



## **Convergência para NZEB de um Grande Edifício de Serviços em Vila Nova de Gaia**

**ANDRÉ FILIPE SALVADOR FELICIANO**  
(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção de grau de Mestre em  
Engenharia Civil na Área de Especialização em Edificações

Orientador:

Especialista João António Antunes Hormigo

Júri:

Presidente:

Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:

Doutora Maria Idália da Silva Gomes

Especialista João António Antunes Hormigo

**Dezembro de 2016**



## **Agradecimentos**

Agradeço ao professor especialista João António Antunes Hormigo pela disponibilidade, apoio e simpatia prestados.

Uma menção a todos os meus colegas e amigos que de alguma maneira, directa ou indirectamente, me apoiaram no meu percurso académico.

Um agradecimento muito especial à Inês, pela indispensável ajuda na comunicação com o suporte da Autodesk. A paciência e dedicação demonstrada, assim como a confiança transmitida, mesmo nos momentos mais adversos.

À minha família.

Ao meu irmão.

Aos meus pais por tudo!



## Resumo

O objetivo desta dissertação consiste em avaliar se um grande edifício de serviços, sediado em Vila Nova de Gaia, poderá ser convertido ou possuir uma forte tendência para um Edifício com Necessidades Quase Nulas de Energia (NZEB), como vem enunciado no Decreto-lei 118/2013. A Diretiva europeia (EPBD) define NZEB de forma pouco clara, permitindo que cada país estabeleça os seus objetivos. Portugal não estabeleceu, até ao momento, uma quota-parte de energias renováveis que deve integrar um NZEB, ou um indicador numérico limite para utilização de energia primária (expresso em kWh/m<sup>2</sup>.ano), como a EPBD obriga no último caso.

O edifício em estudo foi modelado no Revit, procedendo-se à simulação energética com ferramentas do próprio programa. Analisou-se, simulando vários cenários de reabilitação e medidas interventivas, sendo posteriormente avaliada a sua viabilidade económica. Com a promoção de um conjunto de medidas viáveis, chegou-se a um valor de utilização de energia primária de 69 kWh/m<sup>2</sup>.ano, possibilitando afirmar que o edifício em estudo converge para NZEB, à luz de alguns indicadores numéricos já estabelecidos por outros países da União Europeia.

*Palavras-Chave:* Edifícios com Necessidades Quase Nulas de Energia; Modelação BIM; Simulação energética; Revit; Eficiência energética



## Abstract

The aim of this dissertation is to assess whether a large building services, based in Vila Nova de Gaia, can be converted, or have a strong tendency for buildings with requirements of Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), as is set out in Decree Law 118/2013. The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) sets NZEB in an unclear way, allowing each country to establish its goals. Until now, Portugal has not established the share of renewable energy that must integrate a NZEB, or a limit numeric indicator for use of primary energy (in kWh/m<sup>2</sup>.year) as the EPBD requires in the latter case.

The building under consideration was modelled in Revit, as well as the energy simulation, with the program's own tools. The analysis was made by the simulation of multiple scenarios of rehabilitation and interventional measures, and subsequently assessed their economic viability. With the application of multiple effective measures, the value of primary energy use accomplished was of 69 kWh/m<sup>2</sup>.year, making it possible to say that the building at study converges to NZEB, in the light of some numerical indicators established by other European Union countries.

*Key-words:* Nearly Zero Energy Buildings; BIM Modelling; Energetic Simulation; Revit; Energetic Efficiency



## Simbologia e abreviaturas

AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BIM	Building Information Modeling
BPIE	Buildings Performance Institute Europe
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Coefficient Of Performance
COP21	21ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EPS	Placas de Poliestireno Expandido
ETICS	External Thermal Insulation Composite Systems
GES	Grandes Edifícios de Comércio e Serviços
IEE	Indicador de Eficiência Energética
LED	Light Emitting Diod
MEP	Sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
NZEB	Nearly Zero Energy Buildings
PCM	Phase Change Materials
PES	Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Serviços
REHVA	Federation of European Heating Ventilation and Air Conditioning Associations
RER	Rácio de Energia Renovável
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
UPS	Uninterruptible Power Supply
VRV	Variable Refrigerant Volume



# Índice

1.	Introdução .....	1
1.1.	Enquadramento .....	1
1.2.	Objectivos.....	4
2.	Eficiência Energética nos Edifícios .....	5
2.1.	Definição de NZEB segundo a legislação Europeia e Nacional .....	6
2.2.	NZEB: Um conceito vago .....	6
2.2.1.	Diferentes abordagens na definição por parte dos Estados Membros ....	8
2.2.2.	Objetivos intermédios estabelecidos até 2015 .....	12
2.2.3.	Políticas e medidas adotadas para a promoção NZEB.....	13
2.2.4.	Definição de NZEB para os edifícios existentes .....	14
3.	Indicadores numéricos e fronteiras do sistema .....	17
3.1.	Fator de energia primário.....	17
3.2.	Indicadores numéricos.....	19
3.2.1.	Indicador da classe energética.....	19
3.2.2.	Indicador de desempenho energético .....	21
3.2.3.	Indicador de energia primária.....	25
3.2.4.	Indicador de emissões de CO <sub>2</sub> .....	26
3.2.5.	Rácio de Energia Renovável (RER) .....	28
3.3.	Fronteira do sistema .....	28
3.3.1.	Fronteira de balanço .....	29
3.3.2.	Fronteira física .....	29
4.	Caso de Estudo – Edifício de Serviço em Vila Nova de Gaia.....	33
4.1.	Caracterização do edifício .....	33
4.1.1.	Localização e Zonamento climático.....	33
4.1.2.	Descrição da arquitetura .....	34
4.1.3.	Envolvente exterior e interior.....	35
4.1.4.	Sistemas de climatização.....	38

4.1.5. Sistema de iluminação .....	39
4.1.6. Sistema de Águas Quentes Sanitárias (AQS) .....	40
4.1.7. Outros equipamentos .....	40
4.1.8. Horário de funcionamento do edifício .....	41
4.2. Análise do consumo energético do edifício .....	41
5. Modelação do edifício .....	43
5.1. Revit® e Insight 360 .....	43
5.2. Modelação em 3D .....	45
5.3. Simulação energética na condição atual.....	49
5.3.1. Considerações na base da simulação .....	49
5.3.2. Resultados da simulação .....	51
6. Proposta de otimização energética do edifício.....	59
6.1. Medidas de melhoramento.....	59
6.1.1. Substituição da iluminação para LED .....	59
6.1.2. Substituição de envidraçados.....	62
6.1.3. Melhoria da envolvente opaca.....	63
6.1.4. Instalação de um sistema de minigeração solar fotovoltaica .....	64
6.1.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização	65
6.2. Medidas simuladas .....	65
6.2.1. Substituição da iluminação para LED .....	66
6.2.2. Substituição de vãos envidraçados .....	68
6.2.3. Melhoria da envolvente opaca.....	70
6.2.4. Instalação de minigeração solar fotovoltaica .....	73
6.2.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização	75
6.2.6. Simulação energética de todas as medidas em simultâneo.....	77
6.3. Viabilidade económica das medidas .....	79
6.3.1. Substituição da iluminação para LED .....	79

6.3.2. Substituição de vãos envidraçados .....	80
6.3.3. Melhoria da envolvente opaca.....	81
6.3.4. Instalação de minigeração solar fotovoltaica .....	81
6.3.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização	83
6.3.6. Combinação de todas as medidas propostas .....	83
6.4. Combinação das medidas: substituição da iluminação para LED, instalação de minigeração solar fotovoltaica e ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização.....	84
6.4.1. Simulação energética.....	84
6.4.2. Viabilidade económica .....	86
7. Conclusão e Desenvolvimentos Futuros.....	87
7.1. Conclusão.....	87
7.2. Desenvolvimentos Futuros .....	90
8. Referências Bibliográficas .....	93
9. Anexos .....	97
Anexo I – Tabela resumo da BPIE, com a indicação dos principais aspectos das definições nacionais NZEB na UE28 (e Noruega).....	98
Anexo II - Visão geral das definições nacionais NZEB (Ecofys) .....	102
Anexo III – Quadro resumo das principais medidas no suporte aos NZEB nos diferentes Estados Membros (Ecofys) .....	122
Anexo IV – Resultados da simulação energética do modelo calibrado.....	124
Anexo V – Certificado energético do edifício.....	132
Anexo VI – Fichas técnicas dos materiais utilizados .....	140



## Lista de Figuras

FIGURA 1: EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> POR ANO (PROVENIENTES DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E FABRICAÇÃO DE CIMENTO) ATÉ 2019. ESTIMATIVA COM BASE NAS PROJEÇÕES DO CRESCIMENTO DO PIB.....	1
FIGURA 2: EMISSÕES CO <sub>2</sub> PER CAPITA POR ANO. DESTAQUE-SE PARA AS EMISSÕES AINDA MUITO ALTAS DOS EUA E A DIVERGÊNCIA DE VALORES ENTRE UE 28 E A CHINA. ....	2
FIGURA 3: EMISSÕES CO <sub>2</sub> POR ANO. TENDÊNCIA CONTINUADA DE CRESCIMENTO DAS EMISSÕES DA CHINA ATÉ 2019, PODENDO ULTRAPASSAR O VALOR DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> DOS EUA, UE 28 E ÍNDIA JUNTOS. ....	2
FIGURA 4: MAIS DE 1000 SENÁRIOS TRAÇADOS ATÉ 2100. A TENDÊNCIA DA CURVA DAS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> REVELA O AUMENTO DA TEMPERATURA GLOBAL ESPERADA (O AUMENTO É RELATIVO AOS NÍVEIS DO PRÉ-INDUSTRIAL).....	2
FIGURA 5: ESTADO DA DEFINIÇÃO NZEB PARA EDIFÍCIOS NOVOS NOS DIFERENTES PAÍSES EUROPEUS .....	96
FIGURA 6: ESTADO DE DESENVOLVIMENTO DA DEFINIÇÃO NZEB APLICADA NOS DIFERENTES ESTADOS MEMBROS (FIGURA ADAPTADA).....	12
FIGURA 7: ILUSTRAÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA PRIMÁRIA .....	18
FIGURA 8 : ESQUEMATIZAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRES OS IEE.....	25
FIGURA 9: FRONTEIRAS DO SISTEMA A CONSIDERAR PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIO .....	31
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO DE ESTUDO E LIMITES DO LOTE DE TERRENO (FONTE: GOOGLE MAPS).....	33
FIGURA 11: IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS (FONTE: GOOGLE MAPS) .....	34
FIGURA 12: FUNÇÕES DO BIM.....	44
FIGURA 13: MODELO 3D DO EDIFÍCIO EM ESTUDO .....	45
FIGURA 14: FACHADA OESTE COM PAINÉIS EM TIJOLEIRA.....	46
FIGURA 15: ENTRADA PRINCIPAL .....	46
FIGURA 16: VISTA DE ESQUINA SUDOESTE; A: VISTA REAL (FONTE: GOOGLE MAPS); B: IMAGEM RENDERIZADA .....	47
FIGURA 17: VISTA SUL; A: VISTA REAL (FONTE: GOOGLE MAPS); B: IMAGEM RENDERIZADA .....	47
FIGURA 18: VISTA POENTE; A: VISTA REAL (FONTE: GOOGLE MAPS); B: IMAGEM RENDERIZADA .....	48
FIGURA 19: VISTA HALL DE ENTRADA; A: VISTA REAL (FONTE: EMPRESA QUE OPERA NO EDIFÍCIO); B: IMAGEM RENDERIZADA .....	48
FIGURA 20: VISTA PARA PÁTIO EXTERIOR A PARTIR DE VÃO ENVIDRAÇADO DO HALL DE ENTRADA; A: VISTA REAL (FONTE: EMPRESA QUE OPERA NO EDIFÍCIO); B: IMAGEM RENDERIZADA .....	49
FIGURA 21: EXEMPLO GENÉRICO DE UM SISTEMA ETICS .....	63
FIGURA 22: ÁREA OCUPADA PELAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	65
FIGURA 23: RESULTADOS DA SIMULAÇÃO (REVIT – INSIGHT 360®) .....	73
FIGURA 24: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	82



## Lista de Gráficos

GRÁFICO 1: UTILIZAÇÃO ANUAL DE ENERGIA.....	52
GRÁFICO 2 : UTILIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEL .....	52
GRÁFICO 3: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA (ELETRICIDADE) POR SECTOR EXCLUINDO AS AQS .....	53
GRÁFICO 4: CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE (NÃO INCLUI O CONSUMO DAS AQS) .....	54
GRÁFICO 5: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED .....	66
GRÁFICO 6: COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS MENSIS NA SITUAÇÃO INICIAL E APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED .....	67
GRÁFICO 7: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS SUBSTITUIÇÃO DE ENVIDRAÇADOS.....	69
GRÁFICO 8: COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS MENSIS NA SITUAÇÃO INICIAL E APÓS SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS.....	69
GRÁFICO 9: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS CONCEÇÃO DE ETICS .....	71
GRÁFICO 10: COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS MENSIS NA SITUAÇÃO INICIAL E APÓS CONCEÇÃO DE ETICS .....	72
GRÁFICO 11: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS .....	75
GRÁFICO 12: COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS MENSIS NA SITUAÇÃO INICIAL E APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS .....	76
GRÁFICO 13: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS APLICAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS .....	78
GRÁFICO 14: UTILIZAÇÃO DA ENERGIA POR SECTOR (EXCLUINDO AS AQS), APÓS APLICAÇÃO DA MEDIDA .....	85



## Lista de Quadros

QUADRO 1: FORMA DE CÁLCULO DO <b>IEEs</b> , PARA EFEITOS DE CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE PEQUENOS EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS (PES) E DE GRANDES EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS (GES).....	20
QUADRO 2: INTERVALOS DE VALOR DE $R_{IEE}$ PARA A DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO DE SERVIÇOS.....	21
QUADRO 3: CONSUMOS DE ENERGIA A CONSIDERAR NO <b>IEEs</b> E NO <b>IEET</b> .....	22
QUADRO 4: MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO IEE DE UM EDIFÍCIO DE COMÉRCIO E SERVIÇOS DE ACORDO COM O TIPO DE EDIFÍCIO E A SUA SITUAÇÃO.....	24
QUADRO 5: FATORES DE CONVERSÃO DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AS EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> .....	27
QUADRO 6: EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PRESENTES NO EDIFÍCIO .....	41
QUADRO 7: CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS DA ENVOLVENTE .....	49
QUADRO 8: CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS .....	50
QUADRO 9: PERCENTAGEM DE DESVIO DO MODELO ENERGÉTICO EM RELAÇÃO À REALIDADE .....	53
QUADRO 10: DETERMINAÇÃO DO IEE (INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA).....	54
QUADRO 11: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO MODELO CALIBRADO.....	57
QUADRO 12: CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES .....	61
QUADRO 13: CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS LED TUBULARES.....	62
QUADRO 14: CARACTERÍSTICAS DO VIDRO DUPLO .....	62
QUADRO 15: CARACTERÍSTICAS DA PAREDE MELHORADA .....	64
QUADRO 16: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED .....	66
QUADRO 17: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED.....	67
QUADRO 18: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA LED .....	68
QUADRO 19: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS SUBSTITUIÇÃO DE ENVIDRAÇADOS..	68
QUADRO 20: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS.....	70
QUADRO 21: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS .....	70
QUADRO 22: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS CONCEÇÃO DE ETICS.....	71
QUADRO 23: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS CONCEÇÃO DE ETICS .....	72
QUADRO 24: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS CONCEÇÃO DE ETICS .....	73
QUADRO 25: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA.....	74
QUADRO 26: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS INSTALAÇÃO DA MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA .....	74
QUADRO 27: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS INSTALAÇÃO DA MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA .....	74
QUADRO 28: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS .....	75

QUADRO 29: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS.....	76
QUADRO 30: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS .....	77
QUADRO 31: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS APLICAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS .	77
QUADRO 32: DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS APLICAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS.....	78
QUADRO 33: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS APLICAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS .....	78
QUADRO 34: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED.....	79
QUADRO 35: CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED .....	79
QUADRO 36: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	80
QUADRO 37: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS SUBSTITUIÇÃO DE ENVIDRAÇADOS .....	80
QUADRO 38: CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS .....	80
QUADRO 39: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	80
QUADRO 40: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS CONCEÇÃO DO SISTEMA ETICS .....	81
QUADRO 41: CUSTO DO SISTEMA ETICS .....	81
QUADRO 42: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	81
QUADRO 43: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS INSTALAÇÃO DA MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA .	82
QUADRO 44: CUSTO DO SISTEMA ETICS .....	82
QUADRO 45: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS AJUSTE NOS SET-POINTS.....	83
QUADRO 46: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS APLICAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS .....	83
QUADRO 47: CUSTO DE TODAS AS MEDIDAS.....	83
QUADRO 48: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	84
QUADRO 49: REDUÇÃO NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA APÓS APLICAÇÃO DA MEDIDA .....	84
QUADRO 50 : DETERMINAÇÃO DO IEE APÓS APLICAÇÃO A MEDIDA .....	85
QUADRO 51: INTERVALOS DAS CLASSES ENERGÉTICAS <sup>33</sup> E CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO APÓS APLICAÇÃO DA MEDIDA .....	85
QUADRO 52: CUSTO ANUAL DE ENERGIA APÓS APLICAÇÃO DA MEDIDA.....	86
QUADRO 53: CUSTO DE TODAS AS MEDIDAS.....	86
QUADRO 54: PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO .....	86
QUADRO 55: QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS DIVERSAS SIMULAÇÕES.....	88

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

A Terra continua a aquecer! Consequência diretamente relacionada com a emissão de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros gases que contribuem para o efeito de estufa (Figura 1). O crescimento exponencial de alguns países, e a exigência crescente das necessidades individuais, são as principais causas do aumento das emissões de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera (Figura 2). Nota para as emissões ainda muito altas dos EUA e a divergência de valores entre UE 28 e a China.<sup>1</sup>

Em 2013, os países com maior emissão de  $\text{CO}_2$  foram a China, os Estados Unidos, a União Europeia e a Índia.<sup>1</sup> A tendência de crescimento para os próximos anos, em termos de emissões de  $\text{CO}_2$ , em países como a Índia e a China é bastante acelerada, principalmente neste último (Figura 3). O crescimento das emissões da China até 2019 pode fazer com que o valor das emissões de  $\text{CO}_2$  ultrapassa-se o valor dos EUA, UE 28 e Índia juntos.<sup>1</sup>

Caso não se tome medidas preventivas e se verifique a tendência instalada quanto as emissões de  $\text{CO}_2$ , o planeta aquecerá entre 3,2 e 5,4°C (Figura 4).<sup>1</sup> Esta estimativa está indicada na Figura 4, onde são representados mais de 1000 cenários traçados até 2100, sendo que a tendência da curva das emissões de  $\text{CO}_2$  revela o aumento da temperatura global esperada (o aumento é relativo aos níveis do pré-industrial).<sup>1</sup> Os efeitos do aquecimento global, como fenómenos meteorológicos cada vez mais extremos ameaçam a vida na Terra.

