas encontra-se no Anexo VIII.

Relativamente à disposição geográfica da edificação em análise, a mesma encontra-se isolada, ou seja, não é confinante com outros edifícios. As fachadas do edifício estão orientadas para sudoeste (SO), noroeste (NO), nordeste (NE) e sudeste (SE), considerando-se que a fachada principal do edifício está orientada a SO (Figura 34).



Fig. 34 - Localização do edifício (Google Earth Pro)

3.2.3. DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos a considerar devem respeitar o preconizado na Portaria n.º 17-A/2016, de 4 de fevereiro, que altera a Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações, ou seja, devem ser utilizados os dados disponibilizados pela ADENE, que é a entidade gestora do SCE.

O LNEG desenvolveu para a ADENE a aplicação CLIMAS-SCE, implementada em *Microsoft Office 2010 Excel* com macros, que está disponível em <http://www.lneg.pt/servicos/328/2263/>.

A aplicação recebe, como *input*, o município e a altitude onde se localiza o edifício e produz, como *output*, além da informação visível no ecrã (Figura 35), um ficheiro, de formato ".EPW" (*ESP-r/EnergyPlus Weather format*), com as estatísticas climatológicas e o Ano Meteorológico de Referência, que serve de *input* para programas de simulação dinâmica dos edifícios.

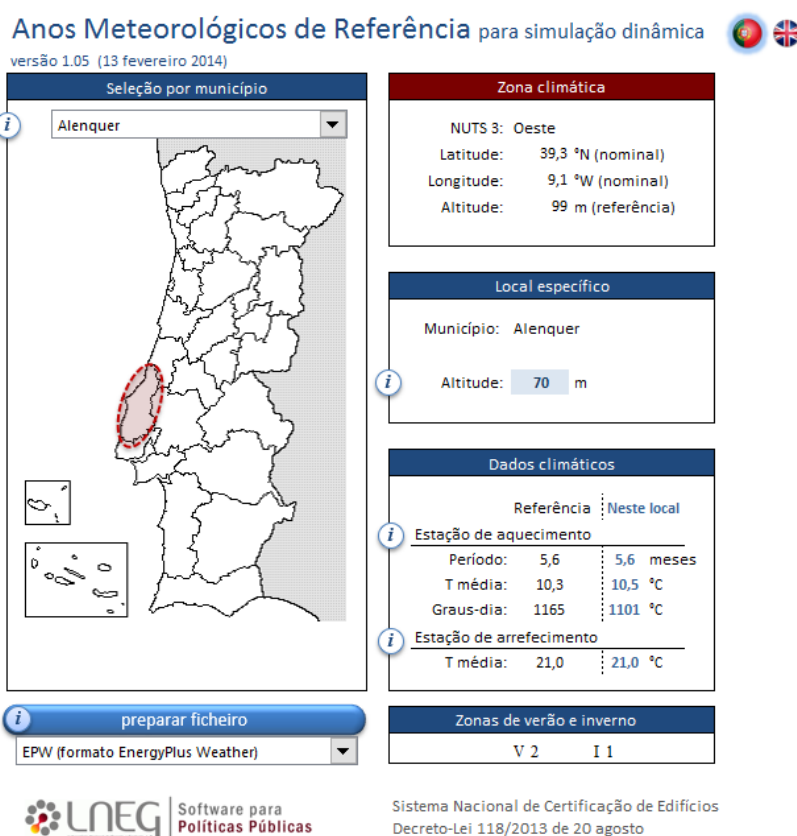


Fig. 35 - Dados associados à localização do edifício em estudo processados pela CLIMAS-SCE

Como se pode observar na figura acima, os dados processados pela aplicação são coincidentes com os determinados (com base do Despacho n.º 15793-F/2013, de 3 de dezembro) no ponto 3.2.2., designadamente, no que se refere à NUTS III e às zonas climáticas.

3.2.4. ENVOLVENTE EXTERIOR E INTERIOR OPACA

Como referido anteriormente, o edifício dos Paços do Concelho de Alenquer foi construído segundo o sistema construtivo pombalino. Este sistema caracteriza-se pela utilização de uma estrutura tridimensional de madeira – a gaiola pombalina – e o seu preenchimento com alvenaria ordinária, normalmente, composta por pedras, pedaços de tijolo e argamassa ordinária, sendo esta constituída por cal e areia. O tipo de pedra utilizada na região de Lisboa, onde se insere o edifício em estudo, é predominantemente o calcário. Os revestimentos exterior e interior eram, tradicionalmente, de argamassa ordinária, constituída por cal aérea e areia (Santos & Rodrigues, 2009).

Em harmonia com o Despacho n.º 15793-E/2013, de 3 de dezembro, dado verificar-se a impossibilidade de identificar com rigor as soluções construtivas existentes no edifício, recorreu-se, para a caracterização da envolvente opaca, à publicação do LNEC designada de ITE 54 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos Opacos da Envolvente dos Edifícios – Soluções Construtivas de Edifícios Antigos e Soluções Construtivas das Regiões Autónomas.

Quando aplicável, recorreu-se, igualmente, ao documento ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica da Envolvente dos Edifícios publicado pelo LNEC.

De igual modo, em harmonia com o referido Despacho, o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores deve ser agravado em 35% para refletir as perdas planas de calor por condução através da envolvente, ou seja, para refletir a contribuição das zonas de ponte térmica plana.

3.2.4.1. Parede exterior

Face ao exposto e pela observação no local, que não permitiu concluir com precisão a sobre constituição das paredes, para efeitos de obtenção dos coeficientes de transmissão térmica (U), as paredes exteriores são:

- Anteriores a 1960;
- De alvenaria ordinária;
- Rebocadas;
- Simples;
- Sem isolamento.

Na Tabela 14 apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica destas paredes obtidos a partir do Quadro II.2 do Anexo II da Informação Técnica Edifícios – ITE 54.

Designação	Espessura (m)	U [W/(m ² .°C)]	
		Inicial	Agravado
PE 1	0,95	1,37	1,85
PE 2	0,75	1,60	2,16
PE 3	0,70	1,67	2,25
PE 4	0,80	1,53	2,07

Tab. 14 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores

No Anexo IX encontram-se assinaladas as paredes exteriores nas plantas do edifício. As paredes PE4 não estão assinaladas nas plantas, pois integram o núcleo da escadaria principal e elevam-se acima do piso 1 (Figura 36).



Fig. 36 - Parede exterior PE4, vista interior e exterior (Fotos do autor, junho 2018)

3.2.4.2. Parede interior

A constituição das paredes interiores pode ser observada na parede da sala de espera do edifício, conforme Figura 37.



Fig. 37 - Painel na parede que evidencia a “gaiola pombalina” e o seu preenchimento, onde são visíveis, além das pedras, os pedaços de tijolo (Foto do autor, junho 2018)

Face ao exposto no ponto 3.2.4. e pela observação no local, para efeitos de obtenção dos coeficientes de transmissão térmica, as paredes interiores são:

- Anteriores a 1960;
- Constituídas por madeira e alvenaria ordinária (composta por pedras de calcário, pedaços de tijolo e argamassa ordinária);
- Revestidas a estuque.

Na Tabela 15 apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica destas paredes obtidos a partir do Quadro I.7.2 do Anexo I da Informação Técnica Edifícios – ITE 54.

Designação	Espessura (m)	U [W/(m ² .°C)]
PI 1	0,80	1,27
PI 2	0,60	1,40
PI 3	0,50	1,57
PI 4	0,25	1,98
PI 5	0,20	2,07

Tab. 15 - Coeficiente de transmissão térmica das paredes interiores

3.2.4.3. Pavimento

A observação no local não permitiu concluir com precisão sobre a constituição dos pavimentos, maioritariamente, de madeira, pelo que, para efeitos de obtenção dos coeficientes de transmissão térmica, adotam-se os pavimentos, cujo período de utilização teve maior incidência entre 1750 e 1930, previstos no documento ITE 54 que melhor poderão representar as características dos pavimentos existentes.

O pavimento do piso térreo, na sua quase totalidade, de madeira e de espessura desconhecida, deverá estar sobre caixa de ar ventilada, atendendo ao desnível entre o solo à volta do edifício e o pavimento do piso, assim como às grelhas de ventilação existentes nas fachadas, situadas abaixo do nível do pavimento (Figura 38). O pavimento, certamente, não tem isolamento térmico.



Fig. 38 - Diferença de cota entre o passeio e o pavimento do edifício e duas das grelhas de ventilação existentes na fachada tardoz (Foto do autor, junho 2018)

Pelo exposto, adota-se o coeficiente de transmissão térmica de 2,20 W/(m².°C), ajustado no parágrafo seguinte, do Quadro I.14.2 do Anexo I da Informação Técnica Edifícios – ITE 54, relativo a pavimentos de madeira, exteriores, sem forro de teto e com espessura entre 0,18 e 0,22 m.

Dado tratar-se de um pavimento sobre um espaço não-aquecido ou ventilado, conforme pressuposto anteriormente explanado, o valor de U deve ser ajustado conforme previsto na Figura II.7 do Anexo II da Informação Técnica Edifícios – ITE 50.

Assim, o coeficiente de transmissão térmica ajustado considerado para o pavimento do piso 0 é $1,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

O pavimento do piso 1, de espessura desconhecida, é praticamente todo de madeira. Na parte superior são visíveis as tábuas de solho corridas (Figura 39), certamente, pregadas às vigas do pavimento, sendo a parte inferior revestida com estuque, possivelmente, aplicado sobre fasquiado constituído por sarrafos de seção transversal reduzida. O pavimento não deverá ter isolamento térmico.

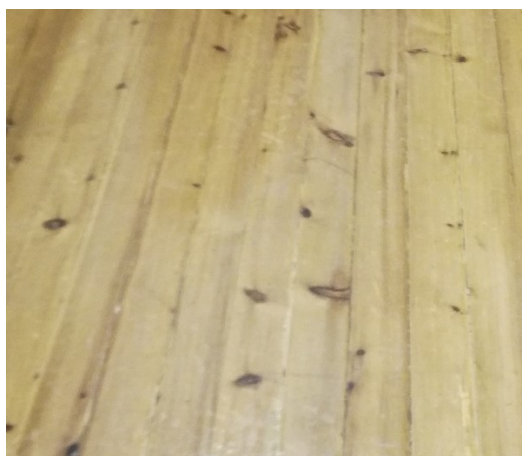


Fig. 39 - Pavimento piso 1 (Foto do autor, junho 2018)

Pelo exposto, adota-se o coeficiente de transmissão térmica de $1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ do Quadro I.14.2 do Anexo I da Informação Técnica Edifícios – ITE 54, relativo a pavimentos de madeira, da envolvente interior, com forro de teto, com espaço de ar intermédio não ventilado e com espessura entre 0,21 e 0,25 m.

3.2.4.4. Cobertura

A cobertura do edifício é do tipo inclinada com esteira horizontal, a estrutura de suporte é em madeira e o revestimento descontínuo é de telha cerâmica (Figura 40). O desvão criado pelas duas águas do telhado é acessível, mas não-habitado, tendo já sido utilizado como arrumos.



Fig. 40 - Cobertura do edifício (Fotos do autor, junho 2018)

A esteira, de espessura desconhecida, aparentemente, apresenta uma constituição idêntica à do pavimento do piso 1, acima descrito, ou seja, são visíveis as tábuas de solho corridas e o revestimento com estuque, respetivamente, na parte superior e na inferior. A estrutura é expectável que seja de vigas de madeira e não deverá ter isolamento térmico.

Assim, adota-se para esta cobertura o coeficiente de transmissão térmica de $3,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ do Quadro II.17 do Anexo II da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a coberturas inclinadas, sem isolamento térmico, fluxo ascendente, com esteira horizontal leve.

3.2.5. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

Para a caracterização da envolvente envidraçada, em concordância com o Despacho n.º 15793-E/2013, de 3 de dezembro, recorreu-se à publicação do LNEC designada de ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica da Envolvente dos Edifícios e ao Despacho n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro, com as suas retificações, para obtenção, respetivamente, do coeficiente de transmissão térmica e do fator solar (g) dos vãos envidraçados.

3.2.5.1. Janela de peitoril com portada interior

As janelas de peitoril com portada interior, inseridas nos pisos 0 e 1 de todas as fachadas, caracterizam-se por terem vão simples, caixilharia de madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar e vidro simples incolor (6 mm), com proteção interior constituída por portadas de madeira de cor clara (Figura 41).



Fig. 41 - Janelas de peitoril com portada interior (Fotos do autor, junho 2018)

Para estes vãos envidraçados adota-se o coeficiente de transmissão térmica de $5,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e o fator solar de $0,30$, respetivamente, do Quadro III.1 do Anexo III da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a vãos envidraçados verticais com caixilharia de madeira e do ponto 7 – fator solar de vãos envidraçados – do Despacho n.º 15793-K/2013.

3.2.5.2. Janela de sacada com portada interior

As janelas de sacada com portada interior, inseridas no piso 1 das fachadas principal e tardez, caracterizam-se por terem vão simples, caixilharia de madeira giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar e vidro simples incolor (6 mm), com proteção interior constituída por portadas de madeira de cor clara (Figura 42).



Fig. 42 - Janelas de sacada da fachada principal e da fachada tardez (Fotos do autor, junho 2018)

Para estes vãos envidraçados adota-se o coeficiente de transmissão térmica de $5,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e o fator solar de $0,30$, respetivamente, do Quadro III.1 do Anexo III da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a vãos envidraçados verticais com caixilharia de madeira e do ponto 7 – fator solar de vãos envidraçados – do Despacho n.º 15793-K/2013.

3.2.5.3. Óculo redondo

Os óculos redondos, inseridos no piso 1 da fachada tardoza sobre as janelas de sacada, caracterizam-se por terem vão simples, caixilharia de madeira fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar e vidro simples incolor (6 mm), sem proteção (Figura 43).



Fig. 43 - Óculos redondos sobre janelas de sacada (Foto do autor, junho 2018)

Para estes vãos envidraçados adota-se o coeficiente de transmissão térmica de 5,10 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ e o fator solar de 0,85, respetivamente, do Quadro III.1 do Anexo III da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a vãos envidraçados verticais com caixilharia de madeira e do ponto 7 – fator solar de vãos envidraçados – do Despacho n.º 15793-K/2013.

3.2.5.4. Vitral

Os vitrais, inseridos em todas as fachadas do núcleo da escadaria principal acima do piso 1, caracterizam-se por terem vão simples, caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar e vidro simples colorido (6 mm), sem proteção (Figura 44).

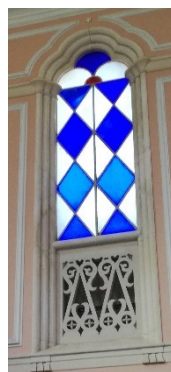


Fig. 44 - Vitral (Foto do autor, junho 2018)

Para estes vãos envidraçados adota-se o coeficiente de transmissão térmica de 6,00 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ e o fator solar de 0,60, respetivamente, do Quadro III.2 do Anexo III da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a vãos envidraçados verticais, com caixilharia metálica sem corte térmico e do ponto 7 – fator solar de vãos envidraçados – do Despacho n.º 15793-K/2013.

3.2.5.5. Claraboia

As claraboias horizontal e inclinada, respetivamente, inseridas nas coberturas dos núcleos da escadaria principal e da escadaria secundária, caracterizam-se por terem vão simples, caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar e vidro simples incolor (6 mm), sem proteção (Figura 45).

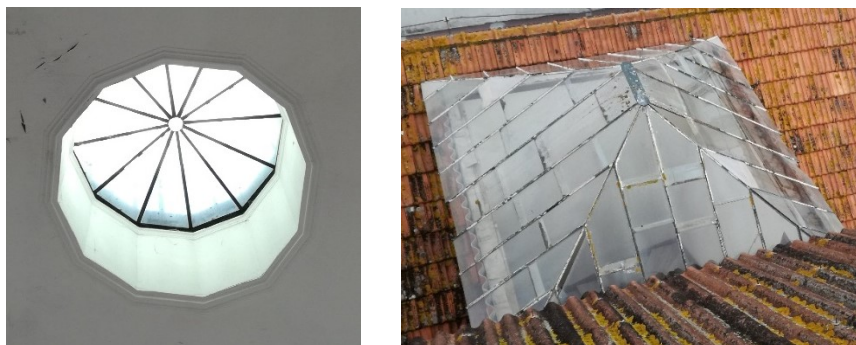


Fig. 45 - Claraboias da escadaria principal (à esquerda) e da escadaria secundária (à direita)
(Fotos do autor, junho 2018)

Para estes vãos envidraçados adota-se o coeficiente de transmissão térmica de $7,89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e o fator solar de 0,85, respetivamente, do Quadro III.2, relativo a vãos envidraçados verticais, com caixilharia metálica sem corte térmico, conjugado com o Quadro III.5, para vãos envidraçados horizontais, ambos, do Anexo III da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, e do ponto 7 – fator solar de vãos envidraçados – do Despacho n.º 15793-K/2013.

3.2.6. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS

Conforme mencionado anteriormente foi realizado um levantamento, tendo em consideração o exarado na Portaria n.º 17-A/2016, de 4 de fevereiro, que altera Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações. Deste procedimento resultou o mapa resumo que consta do Anexo X.

Importa referir que, tanto no Anexo X como nos subpontos que se seguem, não são mencionadas as características (tais como, marca, modelo, consumo e horário de funcionamento) dos sistemas e dos equipamentos identificados no levantamento, dado não serem relevantes para a metodologia de análise das propostas das medidas de melhoria de desempenho adotada no presente trabalho.

3.2.6.1. Iluminação

A iluminação artificial no interior do edifício é garantida, essencialmente, por lâmpadas tubulares T8 com balastro eletrónico. Deste tipo de lâmpadas foram identificadas 240 unidades, sendo que cerca de 85% são de 36 W e as restantes de 58 W, e encontram-se instaladas em

45 espaços do edifício. Em 4 espaços a iluminação existente é constituída por projetores de iodetos metálicos (IM), no total de 28 unidades, dos quais 10 são de 150 W. Foram ainda identificadas lâmpadas de LED em 9 espaços (Figura 46).

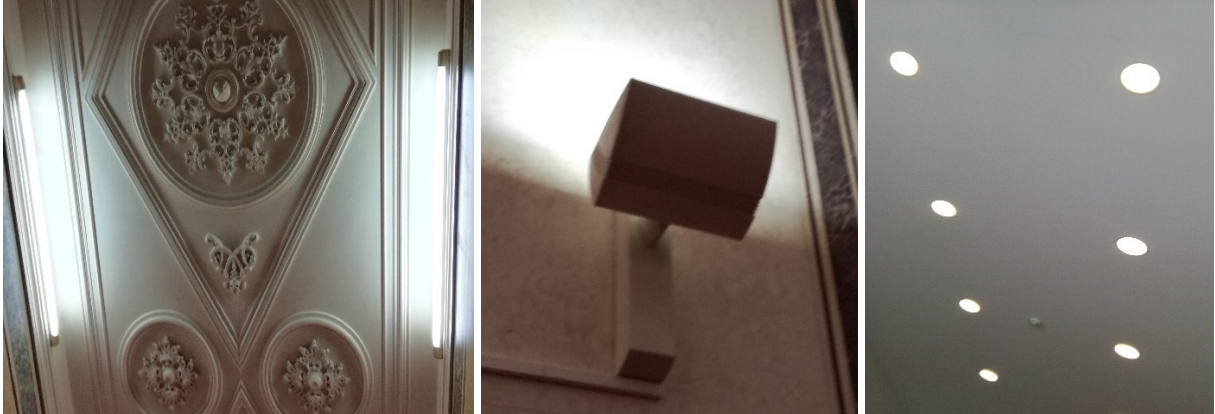


Fig. 46 - Iluminação no interior do edifício (Fotos do autor, junho 2018)

A iluminação noturna exterior do edifício é constituída por projetores de LED, 42 de 25 W, e de IM, 8 de 60 W e 2 de 150 W (Figura 47).

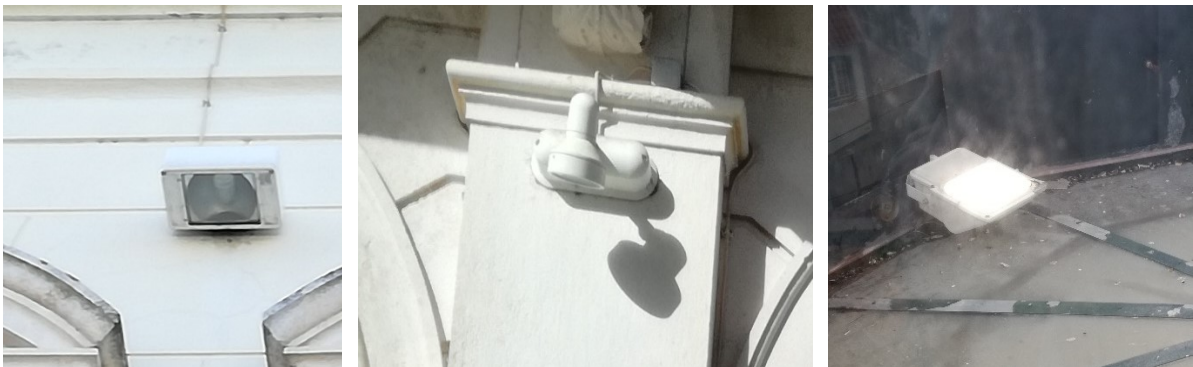


Fig. 47 - Iluminação no exterior do edifício (Fotos do autor, junho 2018)

3.2.6.2. Climatização

Parte da climatização do edifício é assegurada através de sistemas compostos por unidades interiores e exteriores. Em 24 espaços do edifício estão instalados ventiloconvetores que são alimentados por 4 equipamentos do tipo “VRV INVERTER”, que se encontram a cerca de 10 m do edifício dos Paços do Concelho (Figura 48). Outros 11 espaços têm instalados *splits* cujas 8 unidades exteriores estão localizadas na platibanda do edifício (Figura 49).



Fig. 48 - Equipamento “VRV INVERTER” (à esquerda) e localização dos equipamentos (à direita)
(Fotos do autor, junho 2018)



Fig. 49 - Algumas unidades exteriores dos sistemas de ar condicionado (Fotos do autor, junho 2018)

A par dos sistemas referidos existem distribuídos pelo edifício, por vezes em complemento aos mesmos, 29 aparelhos portáteis de climatização, dos quais 20 são do tipo ventilador climatizador (Figura 50).



Fig. 50 - Ventilador climatizador (Fotos do autor, junho 2018)

3.2.6.3. Outros Equipamentos

No levantamento efetuado ao edifício, para além dos equipamentos relativos à climatização acima citados, foram identificados outros, com impacto nas necessidades energéticas, que agrupados nos seguintes grupos:

- Informática/Administrativo – Engloba todos os equipamentos informáticos (tais como computadores, monitores, impressoras e equipamentos ativos dos bastidores) e os equipamentos elétricos de apoio à atividade administrativa e de atendimento ao público (tais como, máquinas de calcular, terminais de multibanco, destruidores de papel e máquina de contar moedas);
- TV e som – Contém os equipamentos existentes no edifício relacionados com a receção de imagem e som que funcionam autónomos de qualquer sistema informático, tais como televisões, aparelhagens hi-fi e leitores de DVDs;
- CDI – Inclui os equipamentos pertencentes à central de deteção de incêndios;
- Bar – Incorpora os equipamentos disponíveis no edifício de acesso público ou restrito relacionados com alimentação, tais como máquinas de venda automática de comida e bebidas, máquinas de café e micro-ondas;
- WC – Integra os equipamentos elétricos existentes nas instalações sanitárias.

No Anexo X pode-se observar os equipamentos identificados, a quantidade e localização.

Acresce ao mencionado, um elevador instalado em 2015, de modo a melhorar as acessibilidades do edifício. Não foi possível obter as características do mesmo, mas atendendo a que foi instalado após a entrada em vigor da Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, o elevador terá, no mínimo, a classe C de eficiência energética.

3.3. PROPOSTA DE MEDIDAS DE MELHORIA

Face ao levantamento efetuado e ao observado durante a sua realização torna-se evidente que o desempenho energético do edifício dos Paços do Concelho de Alenquer pode ser melhorado. Apesar do bom estado de conservação do edifício, em virtude do restauro a que foi submetido para melhoria geral e recuperação dos tetos e pavimentos, não apresenta a implementação, generalizada, de medidas que maximizem o desempenho energético do edifício.

A identificação dos aspetos a melhorar é relativamente fácil e intuitiva, até porque alguns são transversais ao parque imobiliário nacional, especialmente ao construído antes do aparecimento da primeira regulamentação sobre requisitos térmicos, que ocorreu em 1990.

Pelo contrário, a definição de medidas específicas de melhoria para eliminação ou mitigação desses aspetos reveste-se de certa complexidade, desde logo, relacionada com as características arquitetónicas e históricas do edifício, mas também com o que é pretendido quanto à sua utilização presente e futura e ao grau de preservação das características citadas.

Ou seja, a título de exemplo, as medidas a implementar são diferentes se houver a intenção, num futuro próximo, de transformar o edifício num museu, obviamente, transferindo os serviços para outro edifício, ou de mantê-lo como edifício de serviços. De igual modo, podem diferir as medidas a implementar caso se pretenda uma modernização do espaço, por exemplo, como já se verifica na área de atendimento ao público, na copa e nos serviços de fiscalização, ou mantê-lo o mais fiel possível às suas origens, como é o caso do Salão Nobre e a sala da Assembleia Municipal.

Atendendo ao exposto, às conclusões dos projetos constantes do ponto 2.7 do presente trabalho e ao levantamento realizado, a seguir propõem-se e avaliam-se, qualitativamente, possíveis medidas de melhoria para redução das necessidades energéticas e aumento da eficiência energética do edifício.

3.3.1. ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

A envolvente exterior opaca engloba as paredes exteriores, os pavimentos e as coberturas. Destes elementos, os mais críticos para redução das necessidades energéticas e o aumento da eficiência energética do edifício são as paredes exteriores e as coberturas. O seu correto isolamento térmico permite poupanças significativas no consumo de energia e melhora o conforto térmico.

No edifício em estudo, o isolamento térmico das paredes externas afigura-se mais condicionado, devido a, quando aplicado pelo exterior, ser necessário preservar as características arquitetónicas das fachadas. Por outro lado, a aplicação do isolamento pelo interior além de não ser tão eficaz, como quando aplicado pelo exterior, também está condicionada nos espaços em que seja de manter visíveis os revestimentos existentes.

O isolamento térmico da cobertura não apresenta condicionantes e a sua aplicação poderá ser nas vertentes ou sobre a esteira horizontal. Dado que o desvão não é habitado – atualmente não tem qualquer utilização e, se vier a ter, a mais provável é ser apenas para arrumos - a opção sobre a esteira é a mais indicada, obviando inconvenientes da outra opção, tais como maior área de aplicação, conseqüentemente, maior custo, não permitir a adequada ventilação do desvão e vai ser um espaço desnecessariamente ventilado, implicando maior consumo de energia.

Conforme referido no ponto 3.2.4.4. do presente documento, a cobertura nas condições atuais tem um coeficiente de transmissão térmica de $3,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Este coeficiente, com isolamento na esteira, passa para valores entre $0,37$ e $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ dependendo do tipo de isolamento e da espessura, de acordo com o Quadro II.19 do Anexo II da Informação Técnica Edifícios – ITE 50, relativo a coberturas inclinadas, com isolamento sobre a esteira horizontal, fluxo ascendente, com esteira horizontal leve.

3.3.2. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

A envolvente envidraçada é outro aspeto ao qual é dada relevância nos projetos RePublic_ZEB e SouthZEB e que, com certeza, é passível de melhoria no edifício dos Paços de Concelho de Alenquer.

Os diversos envidraçados identificados no levantamento (janelas de peitoril, janelas de sacada, óculos redondos, vitrais e claraboia) permitem uma boa iluminação natural na generalidade dos espaços do edifício, mas não têm boa qualidade térmica.

Existem no mercado soluções de caixilharias que permitem a substituição das caixilharias antigas, de madeira ou de metal, por outras mais eficientes – quer em termos térmicos quer em termos de controlo de permeabilidade ao ar, melhorando a ventilação natural – sem que seja prejudicada a estética do edifício.

De igual modo, existem no mercado uma diversidade de vidros, que podem ser aplicados individualmente ou em conjunto, cujas características permitem retirar maior proveito da quantidade e qualidade de luz solar e da quantidade de ganhos solares térmicos que entram no edifício, pelo que a substituição dos vidros existentes por outros mais eficientes tem impacto positivo na eficiência energética do edifício e no conforto térmico dos seus ocupantes.

Outra medida de melhoria é a aplicação de dispositivos de sombreamento colocados pelo interior do envidraçado, devido à impossibilidade de serem colocados pelo exterior por razões de conservação da estética das fachadas, tais como cortinas em complemento das portadas de madeira existentes. Também esta medida teria benefícios na eficiência energética do edifício e no conforto térmico dos seus utilizadores.