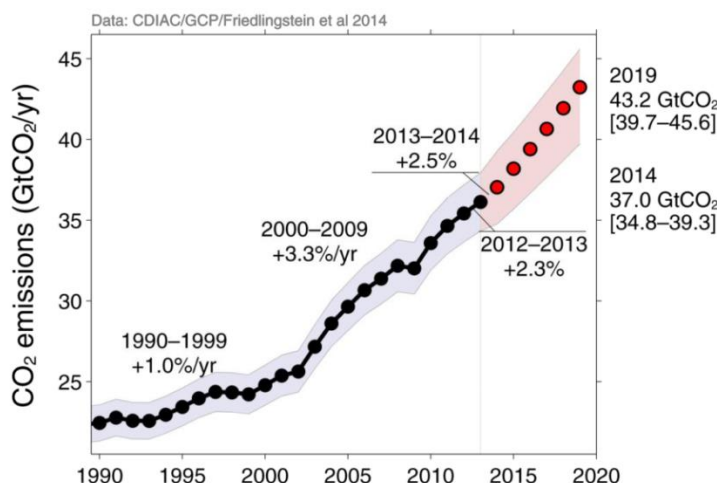


Figura 1: Emissões de  $\text{CO}_2$  por ano (provenientes da queima de combustíveis fósseis e fabricação de cimento) até 2019. Estimativa com base nas projeções do crescimento do PIB.<sup>1</sup>

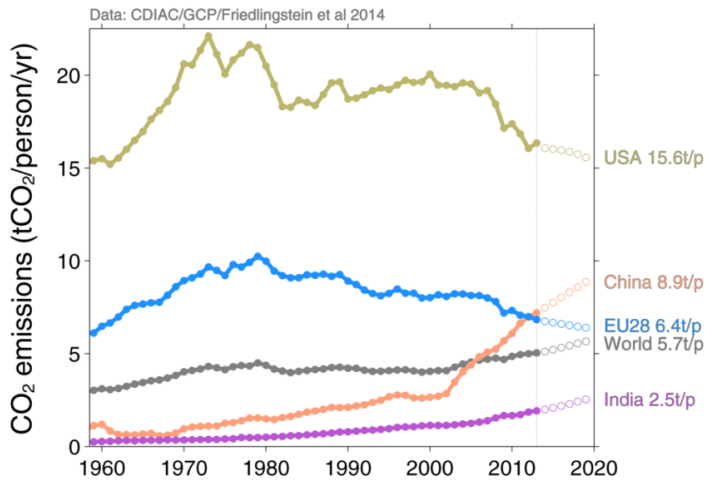


Figura 2: Emissões CO<sub>2</sub> per capita por ano.<sup>1</sup>

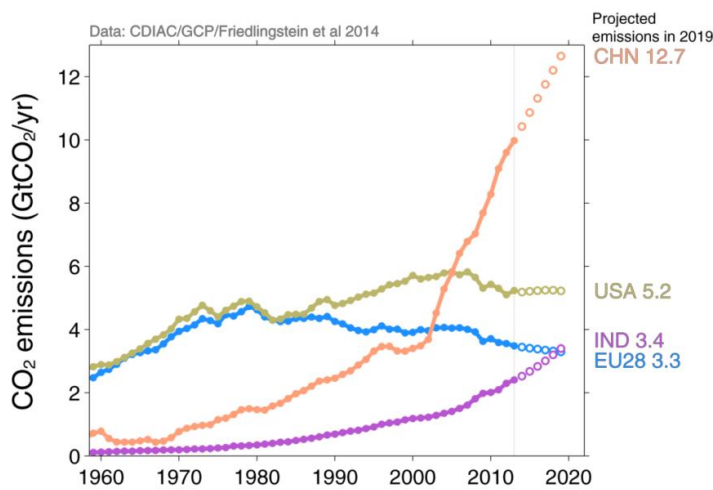


Figura 3: Emissões CO<sub>2</sub> por ano.<sup>1</sup>

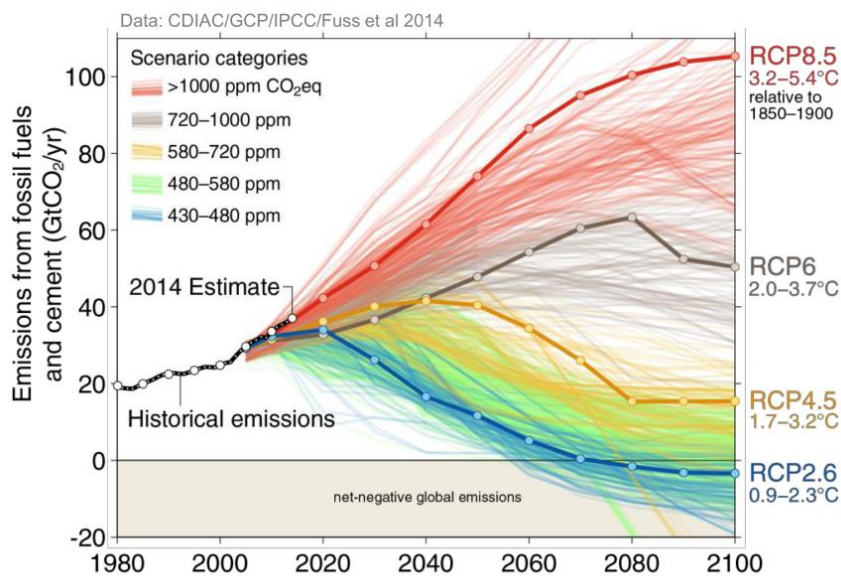


Figura 4: Mais de 1000 cenários traçados até 2100.<sup>1</sup>

Nas últimas décadas têm existido esforços com o objetivo de travar a escalada de emissões de CO<sub>2</sub>.

Em 12 de dezembro de 2015, a 21ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (COP21) ou, simplesmente, Cimeira do Clima de Paris, representa um passo importante na limitação do aumento da temperatura média global da Terra. Os países envolvidos no Acordo de Paris estabeleceram uma meta para o aumento do aquecimento global em, no máximo, 2°C (relativamente à temperatura média do período pré-industrial) até 2100. Contudo, os estados farão os possíveis para que este aumento de temperatura se situe até 1,5°C.<sup>2</sup> O Acordo de Paris é pelo menos tão significativo como o Protocolo de Quioto assinado em 1997.<sup>3</sup>

A nível Europeu, verifica-se uma preocupação em cumprir os acordos climáticos, criando diretivas que vão nesse sentido. Na União Europeia, os edifícios representam, aproximadamente, 40 % de toda a energia final consumida,<sup>4</sup> pelo que se torna uma área a intervir energeticamente. Surge a Diretiva de 2010/31/UE que reformula a anterior Diretiva 2002/31/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios, introduzindo novas alterações a fim de reduzir o consumo de energia na União e cumprir o Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, onde estabelece uma subida da temperatura global abaixo dos 2 °C a logo prazo e compromete-se a reduzir até 2020 as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20 % em relação aos níveis de 1990, e em 30 % no caso de se alcançar um acordo internacional.<sup>5</sup> Em Portugal, a Diretiva Europeia é transposta através do Decreto-lei 118/2013, que substitui o Decreto-lei 78/2006, Decreto-lei 79/2006 e Decreto-lei 80/2006, os quais aprovavam os antigos regulamentos para térmica de edifícios.<sup>6</sup> Tanto a reformulada diretiva europeia como o Decreto-lei 118/2013 referem a necessidade de construir “Nearly zero-energy buildings” e “edifícios com necessidades quase nulas de energia”, respetivamente, ou seja NZEB. Após 31 de dezembro de 2020 todos os edifícios novos deveram ser NZEB, e após 31 de dezembro de 2018, o mesmo deverá suceder para os novos edifícios governamentais. Também os edifícios já existentes deveram ser progressivamente reabilitados para NZEB.<sup>5,6</sup>

É neste contexto que se insere o tema deste trabalho final de mestrado. Um tema actual, tendo em conta a proximidade das datas acima citadas e que constam na regulamentação nacional. No entanto, existe ainda muita controvérsia no que respeita, deste logo, à própria definição de NZEB. O Decreto-lei 118/2013 apenas aponta metas temporais para os novos edifícios, porém a realidade em Portugal estará mais na reabilitação do parque edificado, com intervenções que tornem os edifícios existentes

mais eficientes energeticamente. O caso de estudo que se apresenta no capítulo 4, 5 e 6 prende-se com a promoção de uma reabilitação energética de um edifício já existente.

## **1.2. Objectivos**

Serve o principal propósito desta dissertação avaliar a possibilidade de um grande edifício de serviços se tornar NZEB ou pelo menos, possuir uma forte convergência para NZEB, após a promoção de um conjunto de medidas economicamente viáveis. O edifício objecto de estudo está localizado em Vila Nova de Gaia, com algumas décadas de idade e sendo alvo de algumas intervenções ao longo do tempo.

Pretende-se utilizar o software Revit® para modelação 3D do edifício em estudo e para as várias simulações energéticas nos diversos cenários.

Analisar a definição NZEB, tentando entender de que forma pode ser mais objectiva. Neste sentido aborda-se alguns indicadores de energia e o conceito de fronteira do sistema. Observa-se o exemplo de outros países que têm vindo a estabelecer parâmetros para os edifícios NZEB na sua legislação.

Consultar os regulamentos, nacionais e europeus, para a térmica e eficiência energética dos edifícios, de modo a apoiar algumas decisões aquando das simulações energéticas e cálculos dos indicadores.

## **2. Eficiência Energética nos Edifícios**

Eficiência energética e poupança de energia são duas expressões frequentemente utilizadas como sinónimos, no entanto não o são: A poupança de energia retrata qualquer comportamento do qual resulta diretamente a utilização de uma menor quantidade de energia. A eficiência energética envolve a utilização de tecnologias que requerem um menor consumo de energia para realizar a mesma função. Por exemplo, uma medida de poupança de energia é diminuir a luz artificial quando esta já era a adequada para o desempenho de determinada função. Por outro lado, uma medida de eficiência energética seria, por exemplo, a substituição de uma lâmpada fluorescente compacta por uma lâmpada *Light Emitting Diode* (LED) que consome menos quantidade de energia, mas que apresenta a mesma quantidade de energia luminosa.<sup>7</sup>

A redução da utilização de energia através de medidas de poupança não deverá colocar em risco o conforto dos utilizadores. Nos edifícios, o equilíbrio do balanço energético deverá ser preferencialmente feito pela redução da procura de energia, usando medidas de eficiência energética. Assim, a forma para que um edifício alcance o estatuto de NZEB, deverá partir deste princípio e não de cair na tentação de equilibrar o balanço pelo lado da oferta de energia (através da utilização de energias renováveis), o que levaria a sistemas sobredimensionados. Neste sentido, uma definição de NZEB deverá estabelecer requisitos mínimos de eficiência energética. Por exemplo, impor valores mínimos para o coeficiente de transmissão térmica (U) dos elementos construtivos da envolvente, ou valores mínimos para o rendimento das caldeiras e *Coefficient Of Performance* (COP) das bombas de calor. Outro exemplo seria limitar a procura de energia primária de um edifício, tendo como base de comparação um edifício de referência da mesma categoria de utilização, em que, por hipótese, se poderia exigir uma redução percentual das necessidades energéticas (de 50% por exemplo) em relação às necessidades do edifício de referência.<sup>7</sup>

A propósito da comparação do desempenho de edifícios, refere-se que a norma do Facility Management EN 15221 – Parte 7, desenvolve integralmente a análise comparativa de desempenho de edifícios (*benchmarking*). De uma forma geral, *benchmark* é uma medida, uma referência, um nível de desempenho (*performance*), reconhecido como padrão de excelência para um processo específico, em suma, *benchmarks* são indicadores de desempenho. Enquanto o *Benchmarking* é o processo que proporciona melhoria de desempenho.<sup>8</sup>

## **2.1. Definição de NZEB segundo a legislação Europeia e Nacional**

Nearly zero energy buildings (NZEB) é definido na revisão da Diretiva 2010/31/EU para os edifícios (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive), Artigo 9º, onde é identificado um edifício com um desempenho energético muito elevado em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas por fontes de energias renováveis. Esta Diretiva exige que todos os novos edifícios apresentem necessidades quase nulas de energia a partir do final de 2020 e o mesmo se deve aplicar em todos os novos edifícios públicos 2 anos antes.<sup>5,9</sup>

Entende-se que o balanço energético: consumo-geração de energia por fontes renováveis, se refere a um ciclo anual. Em Portugal, a EPBD traduziu-se no Decreto-lei 118/2013, onde é mencionado pela primeira vez na legislação portuguesa o conceito de NZEB. O Artigo 16º refere que os edifícios com necessidades quase nulas de energia, são os que têm 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.<sup>6</sup>

As datas referidas na reformulação da EPBD são igualmente transcritas para o Decreto-lei 118/2013: Devem ter necessidades quase nulas de energia os edifícios novos, licenciados após 31 de Dezembro de 2020, ou após 31 de Dezembro de 2018 no caso de edifícios novos na propriedade de uma entidade pública e ocupados por uma entidade pública.<sup>6</sup>

Em 14 de Setembro de 2015 é publicado o Decreto-lei 194/2015, que altera a definição que consta no Artigo 16º do Decreto-lei 118/2013: São edifícios com necessidades quase nulas de energia, os que tenham um elevado desempenho energético determinado nos termos do presente diploma, nomeadamente em resultado de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades.<sup>10</sup>

## **2.2. NZEB: Um conceito vago**

O conceito NZEB torna-se duvidoso e, intencionalmente, pouco objetivo na definição da diretiva Europeia para que os Estados Membros tenham margem para definir as suas próprias metas. Com base no EPBD, cada Estado Membro deve, até 2017, apresentar uma definição mais pormenorizada do que considera "quase nulas" e "nas proximidades".<sup>11</sup>

Deste modo, as necessidades “quase nulas” do designado edifício de elevado desempenho podem gerar varias interpretações. O *Nearly Zero Energy Building* imposto na Diretiva Comunitária deixa por explicar o nível de aproximação ao *Net Zero Energy Building*, sendo o conceito de *Net Zero* comumente aceite como um edifício de balanço energético nulo num ciclo anual. A expressão “*Nearly*” não explicita qual o valor, nem o modo de conseguir o saldo energético, gerando alguma incerteza no conceito NZEB.<sup>12</sup> A própria sigla não é consensual, existem autores que se referem a NZEB como sendo um “*Net Zero*” e outros que utilizam nZEB para o “*Nearly Zero*”. No entanto, ao longo de todo este trabalho convencionou-se que a sigla NZEB é a designação para *Nearly Zero Energy Building*.

No caso das fontes renováveis que podem ser produzidas no local ou “proximidades”, mais uma vez o EPBD cria subjetividade neste ponto. Não é perceptível se se refere ao espaço de implantação do edifício, à área exterior pertencente ao edifício, ou se se pode falar da energia produzida a distâncias maiores, à escala de bairros ou cidades. Em Portugal existe em média 60% de renováveis para fins de eletricidade, este fator poderia entrar para as contas do balanço energético de um edifício.<sup>12</sup>

A Comissão não fixa nenhum requisito máximo ou mínimo, nem detalha um algoritmo para o desempenho energético dos edifícios. No entanto, a Reformulação do EPBD apresenta alguns objetivos que cada Estado Membro deve respeitar e incluir nos seus planos nacionais, de forma a uniformizar uma metodologia, ao mesmo tempo que são tidas em conta as condições de cada Estado. Estes objetivos são expressos em 3 alíneas no ponto 3 do Artigo 9:<sup>5</sup>

“Os planos nacionais devem incluir, nomeadamente, os seguintes elementos:

a) Descrição pormenorizada da **forma como a definição dos edifícios com necessidades quase nulas de energia é aplicada na prática pelo Estado Membro**, refletindo as suas condições nacionais, regionais ou locais, incluindo um indicador numérico da utilização de energia primária expresso em kWh/m<sup>2</sup> por ano. Os fatores de energia primária utilizados para a determinação do consumo de energia primária podem basear-se em valores anuais médios a nível nacional ou regional e podem ter em conta as normas europeias aplicáveis;

b) **Objetivos intermédios** para melhorar o desempenho energético dos edifícios novos, **até 2015**, (...);

c) Informações sobre as **políticas e medidas financeiras ou outras adotadas (...) para a promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia**, incluindo detalhes dos requisitos nacionais e medidas relativas à utilização de energia

proveniente de fontes renováveis nos edifícios novos e nos edifícios existentes sujeitos a grandes renovações (...).”

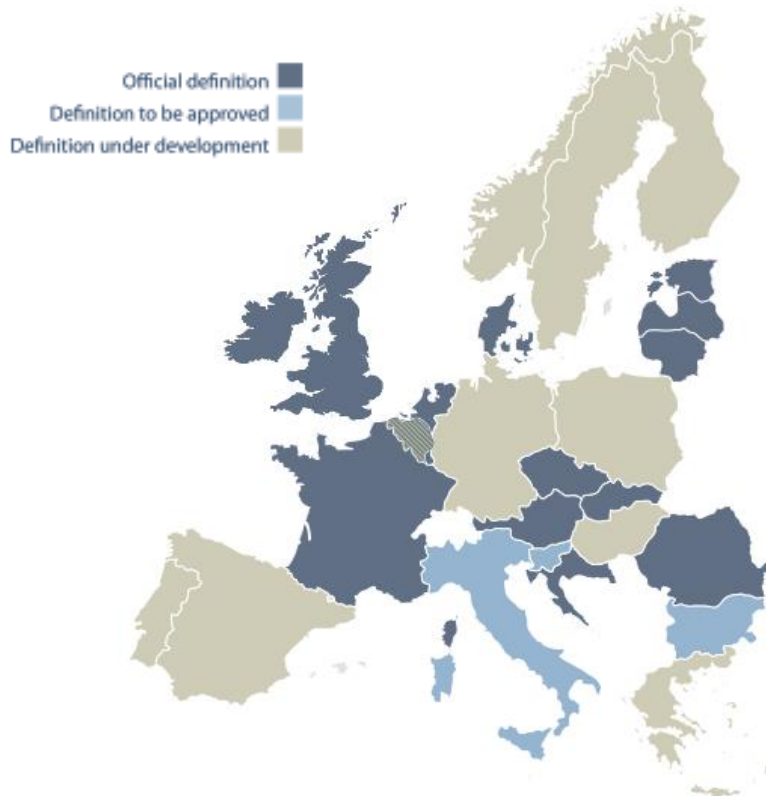
Desta forma, os Estados ficam obrigados, no mínimo, a estabelecer um valor limite para o indicador numérico de utilização de energia primária, como é descrito na alínea a). De salientar que existem outros indicadores de desempenho energético que podem ser utilizados na parametrização de um NZEB (ver no ponto 3.2. Indicadores numéricos).