3.3.3. ILUMINAÇÃO

A redução das necessidades energéticas para iluminação, de acordo com os projetos RePublic_ZEB e SouthZEB, são um dos aspetos a considerar para obtenção de um nZEB.

Uma medida de melhoria passível de ser implementada, para obtenção da redução citada, coincide com o proposto no subponto anterior relativamente aos vidros e aos dispositivos de sombreamento. Como referido, a utilização de vidros com melhores propriedades e adequados a cada envidraçado do edifício e de outras proteções interiores, em complemento às portadas opacas, permite um maior aproveitamento da quantidade e diversidade de envidraçados existentes e que proporcionam uma boa iluminação natural em quase todo o edifício.

Outra medida preconizada nos projetos e que se aplica ao edifício dos Paços do Concelho de Alenquer é a instalação de iluminação eficiente. Nos espaços remodelados recentemente já são utilizadas lâmpadas LED, mas representam uma pequena percentagem do total de espaços, de área e de quantidade de lâmpadas do edifício. A utilização generalizada de lâmpadas LED tornaria a iluminação mais eficiente, com impacto positivo ao nível do consumo de energia, do meio ambiente, do conforto, do investimento, da manutenção e do retorno do investimento, de acordo com o projeto RePublic_ZEB.

3.3.4. CLIMATIZAÇÃO

A climatização dos edifícios é um aspeto fulcral para a redução das necessidades energéticas e, como tal, é preponderante na aproximação dos edifícios ao conceito de nZEB, assim como é fundamental para o conforto térmico dos utilizadores dos edifícios.

Os projetos RePublic_ZEB e SouthZEB apontam algumas soluções para alcançar maior eficiência energética nos sistemas de climatização, mas, atendendo a que se trata de uma matéria fora do âmbito do conhecimento técnico da engenharia civil, não se propõe medidas de melhoria.

Pese embora o referido, é importante realçar que face ao observado no levantamento, relativamente ao estado de conservação/funcionamento e à diversidade dos sistemas de climatização e à proliferação de equipamentos portáteis, era conveniente a elaboração de um estudo sobre a climatização do edifício como um todo. Este procedimento, certamente, evidenciaria um impacto positivo no desempenho energético do edifício e no conforto térmico. Os equipamentos substituídos, quando em bom estado de conservação e de funcionamento, poderiam ser reutilizados noutros edifícios/instalações do Município de Alenquer, onde fosse mais indicada a sua utilização, face às características dos locais e dos equipamentos.

3.3.5. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

As necessidades energéticas no edifício são cobertas na sua totalidade pela rede elétrica pública, que incorpora uma parte com origem em fontes renováveis. De acordo com o conceito de nZEB, tais necessidades devem ser asseguradas em larga medida com recurso a energia proveniente de fontes renováveis.

Não existe uma quantificação para especificar o que se entende por “larga medida”, assim não se consegue aferir se a quantidade de energia de fontes renováveis distribuída e consumida através da rede elétrica é suficiente para satisfazer o conceito de nZEB.

No entanto, importa referir que os projetos RePublic_ZEB e SouthZEB indicam o sistema fotovoltaico como o sistema de energia renovável mais utilizado, devido à simplicidade da instalação, à redução do consumo de energia e ao custo do investimento ser considerado moderado. No projeto RePublic_ZEB, para o edifício de escritórios de Portugal analisado, foi adotada a medida de eficiência energética M16, que corresponde a um sistema fotovoltaico (monocristalino), para substituição parcial da energia da rede pública.

No caso concreto do edifício dos Paços do Concelho de Alenquer, dado tratar-se de uma matéria fora do âmbito do conhecimento técnico da engenharia civil, não se propõe medidas de melhoria. Contudo, dada a diversidade de soluções disponíveis no mercado, era conveniente a elaboração de um estudo sobre a possibilidade de instalação de um sistema de energia renovável que não comprometa a estética do edifício, que se considera ser a maior condicionante à instalação de sistemas desta natureza.

3.4. APROXIMAÇÃO AO CONCEITO NZEB

Constata-se que, pese embora as condicionantes existentes ao nível do seu valor arquitetónico, do seu sistema construtivo e do tipo de utilização é viável a implementação de medidas de melhoria da eficiência energética no edifício dos Paços do Concelho de Alenquer.

Essas medidas proporcionam economias no consumo de energia e maior conforto térmico aos seus utilizadores, logo tornam o edifício mais eficiente energeticamente. Contudo, não é possível garantir a obtenção de um edifício nZEB com a implementação das medidas propostas, até porque são genéricas. Para tal desígnio é necessário um estudo mais aprofundado, visando a otimização do desempenho energético de todas as variáveis que influenciam o desempenho do edifício no seu todo e a avaliação da possibilidade de implementação de fontes de energia renováveis.

4. CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS

4.1. CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado com o intuito de apresentar um estudo preliminar de melhoria do desempenho energético de um edifício existente, de forma a o transformar num “edifício com necessidades quase nulas de energia” (nZEB).

O edifício escolhido foi o dos Paços do Concelho de Alenquer, construído segundo o sistema construtivo pombalino durante o final do século XIX.

A primeira fase do trabalho teve como principal objetivo enquadrar o tema e identificar a legislação aplicável e as recomendações/resultados obtidos em projetos que visaram o estudo e a implementação do conceito nZEB na União Europeia, com especial incidência para edifícios públicos, de serviços e localizados em Portugal.

Desta fase destaca-se o trabalho efetuado de sintetização e de esquematização da informação reunida para o estudo do edifício. Conclui-se que, ainda não existe uma definição nZEB única e harmonizada em toda a UE, devido a definição-quadro de “edifícios com necessidades quase nulas de energia” ser muito flexível, sendo da responsabilidade de cada Estado-Membro pormenorizar o conceito, considerando a viabilidade de o implementar no seu contexto nacional.

Ao nível de Portugal, o conceito nZEB foi introduzido na legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que transpõe a Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. No entanto, o enquadramento do conceito nZEB ainda apresenta lacunas na pormenorização de parâmetros, pelo que, pode-se considerar que, a definição nZEB ainda não está concluída em Portugal.

Ainda durante a primeira fase foram identificados dois projetos – RePublic_ZEB e SouthZEB – que tiveram a participação de Portugal. O desenvolvimento dos projetos e as conclusões retiradas assentaram nas características específicas de cada país participante, nomeadamente, no que respeita ao edificado e ao clima. Estes projetos indicam medidas de melhoria com vista à convergência dos edifícios ao conceito nZEB.

O projeto RePublic_ZEB constatou que embora existam algumas diferenças no contexto de cada país e nos próprios edifícios de referência – tais como, o clima, a falta de definição de nZEB em alguns países, a omissão ou a diferença de parâmetros qualitativos e quantitativos, e a forma de os calcular, bem como, as tipologias, as características construtivas, o volume e a ocupação dos edifícios – as estratégias para alcançar os critérios nZEB adotadas, pelos países participantes, foram idênticas, ou seja, as medidas de eficiência energética adotadas foram semelhantes.

A segunda fase do trabalho visou a caracterização do edifício a estudar, através da realização de um levantamento pormenorizado sobre o seu tipo de construção, de utilização, de iluminação, de climatização e dos restantes equipamentos existentes no edifício. Esta caracterização permitiu identificar os aspetos com potencial de melhoria.

Para estes aspetos foram propostos e avaliadas de forma qualitativa medidas de eficiência energética passíveis de serem implementadas, tendo por fundamento as recomendações/resultados obtidos nos projetos acima mencionados.

Conclui-se que, embora a definição de medidas específicas de melhoria para eliminação ou mitigação desses aspetos apresente uma certa complexidade, desde logo, relacionada com as características arquitetónicas e históricas do edifício, é possível avançar algumas medidas genéricas que certamente iriam melhorar o desempenho energético do edifício e conforto térmico dos seus utilizadores.

As principais medidas sugeridas são o isolamento térmico da cobertura, a substituição dos envidraçados, a aplicação de dispositivos de sombreamento nos mesmos e a substituição das lâmpadas existentes por outras mais eficientes.

Estas medidas são relativamente simples de implementação em termos técnicos, mas envolvem algum investimento, particularmente no que respeita à substituição dos envidraçados, devido à quantidade de vãos envidraçados, a tratar-se da substituição total dos envidraçados (caixilharias e vidros) e ao custo unitário de cada um.

4.2. ESTUDOS FUTUROS

O presente estudo poderá ser um contributo para avaliar em concreto a possibilidade de tornar o edifício num nZEB. Este estudo preliminar pode suportar um trabalho aprofundado, visando a otimização do desempenho energético de todas as variáveis que influenciam o desempenho do edifício no seu todo e a avaliação da possibilidade de implementação de fontes de energia renováveis. Esse trabalho permitiria também avaliar qualitativamente, quantitativamente e economicamente medidas específicas e adaptadas ao edifício dos Paços do Concelho de Alenquer.

5. BIBLIOGRAFIA

- ADENE. (2016). *O caminho para nZEB na Legislação Portuguesa*. Obtido em 12 de 07 de 2017, de Green Business Week: http://greenbusinessweek.fil.pt/wp-content/uploads/2016/02/Rui-Fragoso-ADENE_O-caminho-para-nZEB-na-Legisla%C3%A7%C3%A3o-Portuguesa.pdf
- ADENE. (s.d.). *Legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios*. Obtido em 19 de 07 de 2017, de ADENE: <http://www.adene.pt/sce/legislacao-0>
- AEA. (2017). *Mitigação dos efeitos das alterações climáticas*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de AEA: <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro>
- Aelenei, D., Aelenei, L., & Gonçalves, H. (2012). Temos que começar por reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. (R. Ascenso, Entrevistador) Climatização. Obtido em 13 de 07 de 2017, de http://www.lneg.pt/download/5831/Entrevista_HG_DA_LA_CLIMATIZACAO.pdf
- Aelenei, L. (2012). *nearly Zero Energy Buildings*. Obtido em 10 de 07 de 2017, de LNEG: https://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1589/1/nZEB_FigueiraFoz_LAelenei.pdf
- Almeida, H. S. (2010). *Análise do conforto térmico de edifícios utilizando as abordagens analítica e adaptativa (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico. Obtido em 14 de 08 de 2017, de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142105417/dissertacao.pdf>
- Almeida, M. G., Ferreira, M., & Rodrigues, A. (2016). *Definição de nZEB em Portugal – Contributo com base em análises de custo de ciclo de vida (Seminário Construir em Madeira)*. doi:<http://hdl.handle.net/1822/43268>
- Amado, A., Niza, S., Almeida, M., & Monteiro, S. (2016). *SouthZEB: formação de profissionais para a conceção, construção e manutenção de edifícios nZEB*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de Edifícios e Energia: <http://www.edificioseenergia.pt/pt/noticia/southzeb8653>
- APA. (s.d.). *Protocolo de Quioto*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de APA: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>
- Artola, I., Rademaekers, K., Williams, R., & Yearwood, J. (2016). *Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe?* Obtido em 02 de 08 de 2017, de Parlamento Europeu:

- [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587326/IPOL_STU\(2016\)587326_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587326/IPOL_STU(2016)587326_EN.pdf)
- ASHRAE Standard 55:2013. (2013). *ASHRAE Standard 55:2013 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
- BPIE. (2011). *Europe's buildings under the microscope*. Obtido em 20 de 07 de 2017, de Buildings Performance Institute Europe - Publications: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
- BPIE. (2013). *A Guide To Developing Strategies For Building Energy Renovation*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de Buildings Performance Institute Europe - Publications: http://bpie.eu/documents/BPIE/Developing_Building_Renovation_Strategies.pdf
- BPIE. (2015). *Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe*. Obtido em 10 de 07 de 2017, de Buildings Performance Institute Europe - Publications: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf
- CA EPBD. (2015). *2016 – Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – Featuring Country Reports*. Obtido em 24 de 07 de 2017, de Concerted Action EPBD: <http://www.epbd-ca.eu/ca-outcomes/2011-2015>
- Cambridge Econometrics. (2015). *Assessing the Employment and Social Impact of Energy Efficiency*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de European Commission - Energy: http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CE_EE_Jobs_main%2018Nov2015.pdf
- Cardoso, F. (2016). *NZEB: Uma definição incompleta para um conceito em evolução*. Obtido em 08 de 08 de 2017, de Edifícios e Energia: <http://www.edificioseenergia.pt/pt/noticia/nzeb-uma-definicao-incompleta-para-um-conceito-em-evolucao2607>
- CE. (2007). *O 7PQ em breves palavras*. Obtido em 02 de 08 de 2017, de Comissão Europeia - Investigação e inovação: https://ec.europa.eu/research/fp7/pdf/fp7-inbrief_pt.pdf
- CE. (2012). *Comunicado de Imprensa*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de European Commission - Press Release Database: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1342_pt.htm
- CE. (2014). *HORIZON 2020 - em breves palavras*. Obtido em 02 de 08 de 2017, de European Commission - Horizon 2020: https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_PT_KI0213413PTN.pdf
- CE. (2015). *Contribution of the European Structural and Investment Funds to the 10 Commission Priorities: Energy Union and Climate*. Obtido em 02 de 08 de 2017, de European Commission

- Publications: https://ec.europa.eu/commission/publications/contribution-european-structural-and-investment-funds-energy-union-climate_en

CE. (2016). *Intelligent Energy Europe - European Commission*. Obtido em 03 de 08 de 2017, de European Commission - EASME: <https://ec.europa.eu/easme/en/intelligent-energy-europe>

CE. (2016). *Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs)*. Obtido em 11 de 07 de 2017, de European Commission - EU Science Hub: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC97408/reqno_jrc97408_online%20nzeb%20report\(1\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC97408/reqno_jrc97408_online%20nzeb%20report(1).pdf)

CE. (s.d. a). *Ação Climática*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de Comissão Europeia - Clima: https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_pt

CE. (s.d. b). *Energy*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de European Commission - Buildings: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

CE. (s.d. c). *Transposição para o direito nacional*. Obtido em 29 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/NIM/?uri=CELEX:32010L0031>

CE. (s.d. d). *Fundos Europeus Estruturais e de Investimento*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de Comissão Europeia - Financiamento, Concursos: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/european-structural-and-investment-funds_pt

CE. (s.d. e). *EPBD Concerted Action III (2011-2015) (EPBD CA III)*. Obtido em 05 de 08 de 2017, de European Commission - Energy - Intelligent Energy Europe: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/printpdf/projects/epbd-ca-iii>