### 2.2.1. Diferentes abordagens na definição por parte dos Estados Membros

O artigo 9º da EPBD não exige só a cada Estado Membro uma definição nacional NZEB, mas também recomenda a promoção ativa de uma maior adoção destes edifícios no mercado. Os Estados Membros devem preparar e apresentar à Comissão Europeia os planos nacionais com definições claras e medidas (por exemplo, políticas e incentivos financeiros) para a promoção dos NZEBs. Estes planos nacionais devem incluir, nomeadamente, objetivos intermédios para melhorar o desempenho energético dos novos edifícios em 2015 e devem ser atualizados a cada 3 anos.<sup>13</sup>

Pelo menos até a abril de 2015, 15 países (mais a região de Bruxelas e da Flandres) Flandres) determinaram uma definição. Em mais 3 países, os requisitos NZEB definidos e deverão ser transpostos para a legislação nacional. Nos restantes 9 Estados Membros (mais a Noruega e a região Belga da Valónia), a definição em discussão e ainda não havia sido finalizada. Isso mesmo é ilustrado com a

<sup>13</sup>



**Figura 5: Estado da definição NZEB para edifícios novos nos diferentes países europeus**<sup>13</sup>

A tabela do Anexo I – Tabela resumo da BPIE, com a indicação dos principais aspectos das definições nacionais NZEB na UE28 (e Noruega) resume, globalmente, os parâmetros qualitativos ou quantitativos estabelecidos para as diferentes definições nacionais de NZEB na EU a 28 e Noruega. Repare-se que neste estudo do Buildings Performance Institute Europe - BPIE (2015)<sup>13</sup>, a Bélgica é dividida em 3 regiões (Bruxelas, Flandres e Valónia) e apresenta requisitos diferentes para estas.<sup>13,14</sup>

#### Indicador de Energia Primária

Na maior parte dos Estados Membros, as definições NZEB referem-se a energia primária máxima como um dos principais indicadores. Em alguns casos (por exemplo, na Holanda e na região belga de Flandres), o consumo de energia primária do edifício é avaliado através de um coeficiente não-dimensional, comparando o uso de energia primária dos edifícios, com a que é usada em um edifício referência com características semelhantes (por exemplo, geometria do edifício). Um edifício referência deverá ser representativo da sua funcionalidade e localização geográfica. Na Lituânia também o indicador de energia primária tem um valor não-dimensional, onde o NZEB tem de se inserir numa categoria de edifício classe A++.<sup>13,14</sup>

Em vários países (por exemplo: Reino Unido, Noruega e Espanha) as emissões de carbono são usadas como o principal indicador, enquanto em outros (por exemplo, na Áustria e na Roménia) as emissões de carbono são usadas como um indicador complementar ao consumo de energia primária.<sup>13</sup>

Em edifícios residenciais, a maioria dos países compromete-se a um consumo de energia primária não superior a 50 kWh/m<sup>2</sup> por ano. Este requisito pode variar para regiões com um clima mais rigoroso.<sup>13</sup>

Para edifícios não residenciais os requisitos variam muito, mesmo dentro de um país, dependendo do tipo de edifício (por exemplo, escritórios, escolas e hospitais). Na Europa, de uma forma geral, resultado das diferentes metodologias de cálculo, das condições climáticas e da tipologia de construção, o nível de energia primária máxima para edifícios não residenciais varia de 0 a 270 kWh/m<sup>2</sup> por ano. Os valores mais reduzidos, geralmente, correspondem a edifícios residenciais unifamiliares, enquanto os valores mais elevados de energia primária correspondem principalmente a hospitais ou a outros edifícios não residenciais especiais.<sup>13,14</sup>

Em relação à metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios, a EPBD (Anexo I) lista as principais utilizações finais que devem ser incluídas, tais como aquecimento, água quente para uso doméstico, refrigeração, ventilação e iluminação (em especial no sector não residencial). Na maioria das jurisdições, as necessidades de energia para refrigeração e ventilação são considerados para edifícios residenciais, mas apenas alguns consideram eletrodomésticos (por exemplo, Áustria) ou o consumo de energia dos elevadores e escadas rolantes (por exemplo, para edifícios não residenciais na Itália).<sup>5,13</sup>

A maioria dos países deve também estabelecer requisitos sobre a utilização da energia final, para além da energia primária como sugere o Comité Europeu de Normalização:<sup>13</sup>

- A maior parte dos Estados Membros referem um limite para a energia final necessária para aquecimento do espaço (por exemplo, em Chipre, Letónia, Eslovénia ou a região de Bruxelas);
- Também uma grande parte dos Estados Membros estabelecem um limite para o coeficiente médio de transmissão térmica superficial do edifício (por exemplo, na República Checa);
- Em alguns casos (por exemplo, na Dinamarca e na região de Bruxelas), também está incluída a avaliação da “impermeabilidade” térmica do edifício;
- Em alguns casos (por exemplo, em França, na Dinamarca, nas regiões de Bruxelas e Flandres), para reduzir o risco de sobreaquecimento dos edifícios,

os requisitos adicionais são estabelecidos para o desempenho dos sistemas técnicos (por exemplo, unidades de aquecimento e de ventilação);

- França, Dinamarca e as regiões de Bruxelas e Flandres definem um indicador de sombreamento;
- Portugal é o único Estado a estabelecer um limite para a energia final necessária para arrefecimento.

Relativamente a Portugal, ainda não estabeleceu nenhum limite para o indicador de energia primária no que diz respeito aos edifícios NZEB. No entanto estabelece outros parâmetros que contribuem para a eficiência energética dos edifícios:<sup>13</sup>

- Limite para a energia final necessária para aquecimento;
- Limite para a energia final necessária para arrefecimento;
- Qualidade térmica da envolvente;
- Desempenho dos sistemas técnicos.

#### Fontes de energia renováveis

No que diz respeito à quota-parte das energias renováveis, 11 Estados Membros, assim como a região de Bruxelas e Flandres consideram a contribuição de energias renováveis de uma forma quantitativa ou qualitativa.<sup>13</sup>

Em 8 destas jurisdições (Chipre, Lituânia, Letónia, Roménia, Eslováquia, Irlanda, França, região da Flandres), a percentagem de consumo de energia primária que tem de ser coberta por fontes de energia renováveis é explicitamente indicada. Exemplo particular do Chipre, em que pelo menos 25% da energia primária deve ser coberta por energia de origem renovável.<sup>13,14</sup>

Por outro lado, em outras jurisdições (por exemplo, República Checa, Dinamarca, Estónia e região de Bruxelas) a energia proveniente de fontes renováveis é considerada indiretamente. O exemplo concreto da região de Bruxelas mostra isto, em que o método de cálculo da energia primária já inclui a entrada de fontes de energia renováveis como a energia solar (fotovoltaica e térmica), aquecimento a biomassa, aquecimento geotérmico e sistemas de bombas de calor, bem como técnicas de arrefecimento passivo.<sup>13,14</sup>

No caso de Portugal, o Decreto-lei 118/2013, não define a contribuição das energias renováveis para o balanço, nem explicita o que se considera sobre "formas de captação local de energias renováveis que cubram grande parte do remanescente das necessidades energéticas previstas".<sup>11</sup>

A Figura 6 ilustra a situação registada até à data do relatório da Ecofys<sup>14</sup> (8 de Outubro de 2014), indicando os progressos dos países em termos da definição de NZEB. Mostra quais os estados que estabeleceram indicadores numéricos e parâmetros para a utilização das energias renováveis. Na Figura 6, Grécia e Espanha ainda não tinham apresentado os respetivos planos nacionais à Comissão Europeia.<sup>14</sup>

Member State	Numerical Indicator	Share of Renewable Energy
Austria	Yes	No
Belgium - BXL	Yes	Yes
Belgium - Walloon	No	No
Belgium - Flemish	No	Yes
Bulgaria	No	Yes
Croatia	Yes	No
Cyprus	No	No
Czech Republic	Yes	No
Denmark	Yes	Yes
Estonia	Yes	No
Finland	No	No
France	Yes	Yes
Germany	No	No
Greece		
Hungary	Yes	Yes
Ireland	Yes	
Italy	No	Yes
Latvia	Yes	
Lithuania	Yes	
Luxembourg	Yes	No
Malta	Yes	No
Netherlands	Yes	
Portugal	No	No
Poland	Yes	No
Romania	Yes	
Slovenia	Yes	No
Slovakia	Yes	
Spain		
Sweden	No	No
United Kingdom	No	No

Figura 6: Estado de desenvolvimento da definição NZEB aplicada nos diferentes Estados Membros, outubro 2014<sup>14</sup> (figura adaptada)

### 2.2.2. Objetivos intermédios estabelecidos até 2015

Como referido anteriormente, a diretiva europeia estabelece que os planos nacionais de cada Estado Membro devem incluir, "objetivos intermédios para melhorar o desempenho energético dos edifícios novos, até 2015".<sup>14</sup>

A maioria dos Estados Membros definiu esses objetivos intermédios, mas tomaram diferentes abordagens para a definição desses mesmos objetivos intermédios (Anexo

II - Visão geral das definições nacionais NZEB (Ecofys)). Muitos países definiram esses objetivos através da imposição de requisitos mínimos de desempenho energético (por exemplo, França, estabelece um consumo até 50 kWh/m<sup>2</sup> por ano em 2015). Outros Estados optaram por fixar um nível mínimo necessário de classe energética dos edifícios por um determinado ano (por exemplo, na Lituânia, edifícios novos devem ser de nível B a partir de 2014). Estados como a Holanda e Malta estabeleceram números de edifícios novos ou edifícios novos públicos NZEB's a serem construídos até o ano de 2015. Holanda estabeleceu construir 60000 novas habitações NZEB até 2015. Malta fixou que no mínimo 5% dos edifícios novos ocupados e pertencentes às autoridades públicas seriam construídos de acordo com o conceito NZEB.<sup>14</sup>

### **2.2.3. Políticas e medidas adotadas para a promoção NZEB**

A EPBD obriga a que conste nos planos nacionais, políticas e medidas financeiras ou outras, com vista à promoção de edifícios NZEB. Os Estados Membros apresentam um espectro alargado de políticas e medidas de apoio aos objetivos NZEB nos planos nacionais, embora em muitos casos não é claro até que ponto estas medidas visam especificamente NZEB's.<sup>14</sup>

Grande parte de todos os Estados Membros tem políticas e medidas de sensibilização e de formação, medidas de reforço na regulamentação de edifícios e na certificação energética. As medidas de reforço da regulamentação da construção, incluem requisitos mínimos energéticos nos edifícios ou o mínimo de energias renováveis no local das habitações, por exemplo, na Hungria, os edifícios deverão deveram usar, pelo menos, 25% de energia a partir de fontes renováveis.<sup>14</sup>

Muitos Estados também apresentam medidas de apoio financeiro, incluindo, por exemplo, políticas de incentivo, bônus de energia para os privados, projetos e esquemas técnicos para a instalação de fontes de energia renováveis, financiamento para a população mais desfavorecida e taxas de juros de hipotecas subsidiadas para casas mais eficientes.<sup>14</sup>

Outras medidas promovidas pelos Estados Membros são a inserção de projetos-piloto (por exemplo, propostas de projeto com o tema "Sustainable home" ou "Existing nearly zero energy buildings") e supervisão (por exemplo, estabelecer um sistema eficiente e de alta qualidade de auditorias energéticas ou implantação de medidores inteligentes).<sup>14</sup>

A tabela presente no Anexo III – Quadro resumo das principais medidas no suporte aos NZEB nos diferentes Estados Membros (Ecofys) assinala as principais políticas e medidas de apoio aos novos edifícios NZEB nos diferentes Estados Membros.

#### 2.2.4. Definição de NZEB para os edifícios existentes

Os requisitos de NZEB estabelecidos pela Comissão Europeia apenas abrangem os novos edifícios a partir de 2020, não sendo introduzidas exigências obrigatórias para reabilitações NZEB.<sup>13</sup>

Mesmo assim, a EPBD não ignorou o parque já edificado, definindo linhas orientadoras de melhoria energética para este conjunto de edifícios: “Os Estados Membros, (...), desenvolvem políticas e tomam medidas, como, por exemplo, o estabelecimento de objetivos, para incentivar a transformação de todos os edifícios remodelados em edifícios com necessidades quase nulas de energia”. Também incluiu as reabilitações de edifícios nos incentivos financeiros, como cita o artigo 10º, ponto 4: “A Comissão apoia, se for caso disso, os Estados Membros que o solicitem, na elaboração de programas nacionais ou regionais de apoio financeiro com o objetivo de aumentar a eficiência energética dos edifícios, especialmente dos edifícios existentes, favorecendo o intercâmbio de melhores práticas entre as autoridades ou organismos responsáveis a nível nacional ou regional.”<sup>5</sup>

Critérios NZEB para reabilitações de edifícios foram identificados em 13 países, mas apenas em 8 foram implementadas definições (Áustria, Chipre, República Checa, Dinamarca, França, Letónia, Lituânia, região da capital Bruxelas). Destes 8, Áustria, França e a região de Bruxelas implementaram requisitos para reabilitações com limites menos rigorosos quando comparados a novos edifícios. Alemanha, Irlanda e Eslovénia tencionam fazer o mesmo, embora as definições de requalificação destes países ainda não tenham sido estabelecidas. Dinamarca e Lituânia têm a mesma definição de NZEB para edifícios novos e existentes, assim como a Bulgária, Chipre, Itália e Letónia, onde a definição NZEB de novos edifícios é aplicada a reabilitações mais profundas.<sup>13</sup>

Em Portugal, o Decreto-lei 118/2013 faz referência às grandes intervenções no edificado existente, mas não define regras para as conversões de edifícios em NZEB. No artigo 16º, ponto 4, diz-se que é aprovado “o plano nacional de reabilitação do parque de edifícios existentes para que atinjam os requisitos de edifícios com necessidades quase nulas de energia, estabelecendo objetivos finais e intermédios, diferenciados consoante a categoria de edifícios em causa, e incentivos à reabilitação.”<sup>6</sup>

A elaboração da definição NZEB para a reabilitação do parque habitacional existente é o grande desafio. Nesta situação podem surgir algumas dificuldades técnicas do ponto de vista da implementação das medidas tendo em conta que se procura um custo óptimo.<sup>15</sup>



### 3. Indicadores numéricos e fronteiras do sistema

A reformulação da EPBD estabelece um quadro geral comum para uma metodologia de cálculo de desempenho energético dos edifícios, mas que é suficientemente flexível para que cada Estado Membro escolha as medidas mais adequadas às suas possibilidades e condicionantes.

#### 3.1. Fator de energia primário

O fator de energia primária influencia indiretamente o cumprimento do requisito NZEB, pois a avaliação do desempenho energético de um edifício está relacionada com os fatores de energia primária utilizados por vetor energético (eletricidade, petróleo, gás natural, entre outros).<sup>7</sup>

O fator de energia primária deve traduzir a razão entre a energia fornecida ao edifício e a energia primária total necessária para a rede fornecer essa mesma energia, tendo em conta as perdas de toda a cadeia energética. De acordo com a EN 15603:2008, no cálculo do fator de energia primária devem ser tidas em conta, pelo menos:<sup>7</sup>

- Energia necessária à extração do vetor energético primário;
- Energia necessária para transportar o vetor energético do local de produção até ao local de utilização;
- Energia utilizada no processamento, armazenamento, geração, transmissão, distribuição e quaisquer outras operações necessárias para entregar a energia final ao edifício.

O fator pode também incluir, embora não seja obrigatório:

- Energia utilizada na construção das unidades de transformação;
- Energia utilizada na construção do sistema de transporte;
- Energia utilizada na limpeza e escoamento de resíduos.

Portanto, a energia primária sofre transformações para dar origem à energia final. Como essas transformações têm sempre rendimento inferior à unidade, a energia primária é sempre maior que a energia final que lhe corresponde. Por exemplo, se uma central elétrica tiver um rendimento de 40%, isso significa que por cada 100 unidades de energia primária entrada na central (por exemplo carvão), apenas se obtêm 40 unidades de energia final (energia elétrica).<sup>16</sup>

Seguindo esta lógica, a definição de energia útil pode-se assumir como a energia que resulta das transformações que a energia final sofre no utilizador, ou seja, para que este disponha da energia de que carece (energia útil) sob a forma, por exemplo, de calor, energia motriz, iluminação, existe energia que se dissipa.<sup>16</sup>

Na Figura 7 a situação A e B representam o conceito de fator de energia primária. Numa situação em que um fator de energia seja igual a X, significa que a rede precisa de X unidade de energia primária para fornecer 1 unidade de energia ao edifício.<sup>7</sup>

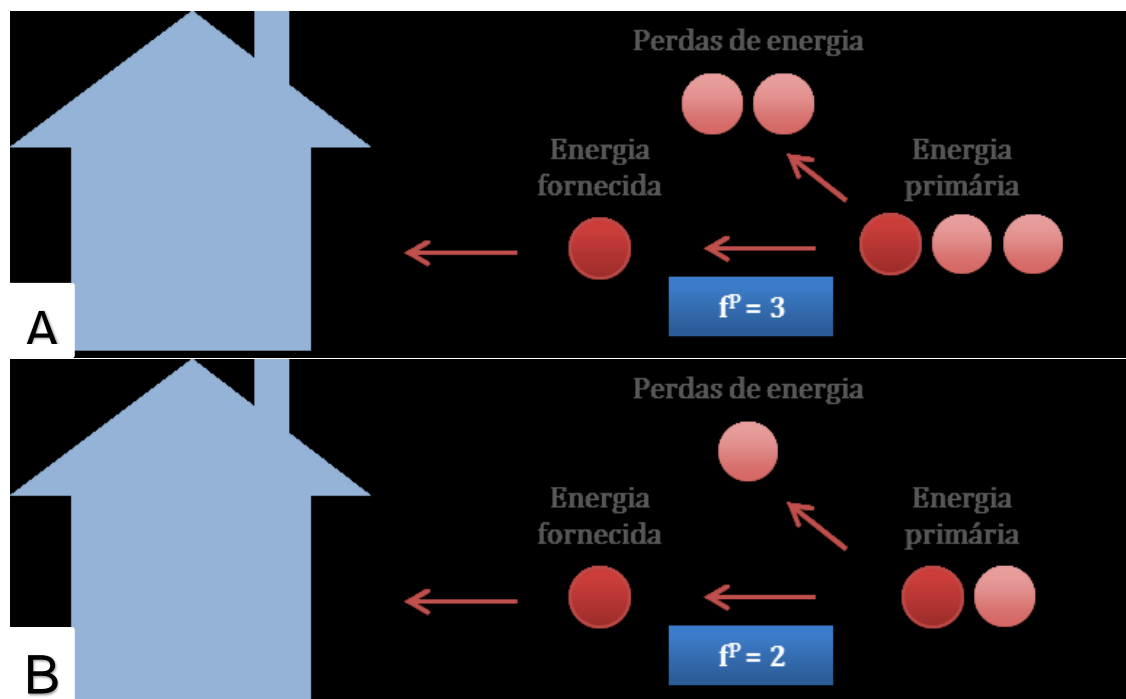


Figura 7: Ilustração do conceito de energia primária<sup>7</sup>

Na situação A da Figura 7, o fator de energia primária é igual a 3, o que significa que a rede necessita de 3 unidades de energia primária para fornecer 1 unidade de energia ao edifício. No caso da situação B, para fornecer a mesma quantidade de energia ao edifício, são consumidas apenas 2 unidades de energia primária. Neste último caso, o sistema energético da rede é mais eficiente, o que resulta na redução do fator de energia primária. Nos dois casos a quantidade de energia fornecida (energia final) é a mesma, no entanto perde-se mais energia até ao edifício do primeiro caso quando comparado com o segundo.<sup>7</sup>