CE. (s.d. f). *Refurbishment of the public building stock towards nZEB (REPUBLIC_ZEB)*. Obtido em 05 de 08 de 2017, de European Commission - Energy - Intelligent Energy Europe: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/printpdf/projects/republiczeb>

CE. (s.d. g). *nZEB training in the Southern EU countries – Maintaining building traditions (SOUTHZEB)*. Obtido em 05 de 08 de 2017, de European Commission - Energy - Intelligent Energy Europe: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/printpdf/projects/southzeb>

Coelho, D. A. (2014). *Avaliação do Conforto Térmico em salas de aula (Tese de Mestrado)*. Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu. Obtido em 14 de 08 de 2017, de <http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/2522>

COM(2011) 112 final. (2011). *COM(2011) 112 final - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões -*

Roteiro de transição para uma economia hipocarbónica competitiva em 2050. Obtido em 10 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0112&from=PT>

COM(2013) 225 final. (2013). *COM(2013) 225 final - Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho - Apoio financeiro à eficiência energética dos edifícios (Texto relevante para efeitos do EEE)*. Obtido em 10 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0225&from=PT>

COM(2013) 483 final/2. (2013). *COM(2013) 483 final/2 - Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho - Progressos dos Estados-Membros na via para edifícios com necessidades quase nulas de energia*. Obtido em 10 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R(01)&from=EN)

COM(2016) 765 final. (2016). *COM(2016) 765 final - Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016PC0765&from=EN>

COM(2016) 860 final - ANNEX 1. (Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu, ao Comité das Regiões e ao Banco Europeu de Investimento - Energias lim de 2016). *COM(2016) 860 final - ANNEX 1 - Acelerar o recurso a energias limpas nos edifícios - Comunicação da Comissão ao P. Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu, ao Comité das Regiões e ao BEI - Energias limpas para todos os europeus*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fa6ea15b-b7b0-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_3&format=PDF

COM(2016) 860 final. (2016). *COM(2016) 860 final - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu, ao Comité das Regiões e ao Banco Europeu de Investimento - Energias limpas para todos os europeus*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de EUR-Lex - Acesso ao Direito da União Europeia: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d2648a37-c626-11e6-a6db-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF

Corrado, V., & Paduos, S. (2015). *D4.1 Report on the country assumptions for the application of the energy use (fossil and renewable) evaluation methodology to the case studies (reference buildings and defined efficiency measures)*. Obtido em 08 de 08 de 2017, de RePublic_ZEB: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP4/D4-1_Final_2015-11-04.pdf

- Cunha, F. (2015). *Estudo de estratégias e tecnologias de climatização para atingir Edifícios nZEB (Dissertação de Mestrado)*. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Obtido em 15 de 07 de 2017, de https://sigarra.up.pt/flup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=413674
- D'Agostino, D. (2015). Assessment of the progress towards the establishment of definitions of Nearly Zero Energy Buildings (nZEBs) in European Member States. *Journal of Building Engineering*, pp. 20-32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.01.002>
- DGEG. (2014). *Estratégia Nacional para a Renovação de Edifícios*. Obtido em 14 de 07 de 2017, de Direção Geral de Energia e Geologia: www.dgeg.pt/wwwbase/wwwinclude/ficheiro.aspx?access=1&id=15128
- DGEG. (2016). *Edifícios nZEB e o contexto legislativo*. Obtido em 11 de 07 de 2017, de Green Business Week: http://greenbusinessweek.fil.pt/wp-content/uploads/2016/02/Edifícios_nZEB_e_o_contexto_legislativo_DGEG_JMG.pdf
- Diretiva 2010/31/UE. (2010). *Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)*. Obtido em 07 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso a Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=PT>
- Diretiva 2012/27/UE. (2012). *Diretiva 2012/27/UE, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE (Texto relevante para efeitos do EEE)*. Obtido em 07 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso a Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=PT>
- DL n.º 118/2013. (2013). *Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de DRE: <https://dre.pt/application/file/a/499375>
- DL n.º 194/2015. (2015). *Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de DRE: <https://dre.pt/application/file/a/70280830>
- DL n.º 251/2015. (2015). *Decreto-Lei n.º 251/2015, de 25 de novembro*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de DRE: <https://dre.pt/application/file/a/71100724>
- DL n.º 28/2016. (2016). *Decreto-Lei n.º 28/2016, de 23 de junho*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de DRE: <https://dre.pt/application/file/a/74775005>
- DL n.º 68-A/2015. (2015). *Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril*. Obtido em 09 de 07 de 2017, de DRE: <https://dre.pt/application/file/a/67123417>

- EN15251:2007. (2007). *EN 15251:2007 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*.
- Erhorn, H., & Erhorn-Kluttig, H. (2012). The Path towards 2020: Nearly Zero-Energy Buildings. *REHVA Journal*, 12-15. Obtido em 15 de 07 de 2017, de <http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2012/the-path-towards-2020---nearly-zero-energy-buildings.pdf>
- Ferreira, A., & Aelenei, L. (2016). *Reabilitação dos Edifícios - Projeto Europeu RePublic_ZEB*. Obtido em 07 de 08 de 2017, de LNEG: www.lneg.pt/download/11775/Reabilitacao_dos_Edificios_FINAL.pdf
- Gonçalves, H. (2011). *Em direcção aos Edifícios de Balanço Energético Zero*. Obtido em 12 de 07 de 2017, de Ordem dos Engenheiros: http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/20111013_hgoncalves_8623117374ea695102a511.pdf
- Graça, G. C. (s.d.). *Módulo 6 - Ferramentas de Simulação e Projeto de Edifícios nZEB*. SouthZEB.
- Guapo, A. R. (2004). *Palácio Municipal de Alenquer*.
- IA & Ecoprogresso. (2005). *O Futuro do Nosso Clima: O Homem e a Atmosfera - IA*. (Instituto Ambiente, Ed.) Obtido em 04 de 07 de 2017, de APA: www.apambiente.pt/_cms/view/page_doc.php?id=82
- INE & LNEC. (2013). *O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011*. Obtido em 06 de 07 de 2017, de INE: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=165231362&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (2012). *Censos - Resultados definitivos. Portugal - 2011*. Obtido em 15 de 07 de 2017, de Censos INE Publicação: http://censos.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=148313382&att_display=n&att_download=y
- Lemos, P. M. (2013). *Viabilidade de utilização do sistema de pavimento radiante na otimização do conforto térmico em Edifícios Antigos (Tese de Mestrado)*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Obtido em 29 de 08 de 2017, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/28130>
- Magyar, Z., Nemeth, G., & Kontra, J. (2015). *D3.3 Report on best practices and lists of technologies useful for the refurbishment of buildings with detailed national sections & D3.4 Report on proposed packages of measures*. Obtido em 09 de 08 de 2017, de RePublic_ZEB:

http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP3/D3.3_D3.4_Best-practice_Technologies_Packages_FINAL_150717_updated_140116.pdf

Marszal, A. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J. S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., & Napolitano, A. (2011). Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. *Energy and Buildings*, pp. 971-979. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022>

Ortiz, J., Aelenei, L., Ferreira, A. R., & Hartless, R. (2016). *D5.2 Guidelines on best practice addressed to several stakeholders and target groups (industries, housing organizations, owners of large building stocks, developers)*. Obtido em 09 de 08 de 2017, de RePublic_ZEB: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP5/D5.2_Guidelines_RePublic_ZEB---final.pdf

Petran, H., Radulov, L., & Kaloyanov, N. (2016). *D2.1 Report on the preliminary assessment of public building stock*. Obtido em 03 de 08 de 2017, de RePublic_ZEB: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP2/D2-1Public-Building-Stock_final_29-11-2016.pdf

Radulov, L., & Kaloyanov, N. (2016). *D2.2: Report on the method and results of defining national reference buildings for each building category*. Obtido em 08 de 08 de 2017, de RePublic_ZEB: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP2/D2.2_Defining-reference-buildings_Oct-2016.pdf

Recomendação (UE) 2016/1318. (2016). *Recomendação (UE) 2016/1318, de 29 de julho de 2016, relativa às orientações para promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia e das melhores práticas para assegurar que, até 2020, todos os edifícios novos tenham necessidades quase nulas*. Obtido em 08 de 07 de 2017, de EUR-Lex - Acesso a Direito da União Europeia: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=PT>

Santos, C. A., & Rodrigues, R. (2009). *ITE 54 - Coefic. Transm. Térmica Elem. Opacos Envolv. Edifícios - Edifícios Antigos*.

Santos, P. (2017). *NZEB: Nearly Zero Energy Building - Metodologias para Implementação NZEB - Aplicação a Edifício Unifamiliar Novo (Tese de Mestrado)*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. Obtido em 09 de 07 de 2017, de <http://hdl.handle.net/10400.26/18518>

Sinclair, C. (2017). *SouthZEB - Formação nZEB nos países do Sul da UE - Mantendo as tradições de construção - Descrição dos Módulos*. Obtido em 02 de 09 de 2017, de SouthZEB: http://www.southzeb.eu/wp-content/uploads/2017/04/D3.2-SZEB-TrainingModules_PT.pdf

Soares, I. (2014). *Programa Energia Inteligente Europa (EIE) - Participação Nacional*. Obtido em 01 de 08 de 2017, de Gabinete de Promoção do Programa Quadro de I&DT (GPPQ):

http://www.gppq.fct.pt/h2020/_docs/eventos/1745_2-is-participacao_das_empresas_portuguesas_no_cip-iee.pdf

SouthZEB. (2017). *nZEB training in the Southern EU countries - Maintaining building traditions - WP1 – Deliverable 1.1 Final*. Obtido em 06 de 08 de 2017, de SouthZEB: http://www.southzeb.eu/wp-content/uploads/2017/04/D1.1_Final-Publishable-Report-EN.pdf

SouthZEB. (s.d. a). *Início*. Obtido em 14 de 08 de 2017, de SouthZEB: <http://www.southzeb.eu/pt-pt/>

SouthZEB. (s.d. b). *Formação*. Obtido em 14 de 08 de 2017, de SouthZEB: <http://www.southzeb.eu/pt-pt/training/>

SouthZEB. (s.d. c). *Ferramentas de simulação nZEB*. Obtido em 25 de 08 de 2017, de SouthZEB: <http://elearning.southzeb.eu/mod/page/view.php?id=92&lang=pt>

Tavares, F. (2013). *Metodologia para edifícios de balanço energético nulo (Dissertação para obtenção do Grau Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção)*. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Obtido em 05 de 07 de 2017, de https://run.unl.pt/bitstream/10362/11461/1/Tavares_2013.pdf

UA. (2014). *Programas Europeus de Apoio à Investigação e Inovação 2014-2020*. Obtido em 02 de 08 de 2017, de Universidade de Aveiro: <https://www.ua.pt/ReadObject.aspx?obj=37348>

UE. (2014). *Investigação e inovação*. Obtido em 03 de 08 de 2017, de União Europeia - Domínios de intervenção da União Europeia: https://europa.eu/european-union/topics/research-innovation_pt

UM. (s.d. a). *Módulo 8 - Reabilitação em Direção aos Edifícios nZEB*. SouthZEB.

UM. (s.d. b). *Módulo 4 - Conforto Térmico*. SouthZEB.

UM. (s.d. c). *Módulo 6 - Ferramentas de Simulação e Projeto de Edifícios nZEB*. SouthZEB.

UN. (1998). *Kyoto Protocol to the UNFCCC*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de UNFCCC: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

UN. (2012). *Doha Amendment to the Kyoto Protocol*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de UN Treaty Collection: <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2012/CN.718.2012-Eng.pdf>

UNFCCC. (2000). *A Summary of the Kyoto Protocol*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de UNFCCC: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2879.php

UNFCCC. (2010). *Kyoto Protocol*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de UNFCCC: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

WWF. (s.d.). *Alterações Climáticas*. Obtido em 04 de 07 de 2017, de WWF - Portugal:
http://www.wwf.pt/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/

Zangheri, P., & D'Agostino, D. (2016). *Development of the NZEBs concept in Member States*.
doi:<http://dx.doi.org/10.2788/278314>

Zirngibl, J. (2014). Nearly Zero Energy Buildings (nZEB) in the CEN draft standard. *REHVA Journal*,
10-13. Obtido em 16 de 07 de 2017, de
http://www.rehva.eu/fileadmin/REHVA_Journal/REHVA_Journal_2014/RJ_issue_3/P.10/10-13_Zirngibl_RJ1403_WEB.pdf

ANEXOS

Anexo I

Modelo para relatar os dados de entrada do edifício de referência
(Radulov & Kaloyanov, 2016)

Categoria de Edifício		
Subcategoria		
Área condicionada	m ²	Com base nas dimensões internas, externas ou globais internas
Volume condicionado	m ³	
Zona climática		Nº Ref.: Cidade:
<u>Parte 1: Geometria do edifício (zona)</u>		
Paredes, norte	m ²	Total área parede excluindo janelas e portas
Paredes, este	m ²	Total área parede excluindo janelas e portas
Paredes, sul	m ²	Total área parede excluindo janelas e portas
Paredes, oeste	m ²	Total área parede excluindo janelas e portas
Janelas, norte	m ²	Área janela incluindo caixilharias
Janelas, este	m ²	Área janela incluindo caixilharias
Janelas, sul	m ²	Área janela incluindo caixilharias
Janelas, oeste	m ²	Área janela incluindo caixilharias
Cobertura	m ²	
Pavimentos	m ²	

<u>Parte 2: Propriedades do edifício (zona)</u>			
Uparedes	W/m ² K	Antes do investimento	Requisitos em 2014
ΔU_{tb}	W/m ² K	Adicione ao Uparedes para considerar o efeito das pontes térmicas	
b(solo)	-	Fator de ajuste b para o solo	
b(espaco incondicionado)	-	Fator de ajuste b para o espaco incondicionado	
b(espaco solar adjacente)	-	Fator de ajuste b para espaco solar adjacente	
b(edificio adjacente)	m ²	Fator de ajuste b para o edificio adjacente	
Ujanelas	W/m ² K	Antes do investimento	Requisitos em 2014
Fração área caixilharia da janela	%		
g(F)	-	Transmitância total de energia solar para a janela incluindo sombreamento externo.	
Ucobertura	W/m ² K	Antes do investimento	Requisitos em 2014
Upavimento	W/m ² K	Antes do investimento	Requisitos em 2014
ϵ	-	Emissividade para as paredes externas (dependendo do tipo de materiais e de superfície)	
α	-	Absorção solar para as paredes externas (dependendo do tipo de materiais e de superfície)	
Infiltração, período de ocupação	h ⁻¹		
Infiltração, não ocupação	h ⁻¹		
Capacidade térmica	W/m ² K		