Também a determinação do fator de energia primária fica a cargo de cada Estado Membro. Portugal estabeleceu o seu valor através do Despacho nº15793 - D/2013. Este despacho procede à publicação dos fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária. O fator de conversão de energia primária para a eletricidade é de 2,5 kWh<sub>EP</sub> /kWh. Para diferentes vetores de energia os valores dos fatores de energia primária diferem.<sup>17</sup>

O Despacho nº15793 - D/2013 define os seguintes fatores de conversão de energia primária:<sup>17</sup>

- $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para electricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
- $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.
- No caso de energia térmica de origem renovável, o fator  $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$

### 3.2. Indicadores numéricos

A Diretiva EPBD indica um quadro comum para uma metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios, embora não estabeleça procedimentos exatos de cálculo, deixando uma margem para que os Estados Membros se ajustarem da maneira mais conveniente. A Diretiva europeia cita que o desempenho energético de um edifício deverá ser expresso através de um **indicador de desempenho energético**, assim como, de um **indicador de energia primária**.<sup>5</sup>

Instituições e agências da especialidade defendem ou indicam, como complemento, a existência de outros tipos de indicadores de desempenho energético, por exemplo, um indicador de emissões de dióxido de carbono, um indicador de qualidade térmica da envolvente, um indicador de sombreamento, um indicador de desempenho dos sistemas técnicos ou um indicador de rácio de energia renovável (RER). Estes indicadores, que não são exigidos pela Diretiva EPBD, podem funcionar como pontos de referência numéricos para avaliar em outros aspetos os edifícios NZEB.<sup>13,14,18</sup>

#### 3.2.1. Indicador da classe energética

Atualmente, na regulamentação portuguesa (Decreto-Lei nº 15793 – J/2013) estabelece-se um indicador para edifícios de habitação e um outro para edifícios de serviços que determina a classe energética dos mesmos. Para os edifícios de comércio e serviços o indicador expressa-se através do rácio de classe energética ( $R_{IEE}$ ) [1]:<sup>19</sup>

$$R_{IEE} = \frac{IEE_s - IEE_{REN}}{IEE_{ref,s}} \quad [1]$$

$IEE_s$  - Indicador de Eficiência Energética, obtido de acordo com o disposto no Quadro 1, consoante o tipo de edifício e se se trata de novo, existente ou sujeito a grande intervenção relativamente aos consumos do tipo S.

**Quadro 1: Forma de cálculo do  $IEE_s$ , para efeitos de classificação energética de Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços (PES) e de Grandes Edifícios de Comércio e Serviços (GES)<sup>19</sup>**

Tipo de edifício	Forma de cálculo do $IEE_s$		
	Novo	Existente	Grande intervenção
PES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES com Plano de Racionalização Energética (PRE) e medidas de melhoria no Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)	n.a.	$IEE_{pr,S}$	n.a.
GES com PRE e outro tipo de medidas de melhoria	n.a.	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	n.a.

Onde  $IEE_{pr}$  é o IEE previstos e  $IEE_{ef}$  é o IEE efectivo, como é explicado no ponto 3.2.2. Indicador de desempenho energético

$IEE_{ref,S}$  - Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S;

$IEE_{REN}$  - Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

Estas parcelas são calculadas de acordo com o disposto no Decreto-Lei 118/2013, que inclui o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Serviços (RECS), através da Portaria nº349 – D/2013 que estabelece requisitos e metodologias relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios.

O  $R_{IEE}$  calculado corresponde a uma das 8 classes energéticas possíveis que figuram no Quadro 2.

**Quadro 2: Intervalos de valor de  $R_{IEE}$  para a determinação da classe energética do edifício de serviços**<sup>19</sup>

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

### 3.2.2. Indicador de desempenho energético

Em Portugal, o desempenho energético de um edifício de comércio e serviços é aferido pela determinação do seu Indicador de Eficiência Energética (IEE) [2], como consta na Portaria nº349 – D/2013.<sup>20</sup>

$$IEE = IEE_s + IEE_T - IEE_{ren} \quad [2]$$

O  $IEE$  resulta da soma de indicadores parcelares, convertidos para energia primária por unidade de área útil de pavimento ( $kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$ ).

#### 3.2.2.1. Parcelas do IEE

O  $IEE_s$  representa os consumos de energia **que são considerados** para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, enquanto o  $IEE_T$  representa os consumos de energia **que não são considerados** para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício. No Quadro 3 estão indicados os consumos a considerar para a determinação dos respetivos indicadores.<sup>20</sup>

**Quadro 3 : Consumos de energia a considerar no  $IEE_S$  e no  $IEE_T$ <sup>20</sup>**

Consumos no $IEE_S$	Consumos no $IEE_T$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação</li> <li>- ventilação e bombagem em sistemas de climatização</li> <li>- aquecimento de águas sanitárias e de piscinas</li> <li>- iluminação interior</li> <li>- elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016)</li> <li>- iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica</li> <li>- equipamentos de frio</li> <li>- iluminação dedicada e de utilização pontual</li> <li>- elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de dezembro de 2015)</li> <li>- iluminação exterior (até 31 de dezembro de 2015)</li> <li>- todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em <math>IEE_S</math></li> </ul>

$IEE_S$  [3] e  $IEE_T$  [4] são calculados pelas seguintes expressões:

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \times F_{pu,i}) \quad [3]$$

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{T,i} \times F_{pu,i}) \quad [4]$$

Onde:

$E_{S,i}$  - Consumo de energia por fonte de energia  $i$  para os usos do tipo S, [ $kWh/ano$ ];

$E_{T,i}$  - Consumo de energia por fonte de energia  $i$  para os usos do tipo T, [ $kWh/ano$ ];

$A_p$  - Área interior útil de pavimento, [ $m^2$ ];

$F_{pu,i}$  - Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, de acordo com Despacho do Diretor-geral de Energia e Geologia<sup>17</sup> e referenciado no ponto 3.1. Fator de energia primário, [ $kWh_{EP}/kWh$ ].

Quanto à parcela do  $IEE_{ren}$  [5], é determinada com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, sendo que apenas deverá ser contabilizada a energia elétrica destinada a autoconsumo, e a energia térmica efetivamente utilizada, ou passível de ser utilizada no edifício.

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \times F_{pu,i}) \quad [5]$$

Onde:

$E_{ren,i}$  - Produção de energia por fonte de energia  $i$  a partir de fontes de origem renovável para consumo, calculada de acordo com as regras aplicáveis previstas para o efeito em Despacho do Director-geral de Energia e Geologia [ $kWh/ano$ ].

### 3.2.2.2. Tipos de IEE

Distinguem-se três tipos de indicador de eficiência energética: IEE previsto; IEE efetivo e IEE de referência.<sup>20,21</sup>

- IEE previsto ( $IEE_{pr}$ ) [6] - Procura traduzir o consumo anual de energia do edifício com base na localização do edifício, nas características da envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos para o edifício.<sup>20</sup> Aplicável a edifícios a construir ou grandes reabilitações.<sup>21</sup>

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad [6]$$

- IEE efetivo ( $IEE_{ef}$ ) [7] - Traduz o consumo anual de energia do edifício, obtido com base no histórico de faturas de energia, e/ou alternativamente considerando os resultados de uma avaliação energética realizado numa base de tempo anual, bem como os dados provenientes de um sistema de gestão de energia.<sup>20</sup> Aplicável a edifícios existentes.<sup>21</sup>

$$IEE_{ef} = IEE_{ef,S} + IEE_{ef,T} - IEE_{ef,ren} \quad [7]$$

- IEE de referência ( $IEE_{ref}$ ) [8] - Procura traduzir o consumo anual de energia do edifício, caso este fosse dotado de soluções de referência para alguns dos elementos da envolvente e para alguns dos seus sistemas técnicos, mantendo inalteradas as demais características do edifício.<sup>20</sup> Relativo a edifícios com soluções de referência.<sup>21</sup>

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad [8]$$

### 3.2.2.3. Determinação do $IEE_{pr}$ e do $IEE_{ef}$

Para determinação do IEE de um edifício de comércio e serviços são reconhecidos:<sup>20</sup>

- Método de previsão do  $IEE_{pr}$  por simulação dinâmica multizona;
- Método de previsão do  $IEE_{pr}$  por cálculo dinâmico simplificado;
- Método de determinação do  $IEE_{ef}$  por consumo efectivo.

O Quadro 4 resume métodos aceites para determinação do IEE de um edifício de comércio e serviços de acordo com o tipo de edifício e a sua situação.

**Quadro 4: Métodos para determinação do IEE de um edifício de comércio e serviços de acordo com o tipo de edifício e a sua situação**<sup>20</sup>

Tipo de edifício	Método	Novo	Existente	Grande intervenção
Pequeno edifício de comércio e serviços (PES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Simulação dinâmica multizona ou cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)
Grande edifício de comércio e serviços (GES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
GES sujeito a PRE, com medidas de melhoria no sistema de climatização e/ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
GES sujeito a PRE sem medidas de melhoria no sistema de climatização ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Cálculo anual simples	Não aplicável

A Portaria nº349 – D/2013<sup>20</sup> especifica quais as características dos programas creditados para as simulações dinâmicas e determina o cálculo do método do consumo efetivo.

#### 3.2.2.4. Valor máximo do IEE

Os edifícios de comércio e serviços novos, em licenciamento, devem apresentar um Indicador de Eficiência Energética Previsto ( $IEE_{pr}$ ) inferior ou igual ao Indicador de Eficiência Energética de Referência ( $IEE_{ref}$ ).<sup>20</sup>

Os edifícios de comércio e serviços novos sujeitos a grande intervenção devem apresentar um  $IEE_{pr}$  inferior ou igual ao  $IEE_{ref}$ , majorado em 50%.<sup>20</sup>

Os indicadores previstos ou reais serão comparados com os indicadores de referência ( $IEE_{ref}$ ), calculados para funcionamento real, mas com soluções de referência, de forma a se poder avaliar o desempenho energético do edifício (Figura 8).<sup>21</sup>

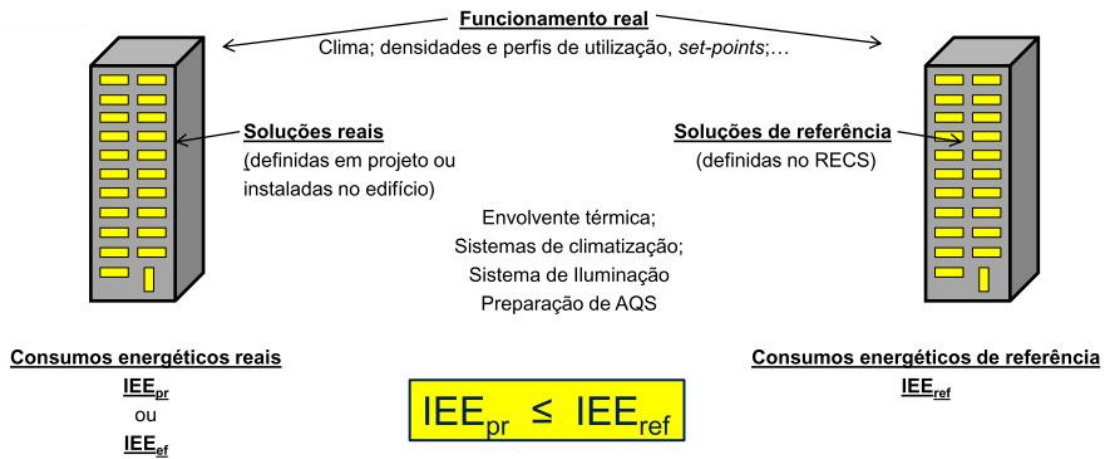


Figura 8 : Esquemática da relação entre os IEE<sup>21</sup>

### 3.2.3. Indicador de energia primária

Como referido anteriormente, a reformulação do EPBD obriga à utilização de um indicador numérico de utilização de energia primária.<sup>5</sup>

Segundo a Federation of European Heating Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA), o indicador de energia primária resume toda a energia exportada e importada em um único indicador. O indicador de energia primária [9] é calculado a partir da energia importada e exportada, e respetivos fatores de energia primária nacionais associados [10].<sup>22</sup>

$$EP_p = \frac{E_{p,nren}}{A_{net}} \quad [9]$$

$$E_{p,nren} = \sum_i (E_{del,i} \times f_{del,nren,i}) - \sum_i (E_{exp,i} \times f_{exp,nren,i}) \quad [10]$$

Em que:

$EP_p$  – Indicador de energia primária [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ];

$E_{p,nren}$  – Energia primária não renovável [ $kWh/ano$ ];

$E_{del,i}$  – Energia importada no local ou nas proximidades, por um vetor energético i [ $kWh/ano$ ];

$E_{exp,i}$  – Energia exportada no local ou nas proximidades, por um vetor energético  $i$  [kWh/ano];

$f_{del,nren,i}$  – Factor de energia primária não renovável para a energia importada, por vetor energético  $i$ ;

$f_{exp,nren,i}$  - Factor de energia primária não renovável para a energia exportada, por vetor energético  $i$  (é igual ao  $f_{del,nren,i}$  caso não seja definido de outra forma na legislação nacional);

$A_{net}$  – Área útil de pavimento, calculada de acordo a regulamentação nacional [ $m^2$ ].

Repare-se que esta definição de indicador de energia primária (indicada pela REHVA) é muito semelhante ao indicador de desempenho energético da regulamentação portuguesa, mencionado no ponto anterior.

Na determinação do indicador de energia primária, convencionou-se que a energia exportada é subtraída à energia importada, de modo a que o indicador seja mais elevado quanto maior for a necessidade de energia primária do edifício. Deste modo, é desejável que o valor do indicador seja o menor possível.<sup>7</sup>

Segundo a REHVA, se o objetivo principal da análise for expressar a utilização de combustíveis fósseis, ou de outras fontes de energia não renováveis, poluentes, deve ser utilizado o fator de energia primária não-renovável. De facto, aquando do cálculo do indicador de energia primária, por definição, utilizam-se os fatores de energia primária não renovável.<sup>7</sup>

Fator de energia primária não renovável (segundo a EN 15603:2008): é excluída a componente de energia proveniente de fontes renováveis. A porção de origem renovável da energia entregue, é considerada como contribuição nula para a utilização de energia primária. Consequentemente, para um vetor energético renovável, o fator de energia primária não-renovável é inferior à unidade (idealmente zero).<sup>7</sup>

### 3.2.4. Indicador de emissões de CO<sub>2</sub>

O indicador de emissões de dióxido de carbono ( $I_{CO_2}$ ) [11], fornece informação adicional sobre as consequências do uso de energia, relativamente às emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. A utilização deste indicador não é obrigatória pela Diretiva EPBD<sup>5</sup>, mas complementa os indicadores de desempenho energético e o de energia primária.<sup>18</sup>

De forma análoga à expressão da energia primária, a massa de CO<sub>2</sub> emitida é determinada para cada vetor energético separadamente, a partir da energia importada e da energia exportada, tal como se verifica na expressão:<sup>7</sup>

$$I_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{A_{pav,útil}} = \frac{\sum_i(E_{imp,i} \times K_{imp,i}) - \sum_i(E_{exp,i} \times K_{exp,i})}{A_{pav,útil}} \quad [11]$$

Em que:

$I_{CO_2}$  – Indicador de emissões de CO<sub>2</sub> [ $kg\ CO_2/m^2 \cdot ano$ ];

$m_{CO_2}$  - Massa de dióxido de carbono total emitida para atmosfera [ $kg\ CO_2/ano$ ]

$A_{pav,útil}$  – Área útil de pavimento [ $m^2$ ];

$E_{imp,i}$  - Massa de CO<sub>2</sub> emitida pela energia importada, por um vetor energético i [ $kg\ CO_2/ano$ ];

$E_{exp,i}$  - Massa de CO<sub>2</sub> emitida pela energia exportada, por um vetor energético i [ $kg\ CO_2/ano$ ];

$K_{imp,i}$  - Coeficiente de emissão de CO<sub>2</sub> para a energia importada, por um vetor energético i [ $kg\ CO_2/kWh$ ];

$K_{exp,i}$  - Coeficiente de emissão de CO<sub>2</sub> para a energia exportada, por um vetor energético i [ $kg\ CO_2/kWh$ ].

Em Portugal, o Despacho nº15793 - D/2013 define os fatores de conversão de energia primária para as emissões de CO<sub>2</sub>, por vetor energético, associadas ao consumo de energia nos edifícios (Quadro 5).<sup>17</sup>

**Quadro 5 : Fatores de conversão de energia primária para as emissões de CO<sub>2</sub>**<sup>17</sup>

Fonte de energia	Fator de conversão [ $kgCO_2/kWh$ ]
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás Natural	0,202
GPL canalizado (propano)	0,170
GPL garrafas	
Renovável	0,0

### 3.2.5. Rácio de Energia Renovável (RER)

Torna-se interessante incluir este indicador, não exigido pela Diretiva EPBD<sup>5</sup>, no âmbito de uma avaliação NZEB, pois na sua determinação são tidas em conta todas as contribuições de energias renováveis.<sup>22</sup> Tais como, a energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia eólica, energia hídrica, energia renovável capturada a partir de fontes de calor do meio ambiente por bombas de calor, combustíveis renováveis e energia renovável off-site.<sup>7</sup>

O rácio de energia renovável (RER) [12] é expresso pela razão entre o consumo de energia primária de origem renovável e o consumo de energia primária total.<sup>22</sup>

$$RER_p = \frac{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (f_{del,tot,i} - f_{del,nren,i}) E_{del,i}}{\sum_i E_{ren,i} + \sum_i (E_{del,i} f_{del,tot,i}) - \sum_i (E_{exp,i} f_{exp,tot,i})} \quad [12]$$

Onde:

$RER_p$  – Rácio de energia renovável baseado na energia primária total;

$E_{ren,i}$  – Produção de energia renovável no local ou proximidades, para o vector energético i [kWh/ano];

$f_{del,tot,i}$  – Factor de energia primária total, para a importação de energia através do vector i;

$f_{del,nren,i}$  - Fator de energia primária não renovável, para a importação de energia através do vector i;

$f_{exp,tot,i}$  - Factor de energia primária total, para a exportação de energia através do vector i;

$E_{del,i}$  – Energia importada no local ou proximidades através do vector energético i [kWh/ano];

$E_{exp,i}$  - Energia exportada no local ou proximidades através do vector energético i [kWh/ano].