Parte 3: Ganhos internos e cronograma operacional		
Calor metabólico (ocupantes)	W/m ²	Calor metabólico médio durante o período de operação
Calor metabólico latente	W/m ²	Para cálculos de arrefecimento
Dias da semana	h/dia	Número de horas com calor metabólico para um dia de semana normal
Sábados	h/dia	
Domingos	h/dia	
Iluminação para iluminação	W/m ²	Potência média de iluminação durante o período de operação
Dias da semana	h/dia	
Sábados	h/dia	
Domingos	h/dia	
Iluminação de emergência / controles	W/m ²	Potência média de iluminação durante o período de operação
Dias da semana	h/dia	
Sábados	h/dia	
Domingos	h/dia	
Aparelhos	W/m ²	Potência média simultânea dos aparelhos durante o período de operação
Dias da semana	h/dia	
Sábados	h/dia	
Domingos	h/dia	
Calor latente	W/m ²	Para cálculos de arrefecimento
Dias da semana	h/dia	
Sábados	h/dia	
Domingos	h/dia	

Parte 4: Feriados												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº de feriados (excluindo fins de semana)												
Parte 5: Modo de aquecimento												
	Temperatura de referência		Duração									
Dias da semana	°C		h/dia				h/dia com temperatura de referência					
Sábados	°C		h/dia									
Domingos	°C		h/dia									
Período desocupado	°C											
Feriados	°C											
Parte 6: Sistema de aquecimento												
Eficiência de emissão			%									
Eficiência da distribuição			%									
Controlo automático			%									
Eficiência de geração			%									
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)			-									
Ventiladores / bombas de unidades de apartamentos			W/m ²									
Sistema bombas de aquecimento			W/m ²									
Bombas de ventilação pré-aquecimento			W/m ²									

<u>Parte 7: Sistema de ventilação mecânica (modo de aquecimento)</u>				
	Temperatura de fornecimento		Duração	
Dias da semana	°C		h/dia	h / dia com taxa de ventilação total (período de ocupação)
Sábados	°C		h/dia	
Domingos	°C		h/dia	
Taxa de ventilação, período de ocupação, m ³ /hm ²				
Taxa de ventilação, não ocupação, m ³ /hm ²				
Eficiência de recuperação de calor, %				
Eficiência de emissão, %				
Eficiência de distribuição, %				
Controlo automático, %				
Eficiência de geração, %				
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)				
Ventiladores, período de ocupação, W/m ²				
Ventiladores, período de não ocupação, W/m ²				

<u>Parte 8: Sistemas de água quente sanitária</u>				
Quantidade			l/m ² ano	
Diferença de temperatura			°C	
Eficiência de distribuição			%	
Controlo automático %			%	
Eficiência de geração %			%	
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)			-	
Bombas, sistema AQS			W/m ²	
<u>Parte 9: Modo de arrefecimento</u>				
	Temperatura de referência		Duração	
Dias da semana	°C		h/dia	h/dia com temperatura de referência
Sábados	°C		h/dia	
Domingos	°C		h/dia	
Período desocupado	°C			
Feriados	°C			
<u>Parte 10: Sistema de arrefecimento</u>				
Eficiência de emissão			%	
Eficiência da distribuição			%	
Controlo automático			%	
Eficiência de geração			%	
Ventiladores / bombas de unidades de apartamentos			W/m ²	
Bombas do sistema de refrigeração			W/m ²	

<u>Parte 11: Sistema de ventilação mecânica (modo de arrefecimento)</u>				
	Temperatura de fornecimento		Duração	
Dias da semana	°C		h/dia	h / dia com taxa de ventilação total (período de ocupação)
Sábados	°C		h/dia	
Domingos	°C		h/dia	
Taxa de ventilação, período de ocupação, m ³ /hm ²				
Taxa de ventilação, não ocupação, m ³ /hm ²				
Eficiência de recuperação de calor, %				
Noite - arrefecimento, m ³ /hm ²				
Livre - arrefecimento, m ³ /hm ²				
Eficiência de emissão, %				
Eficiência da distribuição, %				
Controlo automático, %				
Eficiência de geração, %				
Ventiladores, período de ocupação, W/m ²				
Ventiladores, período de não ocupação, W/m ²				
Ventiladores, arrefecimento noturno, W/m ²				
Ventiladores, livre - arrefecimento, W/m ²				
<u>Parte 12: Aparelhos que não influenciam o equilíbrio térmico</u>				
	Média de potência simultânea		Duração	
Dias da semana	W/m ²		h/dia	
Sábados	W/m ²		h/dia	
Domingos	W/m ²		h/dia	

Anexo II

Modelo do Anexo I preenchido com os dados do edifício de escritórios português
(Radulov & Kaloyanov, 2016)

Categoria de Edifício: Escritórios / Administração Pública

Subcategoria: Escritórios

Definição de dados:

O edifício de referência para uma categoria / subcategoria de construção pode ser definido como um edifício representativo para os parâmetros da categoria da seguinte forma:

- o Área construída / condicionada; 5705,8 m²;
- o Idade do edifício; após 1990;
- o Materiais de construção e propriedades térmicas correspondentes da envolvente do edifício;
- o 1990 < Escritório < 2006, - propriedades térmicas da envolvente do edifício - corresponde às normas nacionais de 1990;
- o Escritório < 1990 parede de tijolos simples ou blocos de cimento leve.
- o Cronograma de ocupação; 7:00 – 20:00 (apenas dias da semana);
- o Sistemas / instalações técnicas para manutenção do ambiente construído;
- o Padrão operacional; 08:00-19:00 (apenas dias da semana);
- o Suportes de energia usados para aquecimento: 44 % VRF; 24 % chiller e AQS 75% aquecedor; 21% caldeira.

Categoria de Edifício		Escritórios
Subcategoria		Escritório < 1990
Área condicionada	m ²	2799,80 Com base nas dimensões internas, externas ou globais internas
Volume condicionado	m ³	8959,4
Zona climática		Lisboa (Inverno: I1; Verão: V3) Z = 54 m

<u>Parte 1: Geometria do edifício (zona)</u>			
Paredes, norte	m ²	335,6 Total área parede excluindo janelas e portas	
Paredes, este	m ²	335,6 Total área parede excluindo janelas e portas	
Paredes, sul	m ²	335,6 Total área parede excluindo janelas e portas	
Paredes, oeste	m ²	335,6 Total área parede excluindo janelas e portas	
Janelas, norte	m ²	106,0 Área janela incluindo caixilharias	
Janelas, este	m ²	106,0 Área janela incluindo caixilharias	
Janelas, sul	m ²	106,0 Área janela incluindo caixilharias	
Janelas, oeste	m ²	106,0 Área janela incluindo caixilharias	
Cobertura	m ²	529,0	
Pavimentos	m ²	529,0	
<u>Parte 2: Propriedades do edifício (zona)</u>			
Uparedes	W/m ² K	Antes do investimento 1,40	Requisitos em 2014 Zona inverno I1 / I2 / I3 0,70 / 0,60 / 0,50
ΔU_{tb}	W/m ² K	U valor x 1,35	
b(solo)	-	Valor padrão: 0,8	
b(espaco incondicionado)	-	Valor padrão: 0,8	
b(espaco solar adjacente)	-	Valor padrão: 0,8	
b(edificio adjacente)	m ²	Valor padrão: 0,6	

Ujanelas	W/m ² K	Antes do investimento 5,10	Requisitos em 2014 0,70 Zona inverno: I1
Fração área caixilharia da janela	%	0,57 – 0,90	
g(F)	-	Transmitância total de energia solar para a janela incluindo sombreamento externo. 0,45	
Ucobertura	W/m ² K	Antes do investimento 1,65	Requisitos em 2014 0,50 Zona inverno: I1
Upavimento	W/m ² K	Antes do investimento 3,15	Requisitos em 2014 0,50 Zona inverno: I1
ε	-	Emissividade para as paredes externas (dependendo do tipo de materiais e de superfície) Baixa emissividade ou abertura de ar ventilado 0,10 Outras situações: 0,25	
α	-	Absorção solar para as paredes externas (dependendo do tipo de materiais e de superfície) 0,4 – 0,5-0,8	
Infiltração, período de ocupação	m ³ /h.pessoa	Taxa mínima de fluxo de ar por pessoa Escritório: 27 m ³ / h.pessoa	
Infiltração, não ocupação	m ³ /h.m ²	2 m ³ /h.m ²	
Capacidade térmica	W/m ² K	Classe média e pesada de acordo com o padrão	
<u>Parte 3: Ganhos internos e cronograma operacional</u>			
Calor metabólico (ocupantes)	W/m ²	Calor metabólico médio durante o período de operação 75	
Calor metabólico latente	W/m ²	Para cálculos de arrefecimento -	
Dias da semana	h/dia	Número de horas com calor metabólico para um dia de semana normal 6:00 - 20 h (com diferença %: 10%- 100%)	
Sábados	h/dia	0%	

Domingos	h/dia	0%
Iluminação para iluminação	DPI (W/m ² -100lux)	Potência média de iluminação durante o período de operação 2,5
Dias da semana	h/dia	6:00 - 20 h (com diferença %: 10%- 100%)
Sábados	h/dia	0%
Domingos	h/dia	0%
Iluminação de emergência / controles	W/m ²	Potência média de iluminação durante o período de operação -
Dias da semana	h/dia	-
Sábados	h/dia	-
Domingos	h/dia	-
Aparelhos	W/m ²	Potência média simultânea dos aparelhos durante o período de operação 15
Dias da semana	h/dia	6:00 - 20 h (com diferença %: 10%- 100%)
Sábados	h/dia	-
Domingos	h/dia	-
Calor latente	W/m ²	Para cálculos de arrefecimento -
Dias da semana	h/dia	-
Sábados	h/dia	-
Domingos	h/dia	-

Parte 4: Feriados												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº de feriados (excluindo fins de semana)	1	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-	2
Parte 5: Modo de aquecimento												
	Temperatura de referência		Duração									
Dias da semana	°C	20	h/dia		h/dia com temperatura de referência -							
Sábados	°C	-	h/dia		Nenhum controlo							
Domingos	°C	-	h/dia		Nenhum controlo							
Período desocupado	°C	-			Nenhum controlo							
Feriados	°C	-			Nenhum controlo							
Parte 6: Sistema de aquecimento												
Eficiência de emissão			%		3,08 % de equipamento: SPLIT (63%) -CHILLER (18%)							
Eficiência da distribuição			%		-							
Controlo automático			%		-							
Eficiência de geração			%		-							
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)			-		Eletricidade							
Ventiladores / bombas de unidades de apartamentos			W/m ²		-							
Sistema bombas de aquecimento			W/m ²		-							
Bombas de ventilação pré-aquecimento			W/m ²		-							

<i>Parte 7: Sistema de ventilação mecânica (modo de aquecimento)</i>				
	Temperatura de fornecimento		Duração	
	°C	-	h/dia	h / dia com taxa de ventilação total (período de ocupação)
Dias da semana	°C	-	h/dia	-
Sábados	°C	-	h/dia	-
Domingos	°C	-	h/dia	-
Taxa de ventilação, período de ocupação, m ³ /hm ²	-			
Taxa de ventilação, não ocupação, m ³ /hm ²	-			
Eficiência de recuperação de calor, %	-			
Eficiência de emissão, %	-			
Eficiência de distribuição, %	-			
Controlo automático, %	-			
Eficiência de geração, %	-			
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)	-			
Ventiladores, período de ocupação, W/m ²	-			
Ventiladores, período de não ocupação, W/m ²	-			
<i>Parte 8: Sistemas de água quente sanitária</i>				
Quantidade	l/m ² ano		Valor padrão da legislação para o pequeno escritório (<1000 m ²) 100 l, todos os valores são aceites incluindo 0 l. Não há consumo anual específico de água quente na legislação	
Diferença de temperatura	°C		+ 35 °C	

Eficiência de distribuição	%	-		
Controlo automático %	%	-		
Eficiência de geração %	%	0,93 (aquecedor de armazenamento)		
Fonte de energia (combustível, transportador de energia)	-	Eletricidade		
Bombas, sistema AQS	W/m ²	-		
<u>Parte 9: Modo de arrefecimento</u>				
	Temperatura de referência		Duração	
Dias da semana	°C	25	h/dia	h/dia com temperatura de referência -
Sábados	°C	-	h/dia	Nenhum controlo
Domingos	°C	-	h/dia	Nenhum controlo
Período desocupado	°C	-		Nenhum controlo
Feriados	°C	-		Nenhum controlo
<u>Parte 10: Sistema de arrefecimento</u>				
Eficiência de emissão	%	2,85 % de equipamento: SPLIT (61%) -CHILLER (35%)		
Eficiência da distribuição	%	-		
Controlo automático	%	-		
Eficiência de geração	%	n/a		
Ventiladores / bombas de unidades de apartamentos	W/m ²	-		
Bombas do sistema de refrigeração	W/m ²	-		

Parte 11: Sistema de ventilação mecânica (modo de arrefecimento)				
	Temperatura de fornecimento		Duração	
	°C		h/dia	h / dia com taxa de ventilação total (período de ocupação)
Dias da semana	°C		h/dia	-
Sábados	°C		h/dia	-
Domingos	°C		h/dia	-
Taxa de ventilação, período de ocupação, m ³ /hm ²				-
Taxa de ventilação, não ocupação, m ³ /hm ²				-
Eficiência de recuperação de calor, %				-
Noite - arrefecimento, m ³ /hm ²				-
Livre - arrefecimento, m ³ /hm ²				-
Eficiência de emissão, %				-
Eficiência da distribuição, %				-
Controlo automático, %				-
Eficiência de geração, %				-
Ventiladores, período de ocupação, W/m ²				-
Ventiladores, período de não ocupação, W/m ²				-
Ventiladores, arrefecimento noturno, W/m ²				-
Ventiladores, livre - arrefecimento, W/m ²				-

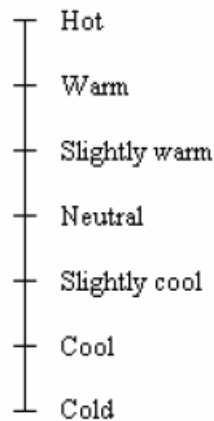
<u>Parte 12: Aparelhos que não influenciam o equilíbrio térmico</u>			
	Média de potência simultânea	Duração	
Dias da semana	W/m ²	h/dia	-
Sábados	W/m ²	h/dia	-
Domingos	W/m ²	h/dia	-

Anexo III

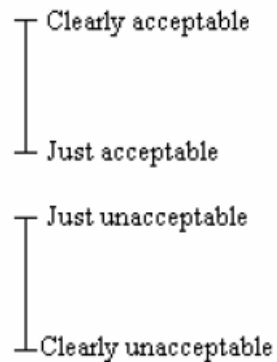
Exemplos de metodologias para avaliações subjetivas e de classificação/apresentação dos resultados dos inquéritos (EN15251:2007, 2007)

a) Exemplos de inquéritos para avaliações subjetivas.

How do you rate your thermal sensation?



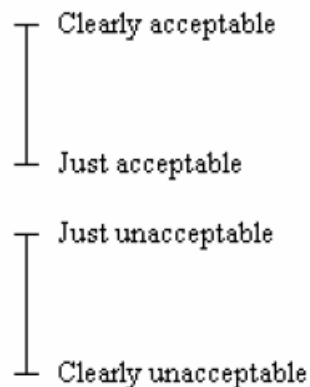
How do you perceive the temperature?



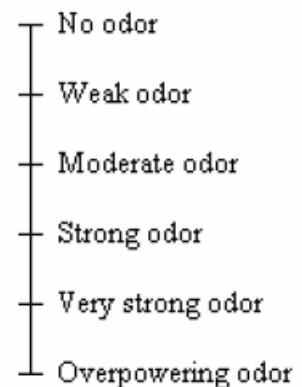
Do you want the room temperature?

- a) Higher
- b) No change
- c) Lower

How do you perceive the air quality?



How do you perceive the odor intensity?



b) Exemplo de classificação/apresentação dos resultados dos inquéritos.

Classification based on occupants responses	Percentage						
People finding the thermal environment acceptable	85						
People finding the indoor air quality acceptable	80						
Distribution on thermal sensation votes	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	5	10	53	20	10	2
Distribution of temperature preference	Colder		Unchanged			Warmer	
	20		75			5	

Anexo IV

Exemplos de inquéritos: pontual e satisfação (ASHRAE Standard 55:2013, 2013)

a) Exemplo de inquérito pontual (“Point-in-Time Surveys”).

1. Record the approximate outside-air temperature _____ and seasonal conditions:
- Winter Spring Summer Fall

2. What is your general thermal sensation? (Check the one that is most appropriate)

(Note to survey designer: This scale must be used as-is to keep the survey consistent with ASHRAE Standard 55.)

- Hot
 Warm
 Slightly Warm
 Neutral
 Slightly Cool
 Cool
 Cold

3. Either (a) place an “X” in the appropriate place where you are located now:



(Note to survey designer: Provide appropriate sketch for your space or building.)

- or (b) place an “X” in the check box that best describes the area of the building where you are located now.

- North
 East
 South
 West
 Core
 Don't know

4. On which floor of the building are you located now?

- 1st
 2nd
 3rd
 Other (provide the floor number):

5. Are you near an exterior wall (within 15 ft)?

- Yes
 No

6. Are you near a window (within 15 ft)?

- Yes
 No

7. Using the list below, please check each item of clothing that you are wearing right now. (Check all that apply):

(Note to survey designer: This list can be modified at your discretion.)

- | | | |
|--|---|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Short-Sleeve Shirt | <input type="checkbox"/> Dress | <input type="checkbox"/> Nylons |
| <input type="checkbox"/> Long-Sleeve Shirt | <input type="checkbox"/> Shorts | <input type="checkbox"/> Socks |
| <input type="checkbox"/> T-shirt | <input type="checkbox"/> Athletic Sweatpants | <input type="checkbox"/> Boots |
| <input type="checkbox"/> Long-Sleeve Sweatshirt | <input type="checkbox"/> Trousers | <input type="checkbox"/> Shoes |
| <input type="checkbox"/> Sweater | <input type="checkbox"/> Undershirt | <input type="checkbox"/> Sandals |
| <input type="checkbox"/> Vest | <input type="checkbox"/> Long Underwear Bottoms | |
| <input type="checkbox"/> Jacket | <input type="checkbox"/> Long Sleeve Coveralls | |
| <input type="checkbox"/> Knee-Length Skirt | <input type="checkbox"/> Overalls | |
| <input type="checkbox"/> Ankle-Length Skirt | <input type="checkbox"/> Slip | |
| <input type="checkbox"/> Other: (Please note if you are wearing something not described above, or if you think something you are wearing is especially heavy.) _____ | | |

8. What is your activity level right now? (Check the one that is most appropriate)

- Reclining
 Seated
 Standing relaxed
 Light activity standing
 Medium activity standing
 High activity

b) Exemplo de inquérito de satisfação (“Satisfaction Surveys”).

1. Either (a) place an “X” in the appropriate place where you spend most of your time:



(Note to survey designer: Provide appropriate sketch for your space or building.)

or (b) place an “X” in the check box that best describes the area of the building where your space is located.

- North
- East
- South
- West
- Core
- Don't know

2. On which floor of the building is your space located?

- 1st
- 2nd
- 3rd
- Other (provide the floor number) _____

3. Are you near an exterior wall (within 15 ft)?

- Yes
- No

4. Are you near a window (within 15 ft)?

- Yes
- No

5. Which of the following do you personally adjust or control in your space? (Check all that apply.)

(Note to survey designer: This list can be modified at your discretion.)

- Window blinds or shades
- Room air-conditioning unit
- Portable heater
- Permanent heater
- Door to interior space
- Door to exterior space
- Adjustable air vent in wall or ceiling
- Ceiling fan
- Adjustable floor air vent (diffuser)
- Portable fan
- Thermostat
- Operable window
- None of these
- Other: _____

Please respond to the following questions based on your overall or average experience in the past [six] months.

(Note to survey designer: The above statement can be modified for a different span of time.)

6. How satisfied are you with the temperature in your space? (Check the one that is most appropriate)



7. If you are dissatisfied with the temperature in your space, which of the following contribute to your dissatisfaction:

a. In warm/hot weather, the temperature in my space is (check the most appropriate box):

(Note to survey designer: Include a scale or, as shown below, check boxes.)

- Always too hot
- Often too hot
- Occasionally too hot
- Occasionally too cold
- Often too cold
- Always too cold

b. In cool/cold weather, the temperature in my space is (check the most appropriate box):

(Note to survey designer: Include a scale or, as shown below, check boxes.)

- Always too hot
- Often too hot
- Occasionally too hot
- Occasionally too cold
- Often too cold
- Always too cold

c. When is this most often a problem? (check all that apply):

- Morning (before 11am)
- Midday (11am–2pm)
- Afternoon (2pm–5pm)
- Evening (after 5pm)
- Weekends/holidays
- Monday mornings
- No particular time
- Always
- Other:

d. How would you best describe the source of this discomfort? (Check all that apply):

(Note to survey designer: This list can be modified at your discretion.)

- Humidity too high (damp)
- Humidity too low (dry)
- Air movement too high
- Air movement too low
- Incoming sun
- Heat from office equipment
- Drafts from windows
- Drafts from vents
- My area is hotter/colder than other areas
- Thermostat is inaccessible
- Thermostat is adjusted by other people
- Clothing policy is not flexible
- Heating/cooling system does not respond quickly enough to the thermostat
- Hot/cold surrounding surfaces (floor, ceiling, walls, or windows)

Deficient window (not operable)

Other: _____

e. Please describe any other issues related to being too hot or too cold in your space:

Note: This survey has been adapted from the CBE occupant IEQ survey developed by the Center for the Built Environment at the University of California at Berkeley.

Anexo V

Inquérito sobre Conforto Térmico (Lemos, 2013)



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

INQUERITO SOBRE: CONFORTO TÉRMICO

Este edifício está a ser estudado no âmbito de um trabalho de investigação da Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis. Pretende-se desenvolver um estudo da “viabilidade de utilização do sistema de pavimento radiante na otimização do conforto térmico em edifícios antigos”.

O objectivo deste inquérito é avaliar a opinião dos ocupantes deste edifício relativamente ao ambiente térmico, de modo a identificar os factores psico-sociais que influenciam a sensação de conforto térmico. Os resultados deste inquérito complementarão as medições de vários parâmetros térmicos efectuadas em simultâneo.

Sendo a sua participação essencial para o desenvolvimento deste estudo, pedimos que responda com franqueza às perguntas que são apresentadas de seguida. Salienta-se ainda que todas as respostas são confidenciais e anónimas, sendo os dados tratados apenas para fins estatísticos.

Muito obrigado pelo tempo despendido e pela sua cooperação.

Atenciosamente,

1 Além das condições ambientais caracterizadas por vários parâmetros como, a temperatura, a humidade e a velocidade do ar, também a roupa que temos vestida influencia o nosso conforto.

1.1 Assim, pedimos que assinale no quadro seguinte todas AS PEÇAS DE VESTUÁRIO que tem vestidas neste momento.

CAMISA / BLUSA			SAPATOS		
de verão, manga curta	(0.15)	<input type="checkbox"/>	Sola fina / Ténis de pano	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de verão, manga comprida	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Sola grossa / Ténis desportivo	(0.04)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Sandália / Chinelo	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de flanela	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Bota	(0.10)	<input type="checkbox"/>
T-shirt	(0.09)	<input type="checkbox"/>	ROUPA INTERIOR		
Polo de malha	(0.17)	<input type="checkbox"/>	Camisola de alças	(0.04)	<input type="checkbox"/>
CALÇA			Camisola, manga curta	(0.09)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Camisola, manga comprida	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de meia estação / ganga	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Cueca / Slip	(0.03)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.28)	<input type="checkbox"/>	Boxer	(0.04)	<input type="checkbox"/>
Calções	(0.08)	<input type="checkbox"/>	Sutiã	(0.01)	<input type="checkbox"/>
Macacão	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Combinação	(0.15)	<input type="checkbox"/>
SAIA			Ceroula	(0.10)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.15)	<input type="checkbox"/>	BLAZER / BLUSÃO		
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>
VESTIDO			de inverno	(0.35)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Colete	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.40)	<input type="checkbox"/>	Casaco	(0.60)	<input type="checkbox"/>
CAMISOLA / PULÓVER			Parka	(0.70)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>	OUTRAS PEÇAS DE ROUPA		
de inverno	(0.36)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sem mangas	(0.22)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sweatshirt	(0.30)	<input type="checkbox"/>	_____		
MEIAS			_____		
finas	(0.02)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo tornozelo	(0.05)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo joelho	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		
de Nylon	(0.03)	<input type="checkbox"/>	_____		
Collants	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		

2 Considerando apenas O AMBIENTE TÉRMICO do local onde se encontra NESTE MOMENTO, responda às seguintes questões:

2.1 Como se SENTE, neste momento?

Muito frio	Frio	Ligeiramente frio	Nem frio nem quente	Ligeiramente quente	Quente	Muito quente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.2 Como CONSIDERA o ambiente térmico, neste momento?

Confortável	Ligeiramente confortável	Desconfortável	Muito desconfortável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3 Neste momento, como GOSTARIA que o ambiente térmico estivesse?

Muito mais frio	Mais frio	Ligeiramente mais frio	Tal como está	Ligeiramente mais quente	Mais quente	Muito mais quente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.4 Em termos de TOLERÂNCIA como classifica o ambiente térmico, neste momento?

Tolerável	Pouco tolerável	Muito pouco tolerável	Intolerável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 Existe uma série de medidas que as pessoas podem adotar de modo a melhorar as suas condições de conforto térmico. Tomando em consideração O LOCAL ONDE SE ENCONTRA NESTE MOMENTO:

3.1 Alterou o seu vestuário no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico?

Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.1.1 Se respondeu SIM, indique de seguida a(s) peça(s) de roupa que despiu ou vestiu.

Peças de roupa

Despiu _____

Vestiu _____

3.1.2 Se respondeu NÃO, indique porque razão não o fez:

Não senti necessidade	<input type="checkbox"/>	Senti necessidade, mas não mudei por constrangimento:	→	Pessoal	<input type="checkbox"/>
			→	Institucional ou	<input type="checkbox"/>
Não alteraria nada	<input type="checkbox"/>		→	profissional	<input type="checkbox"/>

3.2 Mudou a sua LOCALIZAÇÃO no interior do local onde se encontra no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico?

Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2.1 Se respondeu NÃO, indique porque razão o fez:

Não senti necessidade	<input type="checkbox"/>	Senti necessidade, mas não mudei por constrangimento:	→	Pessoal	<input type="checkbox"/>
			→	Institucional ou	<input type="checkbox"/>
Não alteraria nada	<input type="checkbox"/>		→	profissional	<input type="checkbox"/>
			→	Espacial	<input type="checkbox"/>

3.3 Durante a última hora, assinale se tomou algumas das seguintes medidas com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico.