Fator de energia primária total (segundo a EN 15603:2008): é contabilizada toda a energia despendida para entregar a energia ao ponto de utilização, incluindo a energia proveniente de fontes renováveis. Consequentemente, o fator de energia primária total excede sempre a unidade.<sup>7</sup>

### 3.3. Fronteira do sistema

Com este subcapítulo pretende-se clarificar, de modo sintético, as expressões "quase nulas" e "nas proximidades" utilizadas na definição de NZEB que vigora na

regulamentação portuguesa e europeia. Como anteriormente mencionado, a Diretiva EPBD deixa uma propositada subjetividade na sua definição de NZEB.<sup>13</sup>

A fronteira do sistema é uma combinação de uma fronteira de balanço, a qual define as utilizações de energia que devem ser consideradas no balanço, e de uma fronteira física, a qual estabelece quais são os sistemas de geração local.<sup>7</sup>

### 3.3.1. Fronteira de balanço

A fronteira de balanço define quais as utilizações de energia que devem ser consideradas na avaliação do desempenho energético de um edifício. Muitos autores aconselham a contabilizar toda a energia utilizada nos edifícios.<sup>7</sup>

Em relação ao quadro geral para a metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios, a EPBD, Anexo I (ponto 3), lista as principais utilizações finais a serem contabilizadas, tais como, o aquecimento, a água quente para uso doméstico, o arrefecimento, a ventilação e a iluminação (em especial no sector não residencial).<sup>5,13</sup> Ficam fora desta lista, utilizações de energia como eletrodomésticos, tomadas, transportes domésticos (elevadores, escadas rolantes, etc.), não entrando no balanço.<sup>7</sup>

A não obrigatoriedade da contabilização destas utilizações está associada à incerteza do gasto energético por estes dispositivos, pois o perfil de consumo de cada utilizador variar muito. Ainda mais difícil se torna incluir estes dispositivos no balanço aquando a fase de projecto.<sup>7</sup>

Uma forma mais rigorosa de cálculo, será incluir no balanço utilizações de energia que não ocorrem na fase operacional, como por exemplo, a energia incorporada em materiais e sistemas técnicos do edifício. O fabrico das diversas tecnologias de conversão de energia renovável, exige a utilização de uma quantidade significativa de energia não renovável, isto é, embora os sistemas de energia renovável instalados no edifício, sejam capazes de converter energia primária proveniente de fontes de energia renovável em energia útil, é necessária uma determinada quantidade de energia de origem não renovável para construí-los. Por exemplo, o material isolante e os painéis fotovoltaicos necessitam de uma considerável energia na sua concepção.<sup>7</sup>

### 3.3.2. Fronteira física

A fronteira física define quais as áreas que devem ser consideradas, e como devem ser tratadas no balanço energético. Existem três tipos de fronteiras físicas: fronteira de utilização de energia, fronteira do lote de terreno (*building site*) e fronteira de “proximidade” (*nearby*).<sup>7</sup>

### 3.3.2.1 Fronteira de utilização de energia

A fronteira de utilização de energia define todas as áreas associadas ao edifício, tanto no interior do edifício como no seu exterior, onde é utilizada ou produzida energia, excluindo os sistemas técnicos do edifício que convertem energia proveniente de fontes renováveis disponíveis no local. Estão incluídos na fronteira de utilização de energia, todos os sistemas técnicos do edifício que utilizam vetores energéticos importados da infraestrutura energética, ou vetores energéticos renováveis produzidos localmente (*on-site*). Sistemas técnicos do edifício, que convertem energia proveniente de fontes renováveis, mas que exijam importação de energia também são incluídos. Por exemplo, uma caldeira a biomassa, converte energia proveniente de fonte renovável, mas é necessário importar a biomassa.<sup>7</sup>

### 3.3.2.2 Fronteira do lote de terreno (*building site*)

A fronteira do lote de terreno é a extensão da anterior que inclui os sistemas técnicos do edifício que convertem energia proveniente de fontes renováveis; basicamente esta fronteira é útil porque estabelece o que é considerado geração de energia localmente e o que não é. São exemplos de sistemas de geração renovável os coletores solares, painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas ou hidroelétricas, entre outros.<sup>7</sup>

Considerando o exemplo de um painel fotovoltaico instalado no telhado de uma habitação:<sup>7</sup>

- Caso se considere que a fronteira do lote de terreno é a envolvente do edifício, o painel fotovoltaico não será considerado um sistema local, uma vez que se encontra localizado exteriormente ao espaço delimitado pela fronteira;
- Se a fronteira do lote de terreno for alargada e considerar-se toda a propriedade do edifício, o painel fotovoltaico será considerado um sistema local.
- Caso se considere que a fronteira é toda a propriedade do dono do edifício, qualquer instalação ou investimento em sistemas de energia renovável financiado pelo proprietário pode ser contabilizado no balanço, mesmo que não esteja numa área associada ao edifício. No entanto, a energia produzida por um sistema renovável instalado num espaço anexo ao edifício, mas que seja propriedade de um terceiro não poderá ser contabilizada no balanço (por exemplo, um investidor aluga uma área associada a um edifício e instala o seu sistema fotovoltaico, explorando-o de forma independente, consequentemente esta energia produzida não entra no balanço).

### 3.3.2.3 Fronteira de proximidade (*nearby*)

A fronteira de proximidade (designada de “*nearby boundary*”) é uma extensão da anterior, definida numa base nacional para incluir a produção de energia renovável nas proximidades que está contractualmente ligada ao edifício.<sup>7</sup>

A ligação contratual de uma unidade de produção de energia ao edifício, exige a disponibilidade de legislação nacional, que permite ligar a nova capacidade de produção renovável ao edifício com um contrato a longo prazo. Um exemplo que se insere neste âmbito são as redes urbanas de aquecimento ou arrefecimento, em que caso exista uma produção descentralizada nas proximidades, o proprietário de um edifício pode ligá-lo, contractualmente, às redes urbanas. Assim, os fluxos energéticos entre a unidade e o edifício poderão ser tratados da mesma forma que os fluxos energéticos *on-site*.<sup>7</sup>

Estes sistemas são raros em Portugal. No entanto, existe no Parque das Nações, em Lisboa, uma rede de distribuição urbana de frio e calor, cuja energia é produzida através de uma central de trigeração de alta eficiência. O conceito de trigeração consiste na produção simultânea de três formas de energia final – frio, calor e eletricidade – a partir de uma fonte de energia primária, neste caso o gás natural. A eletricidade é produzida numa turbina a gás, cujos gases de escape são recuperados, dando origem a água gelada e água quente.<sup>23</sup>

A Figura 9 sistematiza os vários tipos de fronteiras do sistema, mencionados anteriormente.

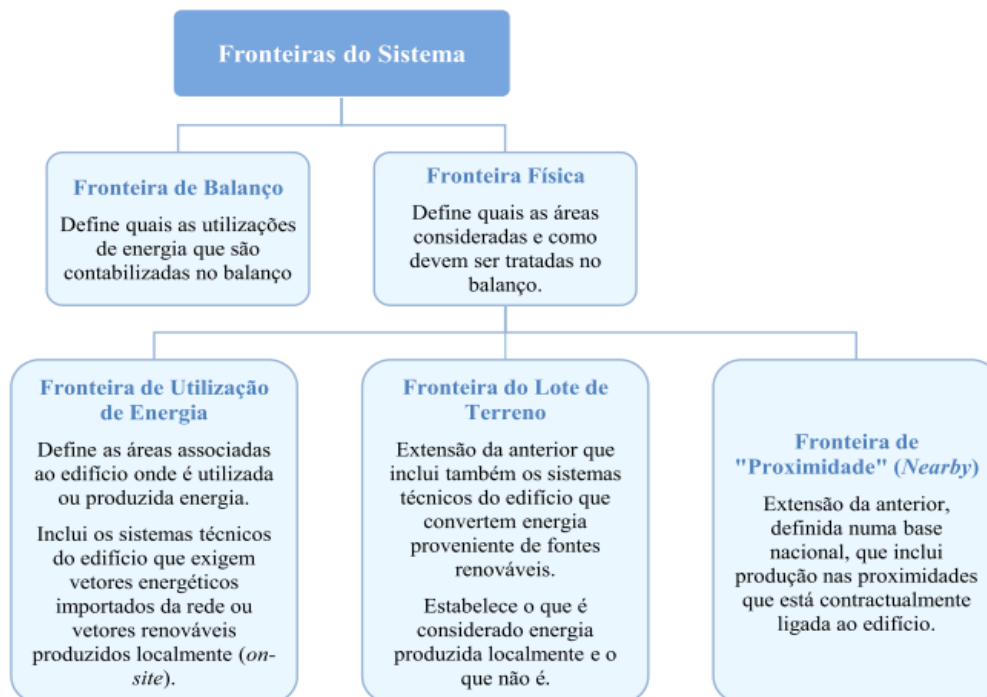


Figura 9: Fronteiras do sistema a considerar para avaliação do desempenho energético de edifício<sup>7</sup>



## 4. Caso de Estudo – Edifício de Serviço em Vila Nova de Gaia

### 4.1. Caracterização do edifício

A caracterização do edifício foi elaborada com base em peças desenhadas do projeto de arquitetura, no certificado energético (Anexo V – Certificado energético do edifício) emitido em 2011, com recurso a imagens do Google Earth® e a uma visita presencial ao edifício.

#### 4.1.1. Localização e Zonamento climático

O edifício em estudo (Figura 10) é um grande edifício de serviços e está situado na Rua José Pereira Araújo, Vila Nova de Gaia. Embutido em uma zona habitacional, o edifício é rodeado de edifícios praticamente em todas as orientações, com exceção do lado Este, onde existem pequenas edificações, mas também uma área verde. Dispõe de um espaço exterior, vedado para o parque automóvel, e 2 pequenas oficinas. Está implantado numa zona urbana a 81 m de altitude e com uma distância de 2,8 km da costa marítima.<sup>24</sup>



Figura 10: Localização do edifício de estudo e limites do lote de terreno (fonte: Google Maps)

Este edifício possui um certificado energético emitido a 12 de maio de 2011, antes da nova regulamentação de 2013, em que é atribuída à zona climática um I2 e V1-Norte. À luz da nova regulamentação, definida pelo Despacho nº154793 - F/2013, o edifício pertence ao NUTS III (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) do Grande Porto e os parâmetros de zonamento climático são I1 e V2.<sup>24,25</sup>

#### 4.1.2. Descrição da arquitetura

O edifício detém uma área bruta de 3614 m<sup>2</sup> dividida por 6 pisos, um subterrado e os restantes acima do solo. O edifício pode separar-se em 2 blocos, A e B (ver Figura 11), visto que são independentes em todos os pisos, com exceção do piso térreo que faz a ligação destes. O bloco B e A possuem idades diferentes, sendo o bloco B mais antigo e o bloco A mais recente.

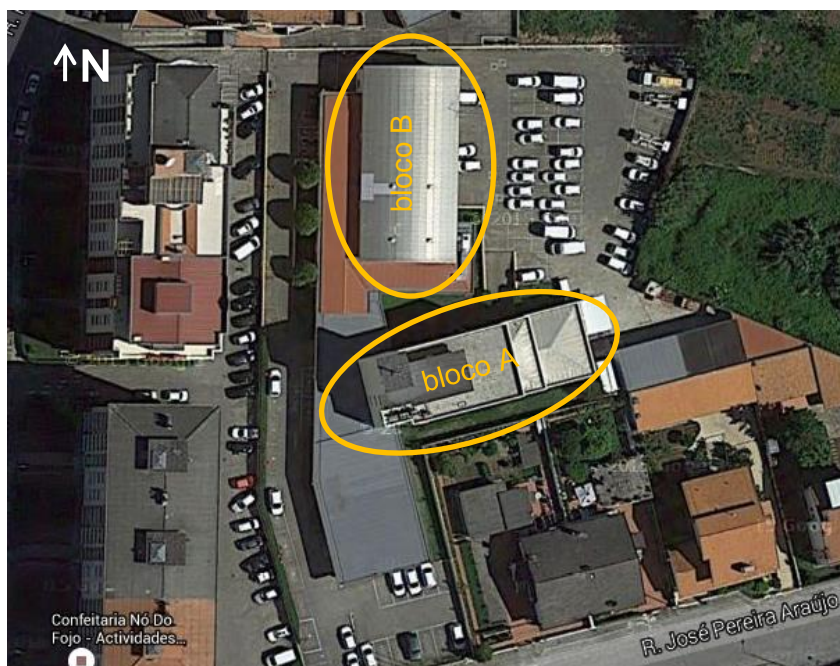


Figura 11: Identificação dos blocos (fonte: Google Maps)

O piso -1, constituído por 2 caves distintas (sem ligação entre elas), é destinado a salas de arquivo, armazém, áreas técnicas, estacionamento automóvel e balneário. O piso 0 é o maior piso do edifício, com uma área habitável de 800 m<sup>2</sup>, dividida entre utilização administrativa (674 m<sup>2</sup>) e armazém (126 m<sup>2</sup>). Toda a área destinada à utilização administrativa no edifício é assegurada por pequenos gabinetes, exceto um espaço, no piso 0, no lado Sul, que se poderá designar como “open space”. Do piso 0 ao piso 4 as áreas vão sendo progressivamente mais pequenas. O pé direito médio do edifício é de 3,18 m.

Do piso 1 para os pisos suprajacentes, volta a ser evidente a existência dos 2 blocos individualizados (à semelhança do piso -1), mas com um fator comum, o fim a que se destinam ambos os espaços: função administrativa através de gabinetes. Ao nível do piso 2, passa a existir apenas o bloco A, que contribui com mais gabinetes. No piso 3 encontra-se uma sala de reuniões, rodeada por um terraço. O piso 4 destina-se apenas a uso técnico.

### 4.1.3. Envolvente exterior e interior

Como anteriormente mencionado, o edifício possui fachadas orientadas nas 4 direções. A entrada principal fica na fachada virada a Oeste, que confronta com edifícios multifamiliares de 7 pisos acima do solo, o mesmo sucede no lado Norte. Quanto à fachada Sul confrontam edifícios bifamiliares de 2 pisos, este tipo de edificação, e uma área de pequena vegetação cercam a fachada Nascente do edifício em estudo.

A envolvente opaca está caracterizada no certificado energético. Para a determinação de valores físicos foram adotadas soluções simplificadas sugeridas pelo ITE 54 e pela nota técnica NT-SCE-01. Estes dados estarão aproximados da realidade, acreditando na recolha da melhor informação ao dispor do perito qualificado, seja nas evidências constatadas em auditoria ou em peças desenhadas e escritas, do edifício.

O coeficiente de transmissão térmica superficial máximo admissível, presente no certificado energético, diz respeito à regulamentação anterior. Esta informação é relevante na caracterização, para distinguir se os elementos opacos são exteriores ou interiores em zona corrente.

#### 4.1.3.1. Paredes

**Parede Exterior 30** (elemento exterior) –  $U=1,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=1,48$ . Parede exterior simples, de 30 cm, sem isolamento. Coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,444 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,676 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Parede Interior 10** (elemento interior) –  $U=2,2$ . Parede de separação com espaços interiores não aquecidos, simples, de 10 cm, sem isolamento. Coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,455 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Parede Interior 18** (elemento interior) –  $U=1,7$ . Paredes de separação com espaços interiores não aquecidos, simples, de 18 cm, sem isolamento. Coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,306 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,588 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Parede Interior 30** (elemento interior) –  $U=1,1$ . Paredes de separação com espaços interiores não aquecidos, simples, de 30 cm, sem isolamento. Coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,33 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,909 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Parede Interior 10** (elemento exterior) –  $U=2,2$ . Parede de separação com espaços interiores não aquecidos, simples, de 10 cm, sem isolamento. Coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,455 \text{ m}^2\text{C/W}$ .<sup>24,26-30</sup>

#### 4.1.3.2. Coberturas

**Cobertura Pesada Horizontal** –  $U=2,60 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=3,51$ . Cobertura plana composta por: 1) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,8775 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,285 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 2) caixa de ar com 50 cm de espessura e resistência térmica de  $0,160 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 3) placa de gesso com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,03 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ .

**Cobertura Pesada Horizontal** –  $U=2,60 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=3,51$ . Cobertura plana composta por: 1) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,8775 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,285 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,015 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ .<sup>24,26-30</sup>

#### 4.1.3.3. Pavimentos

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,15 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,015 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,15 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ;

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,13 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,012 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^{20}\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento exterior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,012 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,015 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento exterior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,012 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 3) caixa-de-ar com 50 cm de espessura e resistência térmica de  $0,16 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 4) placa de gesso com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,03 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,012 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,015 \text{ m}^2\text{C/W}$ .

**Laje Genérica Pesada** (elemento exterior) –  $U=3,10 + 35\%$  (majoração existência de pontes térmicas planas) -  $U=4,18$ . Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica de  $0,15 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 2) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de  $1,045 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e resistência térmica  $0,239 \text{ m}^2\text{C/W}$ ; 3) argamassa e reboco

tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C e resistência térmica 0,015 m<sup>2</sup>C/W.

**Laje Genérica Pesada** (elemento interior) – U=3,10 + 35% (majoração existência de pontes térmicas planas) - U=4,18. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,045 W/m°C e resistência térmica 0,239 m<sup>2</sup>C/W; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C e resistência térmica 0,015 m<sup>2</sup>C/W.

**Laje Genérica Pesada** (elemento exterior) – U=3,10 + 35% (majoração existência de pontes térmicas planas) - U=4,18. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (calculado simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,045 W/m°C e resistência térmica 0,239 m<sup>2</sup>C/W; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C e resistência térmica 0,015 m<sup>2</sup>C/W.<sup>24,26-30</sup>

#### 4.1.3.4. Vãos envidraçados

**Vão envidraçado com caixilharia (metálico) de cor intermédia; vidro simples (4 mm)** – U=5,70 W/m<sup>2</sup>C. Proteção interior com estore veneziano de lâminas metálicas de cor intermédia. Fator solar de 0,58.