1. Abrir / fechar uma janela	<input type="checkbox"/>	6. Alterar a temperatura do aquecimento	<input type="checkbox"/>
2. Abrir / fechar uma porta	<input type="checkbox"/>	7. Outra _____	<input type="checkbox"/>
3. Ligar / desligar uma ventoinha	<input type="checkbox"/>	8. Não tomei nenhuma	<input type="checkbox"/>
4. Subir / descer estores ou correr cortinas	<input type="checkbox"/>		
5. Ligar / desligar o aquecimento	<input type="checkbox"/>		

3.3.1 Relativamente às medidas anteriores que NÃO TOMOU, indique no quadro, quais GOSTARIA DE TER REALIZADO e as razões porque não as realizou:

medidas	razão

4 Indique se possui algum dos seguintes SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO de aquecimento e arrefecimento:

- Em casa

Aquecedor a óleo	<input type="checkbox"/>			Aquecimento central	<input type="checkbox"/>
Aquecedor elétrico	<input type="checkbox"/>			Ventoinha	<input type="checkbox"/>
Aquecedor a gás	<input type="checkbox"/>			Ar condicionado	<input type="checkbox"/>
Lareira	<input type="checkbox"/>			Outro:	<input type="checkbox"/>

- No carro

Ar condicionado	<input type="checkbox"/>				
-----------------	--------------------------	--	--	--	--

5 Finalmente, atendendo à caracterização demográfica, por favor responda-nos às questões seguintes:

8.1 Sexo: Masculino Feminino

8.3 Idade: _____ (anos)

8.4 Local de nascimento (localidade): _____

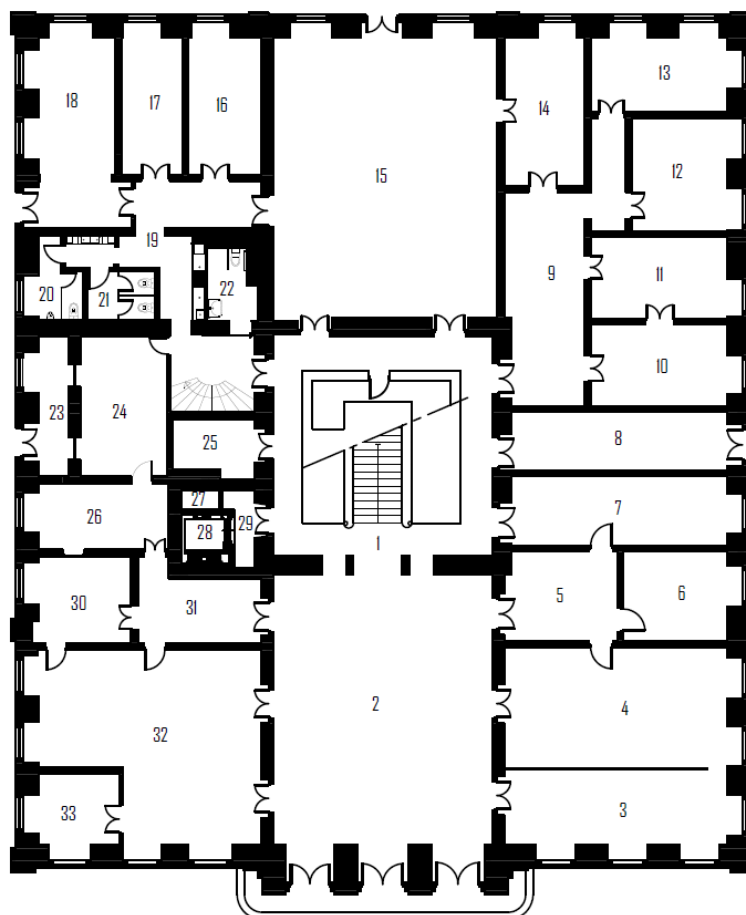
8.5 Peso e altura (aproximados): _____ (Kg) _____ (m)

**AGRADECEMOS O TEMPO DESPENDIDO NO PREENCHIMENTO DESTES INQUÉRITO.
MUITO OBRIGADO.**

Anexo VI

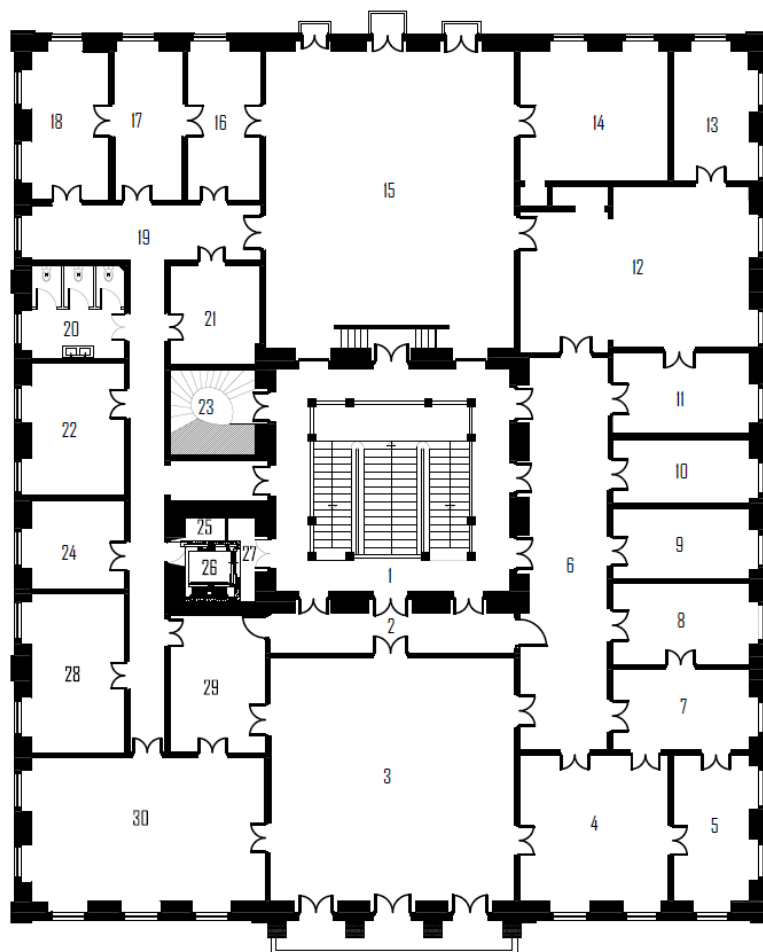
Plantas do edifício dos Paços do Concelho de Alenquer

Piso 0



Nº	Tipo	Nº	Tipo	Nº	Tipo
1	Escadaria principal	12	Gabinete/ <i>Open space</i>	23	Arquivo
2	Átrio	13	Gabinete/ <i>Open space</i>	24	Arquivo
3	Gabinete/ <i>Open space</i>	14	Gabinete/ <i>Open space</i>	25	Sala técnica
4	Gabinete/ <i>Open space</i>	15	Gabinete/ <i>Open space</i>	26	Gabinete/ <i>Open space</i>
5	Sala de espera	16	Gabinete/ <i>Open space</i>	27	Espaço sem acesso
6	Gabinete/ <i>Open space</i>	17	Gabinete/ <i>Open space</i>	28	Poço do elevador
7	Gabinete/ <i>Open space</i>	18	Copa	29	Átrio elevador
8	Corredor	19	Corredor e escadaria secundária	30	Gabinete/ <i>Open space</i>
9	Corredor e arquivo	20	Instalações sanitárias	31	Corredor
10	Gabinete/ <i>Open space</i>	21	Instalações sanitárias	32	Gabinete/ <i>Open space</i>
11	Gabinete/ <i>Open space</i>	22	Instalações sanitárias	33	Gabinete/ <i>Open space</i>

Piso 1



Nº	Tipo	Nº	Tipo	Nº	Tipo
1	Escadaria principal	11	Gabinete/ <i>Open space</i>	21	Gabinete/ <i>Open space</i>
2	Corredor	12	Gabinete/ <i>Open space</i>	22	Gabinete/ <i>Open space</i>
3	Salão Nobre	13	Gabinete/ <i>Open space</i>	23	Escadaria secundária
4	Gabinete/ <i>Open space</i>	14	Gabinete/ <i>Open space</i>	24	Gabinete/ <i>Open space</i>
5	Gabinete/ <i>Open space</i>	15	Assembleia Municipal	25	Espaço sem acesso
6	Corredor	16	Gabinete/ <i>Open space</i>	26	Poço do elevador
7	Gabinete/ <i>Open space</i>	17	Gabinete/ <i>Open space</i>	27	Átrio elevador
8	Gabinete/ <i>Open space</i>	18	Gabinete/ <i>Open space</i>	28	Gabinete/ <i>Open space</i>
9	Gabinete/ <i>Open space</i>	19	Corredor	29	Gabinete/ <i>Open space</i>
10	Gabinete/ <i>Open space</i>	20	Instalações sanitárias	30	Gabinete/ <i>Open space</i>

Anexo VII

Densidade de ocupação e espaços complementares

PISO 0

Nº	Espaço		Área (m ²)	Nº Postos Trab.	Densidade "1" (pessoas/m ²)	Densidade "2" (m ² /pessoa)	Ocupação	Climatização	Espaço Complementar
		Tipo							
1	Escadaria principal		86,89	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
2	Átrio		112,29	3	0,027	37,430	P	SI	Não
3	Gabinete/"Open space"		33,11	4	0,121	8,279	P	SC	Não
4	Gabinete/"Open space"		48,02	4	0,083	12,005	P	SC - SI	Não
5	Sala de espera		17,82	0	0,000	0,000	P	Sc	Não
6	Gabinete/"Open space"		16,62	2	0,120	8,309	P	SC	Não
7	Gabinete/"Open space"		27,14	2	0,074	13,569	P	SC - SI	Não
8	Corredor		23,09	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
9	Corredor e arquivo		37,15	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
10	Gabinete/"Open space"		20,09	3	0,149	6,697	P	SC	Não
11	Gabinete/"Open space"		19,76	1	0,051	19,758	P	SC	Não
12	Gabinete/"Open space"		20,33	2	0,098	10,166	P	SC	Não
13	Gabinete/"Open space"		20,26	4	0,197	5,064	P	SC	Não
14	Gabinete/"Open space"		21,17	4	0,189	5,293	P	SC - SI	Não
15	Gabinete/"Open space"		111,75	20	0,179	5,588	P	SC - SI	Não
16	Gabinete/"Open space"		18,29	3	0,164	6,097	P	SI	Não
17	Gabinete/"Open space"		15,48	0	0,000	0,000	P	SI	Não
18	Copa		30,92	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
19	Corredor e escadaria secundária		34,24	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
20	Instalações sanitárias		6,22	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
21	Instalações sanitárias		5,69	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
22	Instalações sanitárias		5,98	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
23	Arquivo		9,59	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
24	Arquivo		21,27	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
25	Sala técnica		8,40	0	0,000	0,000	C	SI	Sim
26	Gabinete/"Open space"		15,72	1	0,064	15,724	P	SC - SI	Não
27	Espaço sem acesso		1,26	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
28	Poço do elevador		5,19	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
29	Átrio elevador		3,73	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
30	Gabinete/"Open space"		15,06	0	0,000	0,000	p	SC	Não
31	Corredor		15,84	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
32	Gabinete/"Open space"		67,73	12	0,177	5,644	P	SC - SI	Não
33	Gabinete/"Open space"		11,75	1	0,085	11,748	P	SC - SI	Não
TOTAL			907,85	66					

PISO 1

Nº	Espaço		Área (m ²)	Nº Postos Trab.	Densidade "1" (pessoas/m ²)	Densidade "2" (m ² /pessoa)	Ocupação	Climatização	Espaço Complementar
	Tipo								
1	Escadaria principal		86,63	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
2	Corredor		18,49	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
3	Salão Nobre		97,64	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
4	Gabinete/"Open space"		35,91	1	0,028	35,909	P	SI	Não
5	Gabinete/"Open space"		19,44	1	0,051	19,437	P	SI	Não
6	Corredor		54,55	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
7	Gabinete/"Open space"		18,67	2	0,107	9,333	P	SI	Não
8	Gabinete/"Open space"		17,99	5	0,278	3,597	P	SI	Não
9	Gabinete/"Open space"		15,78	1	0,063	15,777	P	SI	Não
10	Gabinete/"Open space"		14,18	1	0,071	14,176	P	SI	Não
11	Gabinete/"Open space"		17,92	5	0,279	3,584	P	SI	Não
12	Gabinete/"Open space"		58,96	10	0,170	5,896	P	SC	Não
13	Gabinete/"Open space"		17,40	1	0,057	17,397	P	SC	Não
14	Gabinete/"Open space"		32,62	1	0,031	32,617	P	SC	Não
15	Assembleia Municipal		121,71	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
16	Gabinete/"Open space"		17,75	3	0,169	5,917	P	SC - SI	Não
17	Gabinete/"Open space"		17,11	1	0,058	17,110	P	SC - SI	Não
18	Gabinete/"Open space"		20,16	4	0,198	5,040	P	SC	Não
19	Corredor		56,71	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
20	Instalações sanitárias		14,30	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
21	Gabinete/"Open space"		14,26	0	0,000	0,000	P	Sc	Não
22	Gabinete/"Open space"		20,62	5	0,242	4,125	P	SC - SI	Não
23	Escadaria secundária		12,25	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
24	Gabinete/"Open space"		13,59	1	0,074	13,589	P	SC	Não
25	Espaço sem acesso		2,27	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
26	Poço do elevador		5,76	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
27	Átrio elevador		3,42	0	0,000	0,000	C	Sc	Sim
28	Gabinete/"Open space"		24,63	4	0,162	6,156	P	SC - SI	Não
29	Gabinete/"Open space"		20,80	0	0,000	0,000	P	Sc	Não
30	Gabinete/"Open space"		56,93	14	0,246	4,066	P	SC - SI	Não
TOTAL			928,41	60					

Legenda:

Ocupação:

P - Permanente (ocupação igual ou superior a 2h/dia ou represente uma ocupação superior a 0,025 pessoas/m²);

C - Casual (ocupação inferior a 2h/dia ou represente uma ocupação superior a 0,025 pessoas/m²).

Climatização:

SC - Sistema Central

SI - Sistema Individual

Sc - Sem climatização

Anexo VIII

Determinação das zonas climáticas - Despacho nº 15793-F/2013, de 3 de dezembro

A determinação das zonas climáticas é efetuada com base no Despacho (extrato) nº 15793-F/2013, de 3 de dezembro. Para o edifício em estudo, cuja a localização é em Alenquer e está a 70 m de altitude, a aplicação do Despacho segue a metodologia a seguir apresentada.

1. Identificação da Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III

Tabela 01 – NUTS III

NUTS III	Municípios
Oeste	Alcobaça, Alenquer , Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazare, Obidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras

2. Identificação dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento

Tabela 04 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento.