**Vão envidraçado com caixilharia (metálico) de cor intermédia; vidro duplo com caixa-de-ar (4/6/4 mm)** – U=3,54 W/m<sup>2</sup>C. Proteção interior com estore veneziano de lâminas metálicas de cor intermédia. Fator solar de 0,61.<sup>24</sup>

#### 4.1.4. Sistemas de climatização

A produção de energia térmica no edifício é garantida por:

- Sistema de expansão direta do tipo não centralizado, constituído por equipamentos *split* (instalados no bloco B)
- Sistema de expansão direta centralizado do tipo “Variable Refrigerant Volume” (VRV) (instalados no bloco A)

Distribuição de energia térmica (calor ou frio):

- Tubagem em cobre isolada na qual circula o fluido frigorigéneo, que asseguram a interligação entre as unidades exteriores e interiores, utilizadas nos 2 tipos de sistemas (*splits* e VRV).

Difusão de energia térmica (calor e frio):

- Espaços climatizados por equipamentos de tipo *split* são usadas unidades do tipo mural.
- Espaços climatizados por sistemas VRV são usadas unidades do tipo cassete e do tipo consola.

Características dos equipamentos do tipo *split*:

- Potência frigorífica total – 79,96 kW
- EER Ponderado – 2,75
- Potência calorífica total – 85,85 kW
- COP – 3,35
  
- Potência frigorífica – 5 kW
- EER Ponderado – 2,75
- Potência calorífica – 6 kW
- COP – 3,25

Características dos sistemas do tipo VRV:

- Modelo – RSXY10GY1
- Sistema VRV a 2 tubos da Marca Daikin®
- Potência frigorífica – 57,6 kW
- EER – 3,97
- Potência calorífica – 63 kW
- COP – 4,34
  
- Modelo – RSGX08GY1
- Sistema VRV a 2 tubos da Marca Daikin®
- Potência frigorífica – 69 kW
- EER – 4,03
- Potência calorífica – 75 kW
- COP – 4,38

#### 4.1.5. Sistema de iluminação

Os tipos de lâmpadas existentes no edifício, tanto no interior como exterior, são:

- Lâmpadas fluorescentes
  - Tubulares
    - Ferromagnético

- Eletrónico
  - Compactas
    - Lâmpadas de descarga de iodó metálicos

Regista-se uma grande predominância das lâmpadas fluorescentes tubulares de balastro eletrónico, em relação às de mais elencadas. No certificado energético, em Anexo, consta com exatidão o número de lâmpadas assim como a sua potência.

#### 4.1.6. Sistema de Águas Quentes Sanitárias (AQS)

Consideraram-se os seguintes sistemas de produção de AQS:

Termoacumulador elétrico:

- Rendimento - 70%
- Potência disponível - 8,81 kW

Termoacumulador elétrico:

- Rendimento - 70%
- Potência disponível – 5,28 kW

#### 4.1.7. Outros equipamentos

Existe um equipamento elevatório servindo todos os pisos do edifício. A sua alimentação elétrica é feita a partir do Quadro da Casa das Máquinas existente no último piso. Este elevador tem uma potência de 6400 W.

Consideraram-se no edifício os pequenos equipamentos referidos no Quadro 6, mas que são afetos a consumos não desprezáveis:

Quadro 6: Equipamentos eléctricos presentes no edifício

<b>Equipamento</b>	<b>Número de equipamentos existentes</b>	<b>Potência de cada equipamento [W]</b>
<i>Computadores</i>	48+35+4	100
<i>Portáteis</i>	17+16	20
<i>Impressoras laser</i>	11+15+2	400
<i>Monitores CRT</i>	4+3	100
<i>Monitores LCD</i>	59+53+5	35
<i>Bastidores</i>	5	600
<i>Bastidores</i>	3	400
<i>Fotocopiadoras</i>	1+3	1000
<i>Plotter´s</i>	3+3	300
<i>Mini Frigoríficos</i>	3	500
<i>Máquina de lavar loiça</i>	1	2500
<i>Microondas</i>	1	1300
<i>Forno</i>	1	3500
<i>Cafeteira</i>	1	600

#### 4.1.8. Horário de funcionamento do edifício

O edifício tem um horário de funcionamento compreendido entre as 8 horas e as 18 horas nos dias úteis, encerrando aos fins-de-semana. No entanto tem segurança 24 horas por dia.

De referir que a maioria dos seus ocupantes é de cariz sazonal, pois a maior parte dos trabalhadores desempenham tarefas exteriores ao edifício.

## 4.2. Análise do consumo energético do edifício

O edifício pertence à classe energética C, atribuído pelo mais recente certificado energético resultado da auditoria de 2011. São apresentados consumos relativos a cada conjunto de equipamentos:

- Consumo anual global: 283587 kWh/ano;
- Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento: 13099 kgep/ano;
- Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento: 11480 kgep/ano;

- Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício: 28024 kgep/ano;
- Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de AQS: 2835 kgep/ano;
- Consumo nominal estimado de energia primária para atividade do elevador: 1207 kgep/ano;
- Consumo nominal estimado de energia primária para a atividade dos restantes equipamentos: 40297 kgep/ano.

## 5. Modelação do edifício

### 5.1. Revit® e Insight 360

O software Revit BIM ® foi desenvolvido especificamente para Modelação de Informação da Construção (BIM), incluindo recursos para projeto de arquitetura e de engenharia MEP (Sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos). O Revit® é por isso, um aplicativo que suporta um fluxo de trabalho de BIM, desde o conceito até à construção.<sup>31</sup>

BIM (Figura 12) é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. BIM é um conjunto de informações do empreendimento desde a conceção inicial até à demolição, com colaboração integrada das diversas partes do projeto (construtor, arquitetos, engenheiros, proprietário, etc.), favorecendo uma coordenação entre todas as disciplinas intervenientes em um projecto.<sup>32</sup> BIM é uma ideia que se serve de um modelo de programa de computador para simular a construção e operação de um empreendimento. BIM usa um conceito inteligente e paramétrico de uma representação digital de uma construção onde podemos gerar informação que possa ser utilizada para tomar decisões e melhorar o processo de construção.<sup>33</sup>

Para além da modelação 3D, os BIM acrescentam uma quarta dimensão (4D) que será o fator tempo, que insere um cronograma do ciclo de vida do empreendimento, estratificando o modelo por fases de execução da construção e permitindo uma melhor percepção da obra em determinado momento. Ainda se pode falar de uma quinta dimensão (5D) que serão os custos associados da obra, esta capacidade agiliza os processos de orçamentação. O potencial dos BIM permite ainda outras dimensões, sobretudo a nível de simulações e cálculo.<sup>34</sup>

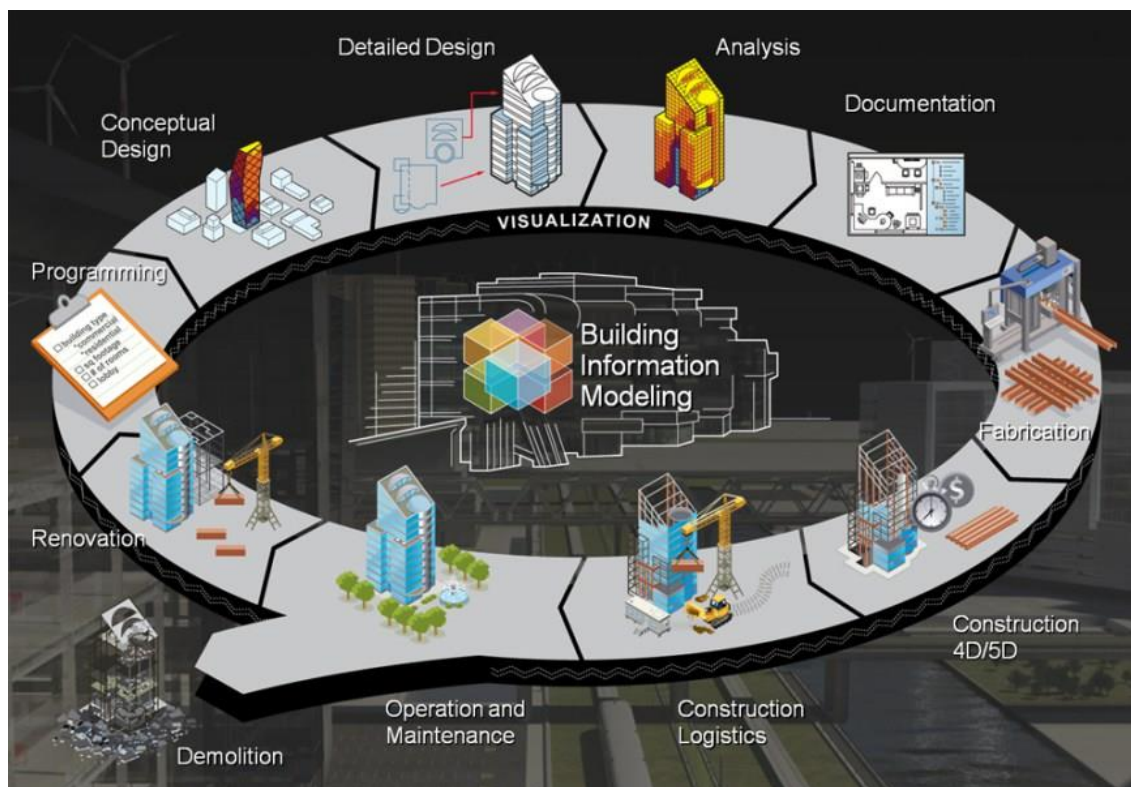


Figura 12: Funções do BIM<sup>34</sup>

Atualmente, o software Revit® é uma ferramenta multidisciplinar com inúmeras aplicações. A modelagem 3D paramétrica e a interoperabilidade são algumas das suas características essenciais. A modelagem 3D paramétrica trabalha com elementos paramétricos que contêm informação anexa aos mesmos, como é exemplo o tipo de materiais que os compõem e as suas propriedades físicas. Qualquer alteração feita em uma vista 3D, cortes, planta ou mesmo em uma tabela é automaticamente atualizado em todas as outras vistas e perspetivas do projeto. Com informação agregada pelos componentes paramétricos torna-se possível criar, com atualizações automáticas, tabelas com especificações, quantidades e custos de matérias. Também todos os objetos se relacionam entre si, por exemplo, se for apagada uma parede onde esteja contida uma janela, este último componente é apagado igualmente e de forma automática das vistas e perspetivas criadas no modelo. Esta característica previne incompatibilidades no projeto e entre diferentes especialidades.

Outra funcionalidade que o Revit® pode desempenhar é a renderização de vistas, ou seja, tem a capacidade de gerar imagens realistas de qualquer parte do modelo, representando os materiais e objetos utilizados.

Para o objetivo deste documento importa mencionar a ferramenta que o Revit possui para simulação energética. Com base no modelo construído, e através do

simulador energético suportado pelo Autodesk Green Building Studio, é possível estimar custos de utilização de um edifício. Em 2014, a Autodesk lançou o EnergyPlus Cloud™, um serviço de simulação que usa recursos on-line para paralelizar com as simulações do EnergyPlus. Mais recentemente foi lançado o Insight 360, reforçando a ligação do Revit com o Energy Plus.<sup>35</sup>

O Insight 360 permite visualizar a radiação solar sobre várias superfícies do edifício e a produção da energia fotovoltaica, além disto, ainda faz uma análise da iluminação. O Insight 360 também aproveita o poder de EnergyPlus para simular cargas dinâmicas de aquecimento e de arrefecimento nos diversos espaços. Calcula, no imediato, o desempenho do edifício apresentando os custos da energia por unidade de superfície, fazendo o ajuste das várias possíveis características do edifício, como por exemplo, sombreamento das janelas, eficiência da iluminação, painéis solares ou mesmo do sistema de climatização.<sup>31</sup>

## 5.2. Modelação em 3D

O edifício em estudo foi modelado em 3D através do Revit® (Figura 13). Houve a tentativa de manter as características físicas da envolvente que vêm enunciadas no certificado energético. Também a escolha dos materiais de acabamento foi concordante com os existentes no edifício, de forma a conferir um aspeto mais realista ao modelo. As janelas da fachada frontal (muito características do edifício) foram desenhadas, sendo criado um novo elemento, e adicionadas à família da biblioteca do Revit®.



Figura 13: Modelo 3D do edifício em estudo

A Figura 14 e a Figura 15 são imagens renderizadas do edifício, onde se observa algum do detalhe que o software permite obter, em termos de representação dos materiais.



**Figura 14: Fachada Oeste com painéis em tijoleira**



**Figura 15: Entrada principal**

O próximo conjunto de figuras confronta imagens reais do edifício com imagens renderizadas do modelo criado (Figura 16 à Figura 20).

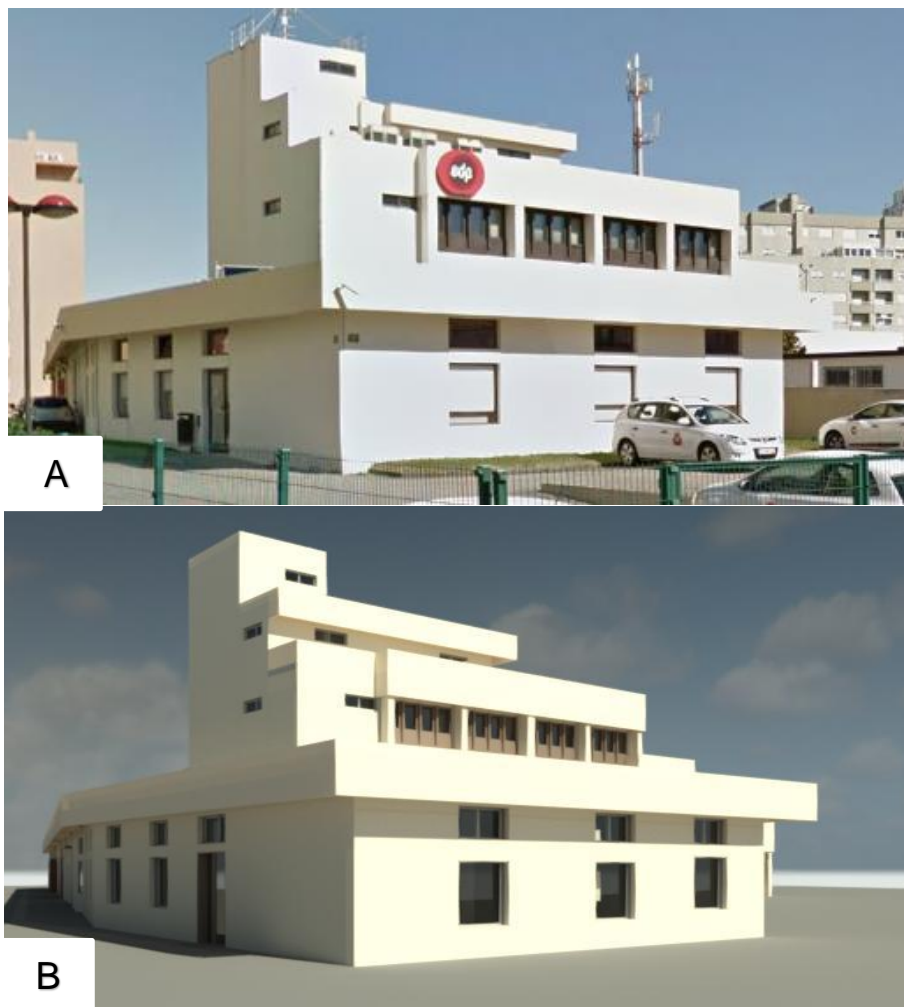


Figura 16: Vista de esquina sudoeste; A: vista real (Fonte: Google Maps); B: Imagem renderizada



Figura 17: Vista Sul; A: vista real (Fonte: Google Maps); B: Imagem renderizada



A



B

Figura 18: Vista Poente; A: vista real (Fonte: Google Maps); B: Imagem renderizada



A



B

Figura 19: Vista hall de entrada; A: vista real (fonte: Empresa que opera no edifício); B: Imagem renderizada

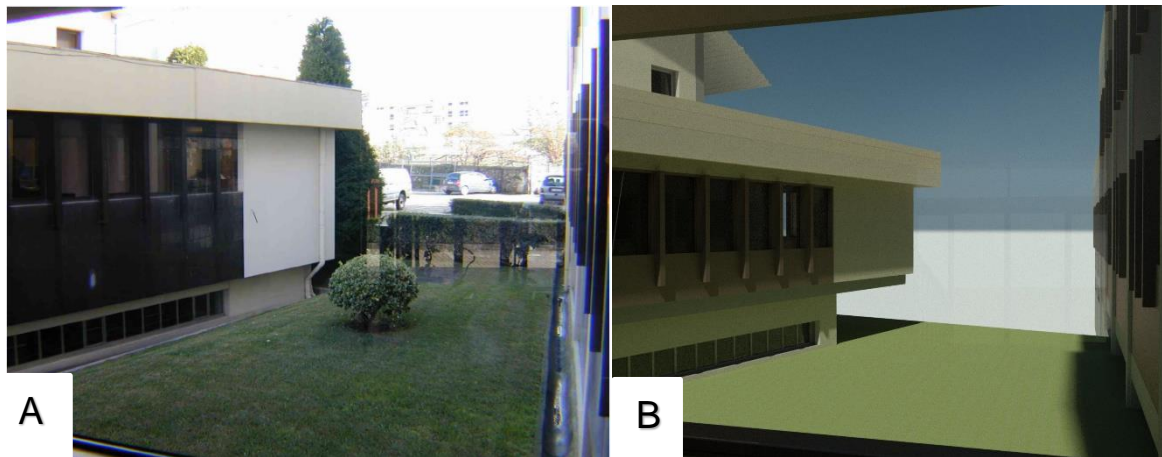


Figura 20: Vista para pátio exterior a partir de vão envidraçado do hall de entrada; A: vista real (fonte: Empresa que opera no edifício); B: Imagem renderizada

### 5.3. Simulação energética na condição atual

A simulação energética do modelo é sustentada pela Autodesk Green Building Studio®. Foram criados espaços analíticos no modelo para possibilitar a simulação energética. A soma de todos os espaços totaliza a área útil do edifício de 2718 m<sup>2</sup>.

No geral, houve um esforço para que as características enunciadas no Certificado Energético e em outras fontes de informação, como peças desenhadas e visita ao local, fossem representadas mais aproximadamente possível na criação do modelo energético. Devido a simplificações usadas pelo programa é presumível que o resultado dos valores de consumos energéticos, provenientes da simulação, varie em relação aos valores reais.

#### 5.3.1. Considerações na base da simulação

##### Elementos da envolvente

Quadro 7: Características dos elementos da envolvente

<i>Elemento</i>	Coefficiente de transmissão térmica “U” [W/m <sup>2</sup> °C]	Espessura [m]
<i>Parede exterior 30</i>	1,48	0,30
<i>Parede interior 10</i>	2,2	0,10
<i>Parede interior 18</i>	1,7	0,18
<i>Parede interior 30</i>	1,1	0,30
<i>Cobertura pesada horizontal</i>	3,51	0,30
<i>Laje Genérica Pesada</i>	4,18	0,30

**Quadro 8 : Características dos vãos envidraçados**

<b>Vão envidraçado</b>	<b>Coefficiente de transmissão térmica “U” [W/m<sup>2</sup>°C]</b>	<b>Fator Solar</b>
<i>Vidro simples</i>	5,90	0,59
<i>Vidro duplo com caixa-de-ar</i>	3,13	0,62

As características térmicas dos vãos envidraçados escolhidos para a simulação diferem um pouco do real, no entanto essa pequena diferença é desprezável em termos de afetação dos consumos globais.

### Localização e Clima

A localização geográfica do modelo (latitude 41,13° e longitude 8,63°) foi especificada através de um serviço de mapeamento on-line que o programa dispõe. Desta forma, é selecionada a estação climática mais apropriada para determinação do clima da zona. Além de afetar as informações sobre o clima, o serviço de localização mede e contabiliza o impacto do carbono inerente da eletricidade fornecida para o edifício.

Nos resultados da simulação (Anexo IV – Resultados da simulação energética do modelo calibrado) estão disponíveis os dados climáticos que influenciam o edifício: a temperatura de bolbo seco, temperatura do ponto de orvalho, humidade relativa, velocidade do vento e direção do vento, radiação normal direta, radiação horizontal global e difusa e cobertura total do céu.

### Ocupação, Iluminação e outras cargas elétricas

Definiu-se que o número de ocupantes que frequentam o edifício é de 105 pessoas. O programa determinou este valor com base na densidade de ocupação padrão inscrito na Norma da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE 62 para a ventilação e qualidade de ar interno aceitável. Na realidade, o número de ocupantes é aproximadamente este. Considerou-se ainda que a ocupação era feita no horário de funcionamento, das 8 horas as 18 horas, nunca passando uma taxa de ocupação de 50%, visto que a maioria dos trabalhadores atua fora do edifício, com presenças curtas em escritório.

Na iluminação atribui-se um valor de 13,67 W/m<sup>2</sup>, tendo por base a potência das lâmpadas existentes e área útil do edifício. Havendo uma ligação entre a iluminação e ocupação do espaço, estabeleceu-se uma taxa de utilização de iluminação variável até

80% dentro do horário de funcionamento. Fora do funcionamento, atribui-se uma percentagem residual que represente a luz noturna existente.

Para a carga dos equipamentos definiu-se uma densidade de carga a rondar os 15 W/m<sup>2</sup>. A determinação deste valor tem como base o somatório das potências de todos os aparelhos que equipam o edifício, com exceção do elevador, pois apresenta uma fraca utilização. Também a utilização dos equipamentos está relacionada diretamente com os ocupantes, assim a taxa utilizada foi de 50% no horário de funcionamento, e 5% fora deste para ser representativa das unidades UPS (unidades ligadas 24 horas por dia).

### Sistema AVAC

Na realidade, uma parte do edifício tem instalado um sistema de climatização centralizado do tipo VRV, e na outra parte possui salas equipadas com *splits*. Por este motivo, elegeu-se no simulador um sistema único que se aproxima dos rendimentos dos aparelhos de climatização reais. Foi definido uma temperatura de aquecimento e arrefecimento, de 20°C e 25°C, respetivamente.

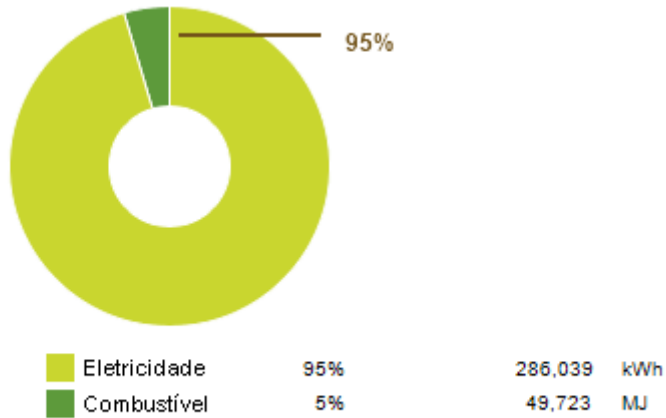
### Águas quentes sanitárias

O programa de simulação ainda não permite seleccionar dispositivos de consumo elétrico para preparação de AQS, assume um gasto em combustível (gás natural). Desta forma, para efeito do cálculo do consumo global anual admite-se que a quantidade de energia consumida proveniente do combustível é a mesma em eletricidade.

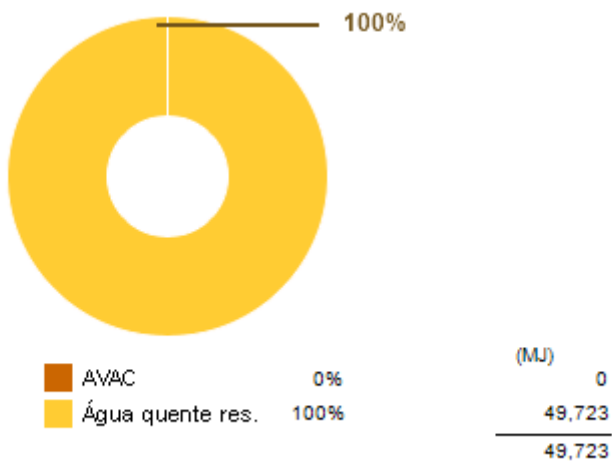
## 5.3.2. Resultados da simulação

O relatório com os resultados da simulação está no Anexo IV – Resultados da simulação energética do modelo calibrado.

O Gráfico 1 traduz o consumo global anual do edifício. Como anteriormente referido, o programa assume a existência de um consumo de combustível (gás natural), que é representado por uma parcela de 5%. Esta quantidade de energia será tida em conta para o consumo global anual sob a forma de eletricidade. O Gráfico 2 revela a utilização desse combustível fóssil: preparação de águas quentes.



**Gráfico 1: Utilização anual de energia**



**Gráfico 2 : Utilização de combustível**

Considerando que o gasto de combustível destinado à preparação das AQS é o mesmo em eletricidade, obtém-se um valor global anual de 299850 kWh. Este valor resulta da soma das parcelas 286039 kWh e 13812 kWh (conversão do consumo destinado à preparação das AQS, ou seja, 49723 MJ em kWh).

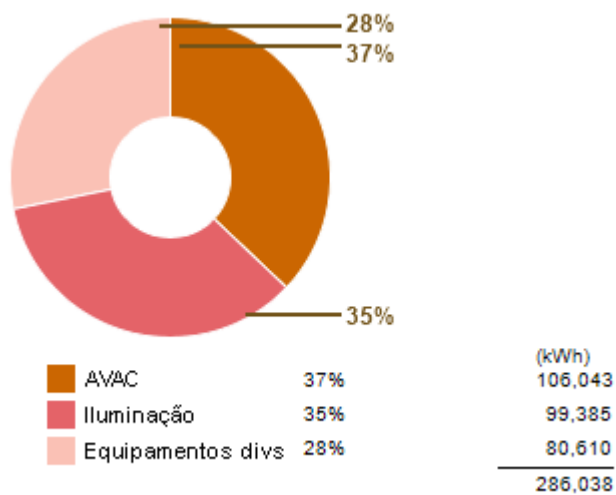
Para que a simulação seja válida, poderá admitir-se um desvio máximo de 10% do valor de consumo anual simulado em relação ao consumo anual real. Considera-se um preço médio da eletricidade de 0,14 €/kWh para efeitos de custo com energia.

**Quadro 9: Percentagem de desvio do modelo energético em relação á realidade**

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Custo anual de energia [€]
<i>Realidade</i>	283587	39702
<i>Simulação</i>	299850	41979
<i>Desvio da realidade</i>	5,73%	

Com um desvio de 5,73% em relação ao consumo real, é possível afirmar que o modelo está calibrado e preparado para se retirar elações válidas, respeitantes às simulações das medidas de alteração que serão propostas neste estudo.

O Gráfico 3 discrimina os consumos repartidos por sectores de utilização final. Nesta representação não está incluída a percentagem destinada à preparação das águas quentes sanitárias.



**Gráfico 3: Utilização da energia (eletricidade) por sector excluindo as AQS**

Em termos mensais, os consumos do modelo calibrado têm a distribuição representada no Gráfico 4.

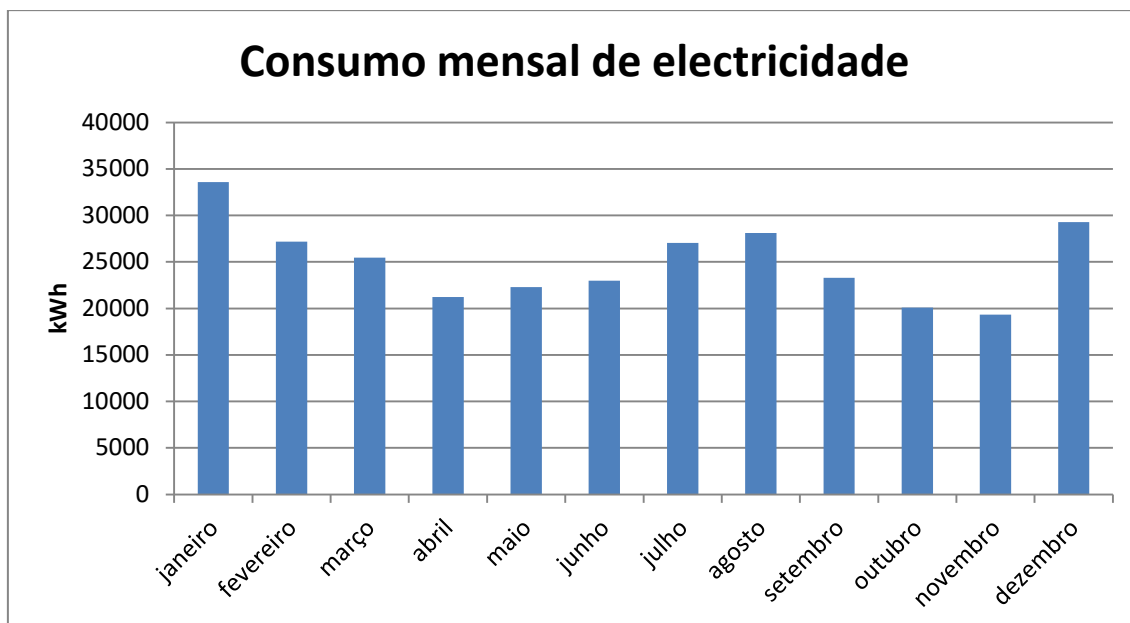


Gráfico 4: Consumos mensais de eletricidade (não inclui o consumo das AQS)

Quadro 10: Determinação do IEE (Indicador de Eficiência Energética)

Sector	Consumo energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Fator de correção climático	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
<i>Iluminação</i>	99385	0,29	-	28821,7	31,99
<i>Equipamentos</i>	80610	0,29	1	23376,9	
<i>Climatização</i>	106043	0,29	1	30752,5	
AQS	13812	0,29	-	4005,48	
<i>Total</i>	299850	-	-	86956,5	

A determinação da classe energética será feita à luz da antiga regulamentação (Decreto Lei 79/2006 de 4 de Abril, RSECE), pois também o certificado energético, em que o estudo se baseia é anterior à nova regulamentação.

Para o cálculo do indicador de eficiência energética (Quadro 10) é necessário converter toda a energia consumida num ano em energia primária (kgep/ano). O fator de conversão utilizado é de 0,29 kgep/kWh.<sup>36</sup> Adota-se um valor de 1,0 para o fator de correção climático, a fim de simplificar a determinação do IEE associados aos processos de aquecimento e de arrefecimento. O fator de correção climático tem o objetivo de minorar os efeitos provenientes da variação do clima ao longo de todo o território nacional.

Seguem-se as expressões que constam do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) e permitem o cálculo do IEE [13]:<sup>36</sup>

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad [13]$$

Em que:

$IEE_I$  – Parcela associada aos processos de aquecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$IEE_V$  – Parcela associada aos processos de arrefecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$Q_{out}$  – Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);

$A_p$  – Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

A parcela  $Q_{out}$  diz respeito ao consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento, onde se incluem os consumos associados, por exemplo, a:

- Iluminação exterior;
- Iluminação de espaços não úteis;
- Sistemas electromecânicos (elevadores, escadas e tapetes rolantes);
- Centrais de bombagem de água potável (hidropressoras), esgotos e incêndio;
- Ventilação de espaços não úteis;
- Equipamentos de frio;
- Produção de AQS.

Por sua vez  $IEE_I$  [14] e  $IEE_V$  [15]:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} \quad [14]$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV} \quad [15]$$

Sendo:

$Q_{aq}$  – Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);

$F_{CI}$  – Fator de correção do consumo de energia de aquecimento;

$Q_{arr}$  – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);

$F_{CV}$  – Fator de correção do consumo de energia de arrefecimento.

E ainda  $F_{CI}$  [16] e  $F_{CV}$  [17]:

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad [16]$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad [17]$$

Em que,

$N_{I1}$  – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência (I1) (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{Ii}$  – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (Ii) (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{V1}$  – Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência (V1) (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{Vi}$  – Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (Vi) (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Como é mostrado no Quadro 10, o  $IEE_{nominal}$  do modelo calibrado é 31,99 kgep/m<sup>2</sup>.ano.

De referir que com o RECS (regulamento atual), a classificação energética deixaria de ser baseada em condições nominais de funcionamento e passaria a ser realizada em condições efetivas (pois o caso em estudo trata-se de um edifício existente), comparando estes consumos, com os consumos de referência. Os consumos reais são obtidos através do funcionamento real com as soluções reais (soluções implementadas para edifícios existentes ( $IEE_{ef}$ )). De salientar, outra diferença introduzida pelo RECS: alteração da unidade do factor de conversão de energia primária, que passa de kgep/kWh para kWh<sub>EP</sub>/kWh.<sup>21</sup> O valor dos fatores estão elencados no ponto 3.1. Fator de energia primário.

Voltando ao âmbito do RSECE, este estabelece as classes energéticas de A+ a G, obedecendo aos seguintes parâmetros:

$IEE_{ref}$  – 35 kgep/m<sup>2</sup>.ano.<sup>36</sup> Os valores do  $IEE_{ref}$  estão definidos por tipologia de edifícios de serviços no Anexo XI do RSECE.

S – 15.<sup>38</sup> Os valores de S estão listados em função da tipologia e encontram-se no Anexo IV do Despacho n.º 10250/2008.

Construiu-se a seguinte tabela, como é indicado no artigo 3º do Despacho n.º 10250/2008 para determinação da classe energética:

**Quadro 11: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do modelo calibrado.**

<b>Classe Energética</b>	<b>Condição a verificar</b>	<b>Limite [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
<i>Atribuição da classe energética:</i>		B-

Analisando o Quadro 11 conclui-se que o modelo calibrado, com um  $IEE_{nom}$  de 31,99 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence à classe B-.

Existe uma divergência em relação ao certificado energético que classifica o edifício como pertencente à classe C. Esta diferença é atribuída ao facto de o certificado energético considerar um  $IEE_{ref}$  de 30,9 kgep/m<sup>2</sup>.ano, enquanto que no presente trabalho são adotados valores tabelados do regulamento (35 kgep/m<sup>2</sup>.ano), para efeitos de classificação energética.



## 6. Proposta de otimização energética do edifício

### 6.1. Medidas de melhoramento

A finalidade da presente dissertação propõe convergir um grande edifício de serviços para NZEB. Deste modo, sugere-se 5 medidas interventivas com o objetivo de alcançar este estatuto.

- Substituição da iluminação para LED
- Substituição de envidraçados
- Melhoria da envolvente opaca
- Instalação de minigeração solar fotovoltaica
- Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização

#### 6.1.1. Substituição da iluminação para LED

Adotar um sistema de iluminação LED constitui uma redução importante no consumo de energia, uma vez que, o sector da iluminação representa uma parte significativa do consumo global do edifício.

O mercado oferece um diversificado conjunto de lâmpadas, assim torna-se útil conhecer as suas principais características:

- O **fluxo luminoso** que produz, ou seja a iluminação que dá, medido em lumen (lm).<sup>39</sup>
- A **eficiência luminosa**, muitas vezes designada por "**rendimento luminoso**" ( $\eta$ ), que é a razão entre o fluxo luminoso (em lúmen) produzido e a energia elétrica (em Watt) consumida pela lâmpada.<sup>39</sup>
- A **iluminância (E)** é a quantidade de luz, ou fluxo luminoso, que incide sobre uma área de unidade de uma superfície. A unidade é o lux (lx). Um lux é igual a um lúmen por metro quadrado (lm / m<sup>2</sup>).<sup>40</sup>
- A gama de comprimentos de onda em que lâmpada emite a radiação (em micron ou em nanómetros).<sup>39</sup>
- Duração (em horas), ou seja, o tempo de vida médio da lâmpada.<sup>39</sup>

Estes parâmetros podem ajudar na escolha da lâmpada mais eficaz para determinado espaço/função, entrando no capítulo da eficiência energética.

Por exemplo, quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. Ou ainda, ter em conta a duração do tempo médio de vida da lâmpada. Os aspetos eficiência

luminosa e vida útil são os que mais contribuem para a eficiência energética de um sistema de iluminação artificial e devem, portanto merecer grande ponderação em situações de reabilitação.<sup>41</sup>

Descrição dos diferentes tipos de lâmpadas existentes no edifício:

- As **lâmpadas fluorescentes tubulares** precisam de um arrancador para funcionar. A maioria pode ser usada com balastro convencional ou eletrônico. As com este último tipo de balastro são mais eficientes.<sup>39</sup> Possuem um período de vida longo (aproximadamente 12 mil horas).<sup>42</sup>

- As **lâmpadas fluorescentes compactas** possuem a mesma tecnologia das lâmpadas fluorescentes tubulares, porém ocupam menos espaço, devido ao seu tamanho reduzido. Muitas destas lâmpadas integram já um balastro eletrônico incorporado. Estas lâmpadas têm um número elevado de horas de utilização, de 6 a 15 mil horas, e estão preparadas para um número elevado de ciclos de ligar e desligar.<sup>42</sup>

- As **lâmpadas de descarga de iodó metálicos** são, usualmente, usadas para iluminação de recintos ou espaços exteriores. Além de ter uma excelente reprodução de cores, é uma fonte de luz branca de boa eficiência disponível no mercado.<sup>41</sup>

Atualmente, o potencial de poupança energética no que respeita a iluminação está na substituição para **lâmpadas LEDs** (díodos emissores de luz). Já existem LEDs com lumens equivalentes às lâmpadas incandescentes e de halogéneo. Estas lâmpadas têm um valor no mercado mais elevado que as lâmpadas fluorescentes compactas, mas, em compensação, o seu período de vida é bastante superior (20 a 45 mil horas em oposição a 6 a 15 mil horas), o que reduz os custos na manutenção da iluminação.<sup>42</sup>

Um bom indicador de eficiência energética para as lâmpadas é o rendimento luminoso ou eficiência luminosa, como referido anteriormente. Em outras palavras, esta grandeza representa a quantidade de “luz” que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo.<sup>41</sup>

- Incandescente – 10 a 15 lm/W <sup>41</sup>
- Halógenas – 15 a 25 lm/W <sup>41</sup>
- Fluorescente tubular – 55 a 75 lm/W <sup>41</sup>
- Fluorescente compacta – 50 a 80 lm/W <sup>41</sup>

- Vapor Metálico – 65 a 90 lm/W <sup>41</sup>
- LEDs – 50 a 100 lm/W <sup>43</sup>

Observando apenas estes valores de rendimentos luminosos (de lâmpadas mais comuns e mencionadas neste documento) pode-se afirmar que as lâmpadas LEDs são a solução mais viáveis do ponto de vista da eficiência energética.