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G _{Sul} kWh/m ² por mês
	REF m	REF meses	a mês/km	REF °C	a °C/km	REF °C	a °C/km	
Oeste	99	5,6	0	1165	2200	10,3	-8	145

3. Determinação da zona climática de inverno

3.1. Aplicação da fórmula

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^\circ\text{C}]$$

Dados:

- NUTS III: **Oeste**
- $X_{REF} = GD_{REF}$ (Graus-Dias): **1165 °C**

- Z (Altitude): **70 m**
- Z_{REF}: **99 m**
- a = GD_a: **2200 °C/km**

$$X = GD = 1165 + 2200 \times (0,070 - 0,099) = \mathbf{1107} \Rightarrow \mathbf{Zona I1}$$

3.2. Enquadramento do resultado nos critérios para a determinação da zona climática

Tabela 02 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno

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

4. Identificação dos valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento

Tabela 05 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento.

	z REF m	θ _{ext, v}		I _{sol}								
		REF °C	a °C/km	kWh/m ² acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Pinkal Litoual	126	20,1	2	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Oeste	99	21,0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Medio Teio	168	22,1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360

5. Determinação da zona climática de verão

5.1. Aplicação da fórmula

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^\circ\text{C}]$$

Dados:

- NUTS III: **Oeste**
- X_{REF} = θ_{ext, v REF}: **21 °C**
- Z (Altitude): **70 m**
- Z_{REF}: **99 m**
- a = θ_{ext, v a}: **0 °C/km**

$$X = \theta_{ext,v} = 21 + 0 \times (0,070 - 0,099) = \mathbf{21} \Rightarrow \mathbf{Zona V2}$$

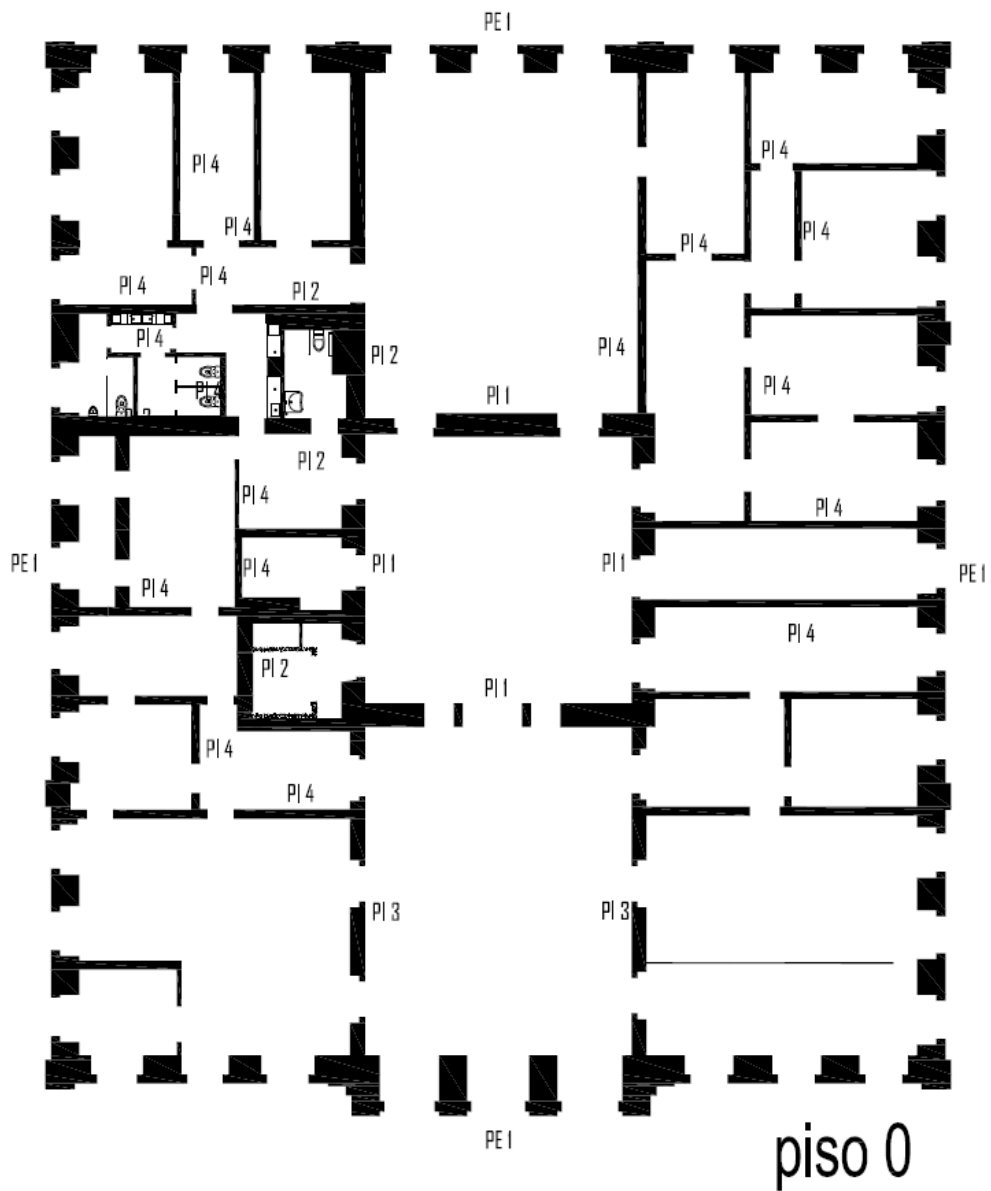
5.2. Enquadramento do resultado nos critérios para a determinação da zona climática

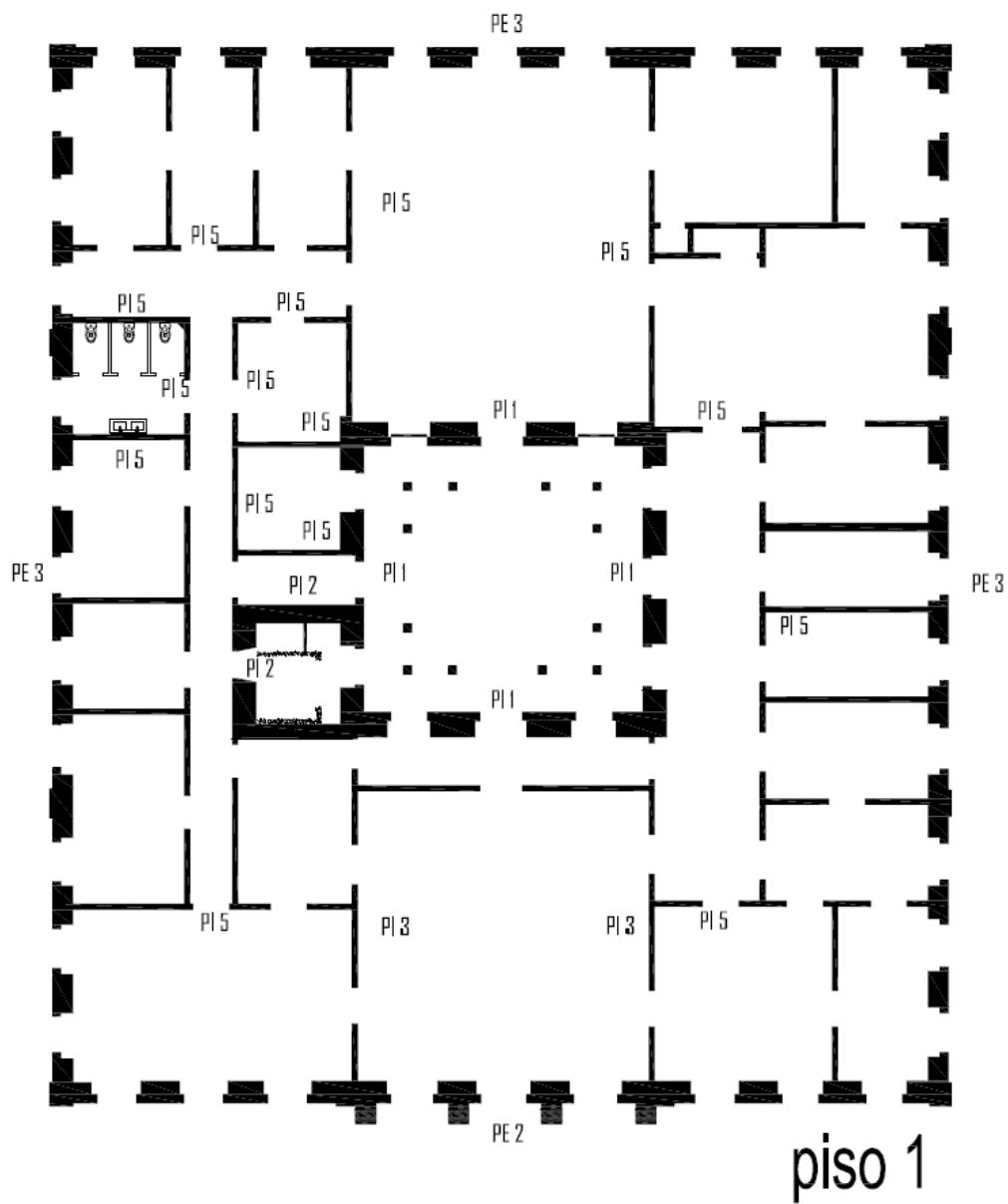
Tabela 03 – Critérios para a determinação da zona climática de verão

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

Anexo IX

Classificação das paredes externas (PE) e das paredes internas (PI)





Anexo X - Equipamentos identificados no levantamento

PISO 0		Espaço															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ocupação	Postos trabalho	0	3	4	4	0	2	2	0	0	3	1	2	4	4	20	3
	Perman./Casual	C	P	P	P	C	P	P	C	C	P	P	P	P	P	P	P
	Acesso público	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Iluminação	Geral	8	4	8	10	6	2	6	4	8	5	5	6	6	4	22	4
	Tipo	T8	LED	LED	LED	LED	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8	LED	T8
	Candeeiro indiv.	---	---	1	---	---	---	---	---	---	1	---	1	---	---	3	1
Informática / Administrativo	Portátil	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	1
	Desktop	---	1	4	4	---	2	2	---	---	1	---	2	4	4	19	2
	Monitor	---	2	4	4	---	2	2	---	---	1	1	2	4	4	19	3
	PC All-In-One	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---
	Impres. multif.	---	---	1	1	---	1	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---
	Impressora	---	---	1	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1	1	---
	Digitalizador	---	---	---	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Projetor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Calculadora rolo	---	---	---	---	---	1	1	---	---	---	1	---	---	---	---	---
	Terminal MB	---	---	---	4	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	M. cont. moedas	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Destruidor papel	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Servidor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Switch	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---
	Data storage	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
UPS	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	
Climatização	Split	---	---	---	---	1	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1
	Ventiloconvetor	---	---	1	1	---	1	1	---	---	1	1	1	1	1	2	---
	Ventilador	---	1	---	1	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	4	---
	Aquec. óleo	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---
	Placa radiante	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
TV e som	Televisão	---	---	---	1	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Sistema de som	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Aparelhagem Hi-Fi	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Leitor de DVDs	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
CDI	Central incêndio	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Comunicador	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bar	Frigorífico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Micro-ondas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---
	Máquina de café	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---
	Jarro elétrico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---
	Venda automática	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
WC	Secador mãos	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PISO 0		Espaço																				
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
Ocupação	Postos trabalho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Espaço sem acesso						0	0	0	12	1
	Perman./Casual	C	C	C	C	C	C	C	C	C	P							C	C	C	P	P
	Acesso público	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não							Não	Não	Não	Não	Não
Iluminação	Geral	2	6	7	1	1	1	2	4	2	4	1	1	3	14	2						
	Tipo	T8	T8	T8	LED	LED	LED	T8	T8	T8	T8	LED	T8	T8	T8	T8						
	Candeeiro indiv.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	1	1						
Informática / Administrativo	Portátil	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	1						
	Desktop	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12	---						
	Monitor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	12	1						
	PC All-In-One	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Impres. multif.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---						
	Impressora	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Digitalizador	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Projetor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Calculadora rolo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7	---						
	Terminal MB	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	M. cont. moedas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Destruidor papel	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
	Servidor	---	---	---	---	---	---	---	---	4	---	---	---	---	---	---						
	Switch	---	---	---	---	---	---	---	---	5	---	---	---	---	---	---						
Data storage	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---							
UPS	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
Climatização	Split	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---							
	Ventiloconvector	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	1	---	2	1							
	Ventilador	1	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	2	1							
	Aquec. óleo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	1							
	Placa radiante	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
TV e som	Televisão	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Sistema de som	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Aparelhagem Hi-Fi	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Leitor de DVDs	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
CDI	Central incêndio	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Comunicador	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
Bar	Frigorífico	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Micro-ondas	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Máquina de café	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Jarro elétrico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Venda automática	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
WC	Secador mãos	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							

PISO 1		Espaço														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ocupação	Postos trabalho	0	0	1	1	0	2	5	1	1	5	10	1	1	0	
	Perman./Casual	C	C	P	P	C	P	P	P	P	P	P	P	P	C	
	Acesso público	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	
Iluminação	Geral	10	10	12	2	4	6	3	1	2	6	16	6	4	10	
	Tipo	IM+ T8	IM	T8	T8	IM	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8	IM	
	Candeeiro indiv.	---	---	---	1	---	---	3	1	---	5	10	1	---	---	
Informática / Administrativo	Portátil	---	---	1	1	---	---	1	1	1	---	0	1	1	1	
	Desktop	---	---	---	---	---	2	4	---	---	5	10	---	---	1	
	Monitor	---	---	1	1	---	2	5	1	---	5	10	1	1	1	
	PC All-In-One	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Impres. multif.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	
	Impressora	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Digitalizador	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Projetor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	
	Calculadora rolo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Terminal MB	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	M. cont. moedas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Destruidor papel	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	
	Servidor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Switch	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Data storage	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
UPS	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
Climatização	Split	---	---	1	1	---	1	1	1	1	1	---	---	---	---	
	Ventiloconvetor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	1	2	---	
	Ventilador	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	
	Aquec. óleo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Placa radiante	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
TV e som	Televisão	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Sistema de som	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	
	Aparelhagem Hi-Fi	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Leitor de DVDs	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CDI	Central incêndio	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Comunicador	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Bar	Frigorífico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Micro-ondas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Máquina de café	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	
	Jarro elétrico	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Venda automática	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
WC	Secador mãos	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

PISO 1		Espaço														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ocupação	Postos trabalho	3	1	4	0	0	0	5		1			0	4	0	14
	Perman./Casual	P	P	P	C	C	C	P		P			C	P	C	P
	Acesso público	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não		Não			Não	Não	Não	Não
Iluminação	Geral	6	6	6	10	7	3	6		4			1	6	4	12
	Tipo	T8	T8	T8	T8	T8	T8	T8		T8			T8	T8	T8	T8
	Candeeiro indiv.	---	1	---	---	---	---	2		---			---	1	---	13
Informática / Administrativo	Portátil	---	1	---	---	---	---	---		---			---	---	---	1
	Desktop	3	---	4	---	---	---	5		1			---	4	---	13
	Monitor	3	1	4	---	---	---	5		1			---	4	---	13
	PC All-In-One	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Impres. multif.	---	---	---	1	---	---	---		---			---	---	---	1
	Impressora	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Digitalizador	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Projetor	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Calculadora rolo	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Terminal MB	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	M. cont. moedas	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Destruidor papel	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Servidor	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Switch	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Data storage	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
UPS	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
Climatização	Split	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Ventiloconvetor	1	1	1	---	---	---	1		1			---	1	---	2
	Ventilador	1	1	---	---	---	---	2		---			---	1	---	2
	Aquec. óleo	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	3
Placa radiante	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
TV e som	Televisão	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Sistema de som	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Aparelhagem Hi-Fi	1	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
	Leitor de DVDs	---	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---
CDI	Central incêndio	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Comunicador	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
Bar	Frigorífico	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Micro-ondas	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Máquina de café	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Jarro elétrico	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
	Venda automática	---	---	---	---	---	---		---			---	---	---	---	
WC	Secador mãos	---	---	---	---	1	---		---			---	---	---	---	