Deste modo, sugere-se uma substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED, mantendo aproximadas as características de iluminância e cor. No certificado energético (Anexo V – Certificado energético do edifício) estão discriminadas todas as lâmpadas existentes no edifício. Verifica-se uma grande predominância de lâmpadas fluorescentes tubulares de balastro eletrónico. O total da potência instalada em iluminação é 37131W. Simplificando, assume-se que todas as lâmpadas existentes no edifício são iguais e obedecem à descrição do Quadro 12 (ficha técnica em Anexo VI – Fichas técnicas dos materiais utilizados). Assim, é possível estimar que existem cerca de 1031 lâmpadas a substituir.

**Quadro 12: Características das lâmpadas fluorescentes tubulares<sup>44</sup>**

<b>L 36 W/954 LUMILUX DE LUXE T8®</b>	
<i>Potência nominal</i>	36 W
<i>Eficiência luminosa</i>	79 lm/W
<i>Fluxo luminoso</i>	2850 lm
<i>Temperatura de cor</i>	5400 K
<i>Comprimento</i>	1200 mm
<i>Diâmetro</i>	26 mm
<i>Soquete (base)</i>	G 13

As características da lâmpada LED escolhida, para se proceder à substituição das existentes, está mencionada no Quadro 13 (ficha técnica no Anexo VI – Fichas técnicas dos materiais utilizados).

**Quadro 13: Características das lâmpadas LED tubulares<sup>45</sup>**

<b>ST8A-HF 18.4 W/865 SubstiTUBE Advanced HF®</b>	
<i>Potência nominal</i>	18,40 W
<i>Eficiência luminosa</i>	125 lm/W
<i>Fluxo luminoso</i>	2300 lm
<i>Temperatura de cor</i>	6500 K
<i>Comprimento</i>	1200 mm
<i>Diâmetro</i>	≈26 mm
<i>Soquete (base)</i>	G 13

O tipo de lâmpada LED foi selecionada tendo em conta as luminárias existentes, para que, desde modo, não fosse imputado custos adicionais para lá da substituição das lâmpadas. A instalação da iluminação LED tem no total uma potência de 18970 W.

### 6.1.2. Substituição de envidraçados

Outra medida que se propõe estudar é a substituição de todos os painéis de vidros existentes por um tipo de vidro de características térmicas substancialmente melhores. Propriedades térmicas que minimizam a condução do calor e os ganhos através da radiação.

A área de vãos envidraçados a intervencionar é de 343 m<sup>2</sup>. A solução que se sugere apresenta-se no Quadro 14 e consiste num vidro com valores de coeficiente de transmissão térmica e fator solar abaixo do existente.

**Quadro 14: Características do vidro duplo<sup>46</sup>**

<b>Vidro SGG COOL-LITE ST 136®</b>	
<i>Composição</i>	6 / 16 / 6 (mm)
<i>Coefficiente U</i>	1,4 W/m <sup>2</sup> .°C
<i>Fator solar</i>	0,28
<i>Gás entre vidros</i>	Ar

O vidro duplo SGG COOL-LITE ST 136® (ficha técnica no Anexo VI – Fichas técnicas dos materiais utilizados) de controlo solar destina-se a varias tipologias de edifícios, incluindo edifícios de escritórios e industriais. Oferece uma larga gama de performances de controlo solar:<sup>46</sup>

- Melhoramento do controlo visual na filtragem da luz;
- Permitem diminuir os custos de climatização na época dos períodos de forte insolação.

### 6.1.3. Melhoria da envolvente opaca

A melhoria da envolvente opaca é mais uma medida que se estuda neste trabalho. Partindo do princípio que as paredes exteriores existentes têm as características enunciadas no certificado energético ( $U=1,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ), a solução a analisar passa por um Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior, mais conhecido pela sigla ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*). O facto de o isolamento ser exterior tem a vantagem de não reduzir a área interior dos espaços e ainda não condicionar a atividade no interior do edifício aquando da sua aplicação.

O sistema ETICS (Figura 21) tem como base de suporte a parede exterior do edifício, e caracteriza-se por um isolamento térmico constituído por placas de poliestireno expandido (EPS), fixas com argamassa-cola (camada de 20 mm) e fixações mecânicas. Depois, revestidas por um reboco base composto por 2 camadas de argamassa-cola (total de 40 mm), incorporando uma armadura (rede de fibra de vidro) e protegido por uma camada de acabamento de ligante orgânico (20 mm).

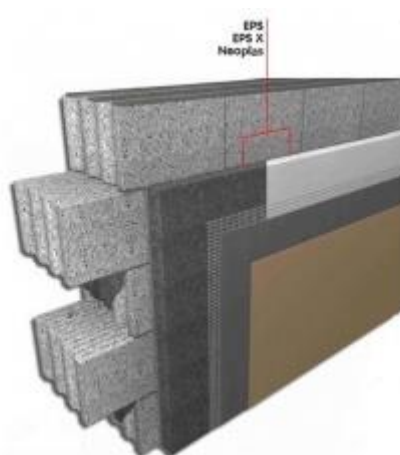


Figura 21: exemplo genérico de um sistema ETICS<sup>47</sup>

A parede externa, onde se aplica o sistema ETICS, tem uma área de  $1557 \text{ m}^2$ . A alteração nas paredes exteriores melhora o coeficiente de transmissão térmica para um valor calculado de  $0,39 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . O Quadro 15 indica das características físicas de cada camada do elemento da nova envolvente, e que estão na base da determinação do valor de  $U$ .<sup>24,29,47</sup>

**Quadro 15: Características da parede melhorada**

<b>Materiais</b>	<b>Condutibilidade térmica [w/m.°C]</b>	<b>Espessura [m]</b>
<i>Suporte base (parede existente)</i>	0,444	0,30
<i>Argamassa-cola</i>	1,3	0,02
<i>EPS</i>	0,038	0,06
<i>Camada base (Argamassa-cola)</i>	1,3	0,04
<i>Camada de acabamento (ligante orgânico)</i>	0,20	0,02
<i>Resistência térmica superficial interior [m<sup>2</sup>.°C/W]</i>	0,13	
<i>Resistência térmica superficial exterior [m<sup>2</sup>.°C/W]</i>	0,04	
<i>Coefficiente de transmissão térmica [W/m<sup>2</sup>.°C]</i>	0,39	

#### 6.1.4. Instalação de um sistema de minigeração solar fotovoltaica

A instalação de um sistema de minigeração solar fotovoltaica constitui a única medida, neste estudo, que entra no balanço global de energia do lado da oferta. O sistema a ser instalado ocupará uma área de 198 m<sup>2</sup> da cobertura plana do piso 0 virada a sul (Figura 22) e praticamente sem existirem obstruções que impeçam a captação de luz solar. Os painéis são constituídos por células fotovoltaicas de silício mono-cristalino com uma eficiência de 13,8%.

A carga que a colocação dos painéis fotovoltaicos acresce na cobertura exerce uma influência desprezável a nível da estrutura do edifício. Porém torna-se importante verificar a força máxima de arrancamento suportada na cobertura devido á acção dos ventos. A instalação da solar fotovoltaica também pode levantar problemas ao nível do conforto dos ocupantes no interior do edifício, pois existe a produção de ruído associado ao inversor do sistema da mineração fotovoltaica.

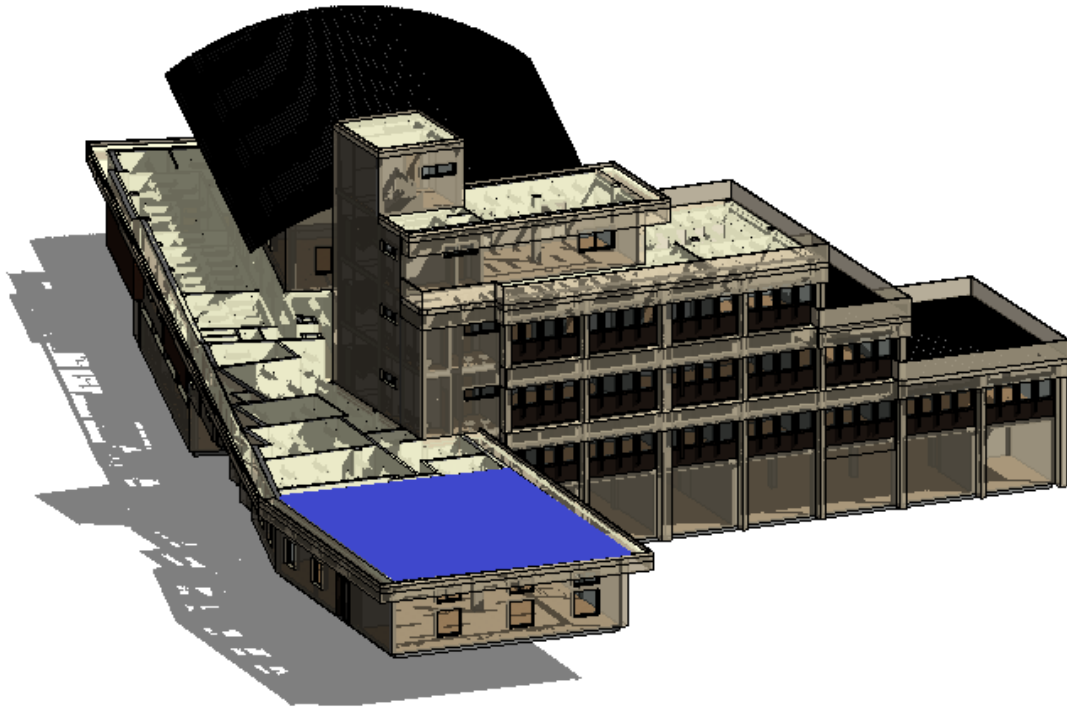


Figura 22: Área ocupada pelas células fotovoltaicas

### 6.1.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização

A última medida proposta compreende o ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização. Submeter os espaços a uma pequena variação na temperatura alvo, constitui uma medida que à partida, não representa necessariamente uma diminuição do conforto dos ocupantes. Mesmo que tal possa acontecer, é possível adotar uma variação progressiva nas temperaturas alvo, para que os ocupantes se adaptem, sem se aperceberem do alcance da temperatura pretendida.

As temperaturas de aquecimento e arrefecimento estão estabelecidas para 20°C e 25°C, respetivamente. Com esta medida, pretende-se regular o sistema de climatização para uma temperatura de 18°C, na estação de aquecimento, e para uma temperatura de 25°C, na estação de arrefecimento, ou seja a temperatura de arrefecimento mantém-se igual.

## 6.2. Medidas simuladas

As medidas descritas no ponto anterior foram alteradas no modelo calibrado com recurso, mais uma vez, ao software Revit®, e posteriormente simuladas. Procede-se à

análise dos resultados obtidos e atribui-se uma classe energética, no sentido de se visualizar melhor o impacto da redução dos consumos, tendo como referencia a escala utilizada no RSECE<sup>36</sup>.

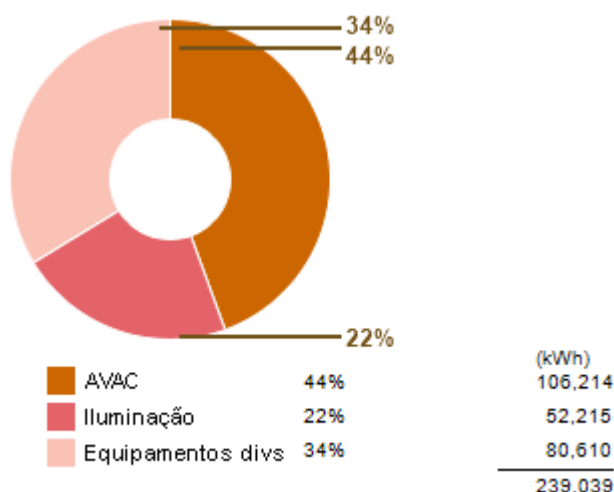
### 6.2.1. Substituição da iluminação para LED

A substituição das lâmpadas por LED tem como consequência direta a redução da potência instalada da iluminação (de 37131 para 18970 W). A nova potência distribuída pela área do edifício resulta numa densidade de iluminação de cerca de 7,00 W/m<sup>2</sup>. O Quadro 16 reflete peso da alteração promovida no edifício.

**Quadro 16: Redução no consumo global de energia após implementação da iluminação LED**

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Redução no consumo [kWh/ano]	Percentagem de redução
<i>Situação inicial</i>	299850	46998	15,67%
<i>Medida implementada</i>	252852		

Com a implementação desta medida, o consumo de energia no sector da iluminação desce de 99385 kWh para 52215 kWh. O Gráfico 5 regista esta descida e demonstra a distribuição da utilização da energia nos diferentes sectores (excluindo as AQS).



**Gráfico 5: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após implementação da iluminação LED**

A nível mensal, a redução no consumo de energia pode ser analisada no Gráfico 6, comparando os consumos mensais do modelo calibrado (situação inicial) e do modelo sujeito às alterações.

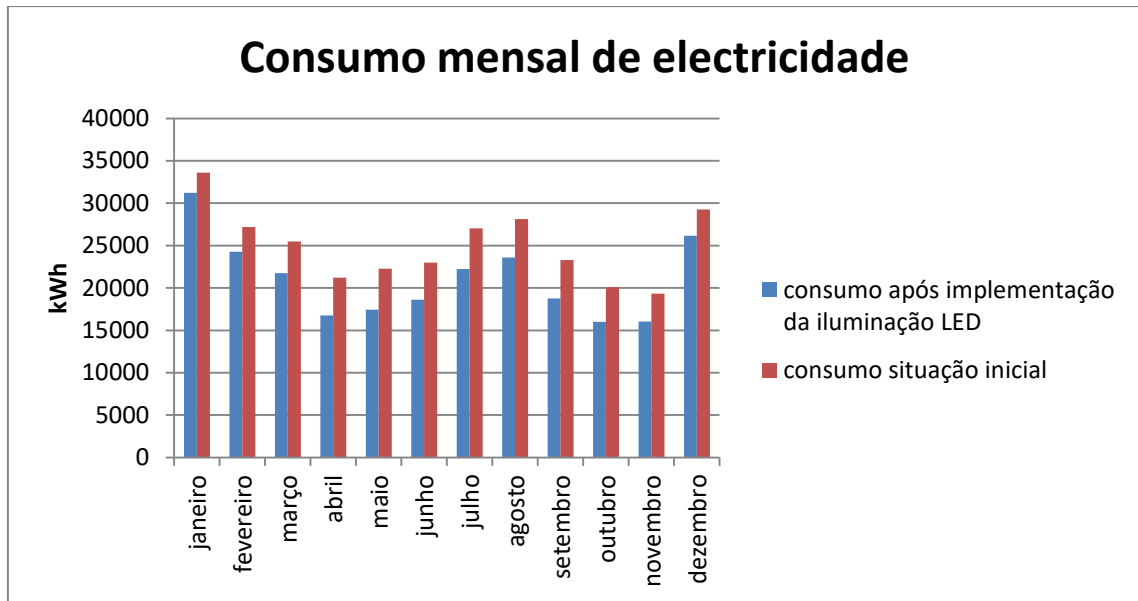


Gráfico 6: Comparação dos consumos mensais na situação inicial e após implementação da iluminação LED

O Quadro 17 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

Quadro 17: Determinação do IEE após implementação da iluminação LED

Sector	Consumo energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Fator de correção climático	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
Iluminação	52215	0,29	-	15142,35	26,98
Equipamentos	80610	0,29	1	23376,9	
Climatização	106214	0,29	1	30802,06	
AQS	13812	0,29	-	4005,48	
Total	252851	-	-	73326,79	

**Quadro 18: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após implementação do sistema LED**

<b>Classe Energética</b>	<b>Condição a verificar</b>	<b>Limite [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
<i>Atribuição da classe energética:</i>		A

Analisando o Quadro 18 conclui-se que o edifício após implementação do sistema LED, com um  $IEE_{nom}$  de 26,98 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence à classe A.

### 6.2.2. Substituição de vãos envidraçados

As características térmicas do vidro duplo a colocar em todos os vãos envidraçados apresenta um coeficiente de transmissão térmica de 1,4 W/m<sup>2</sup>.°C e um fator solar de 0,28. Propriedades térmicas melhores em relação aos vidros existentes no edifício, quer do ponto de vista da condução do calor, quer no transporte de energia por radiação (pelo menos, quando se trata da estação de arrefecimento). O Quadro 19 assinala o impacto que a medida provoca no edifício.

**Quadro 19: Redução no consumo global de energia após substituição de envidraçados**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Redução no consumo [kWh/ano]</b>	<b>Percentagem de redução</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	6212	2,07%
<i>Medida implementada</i>	293638		

Analisando sectorialmente o consumo de energia regista-se uma variação na climatização.

### Utilização de energia: Eletricidade

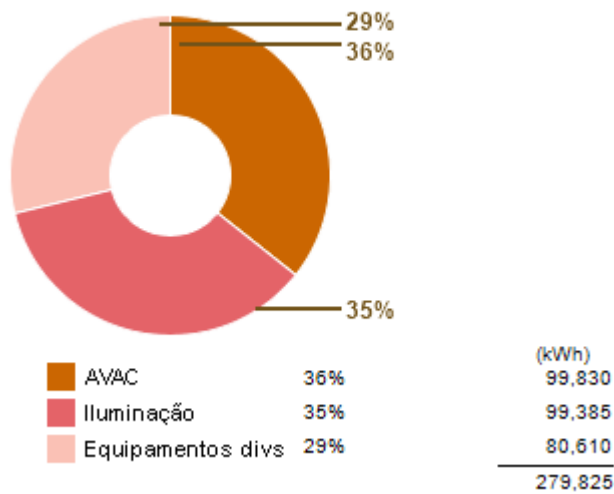


Gráfico 7: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após substituição de envidraçados

A nível mensal, a redução no consumo de energia pode ser analisada no Gráfico 8, comparando os consumos mensais do modelo calibrado (situação inicial) e do modelo sujeito às alterações.

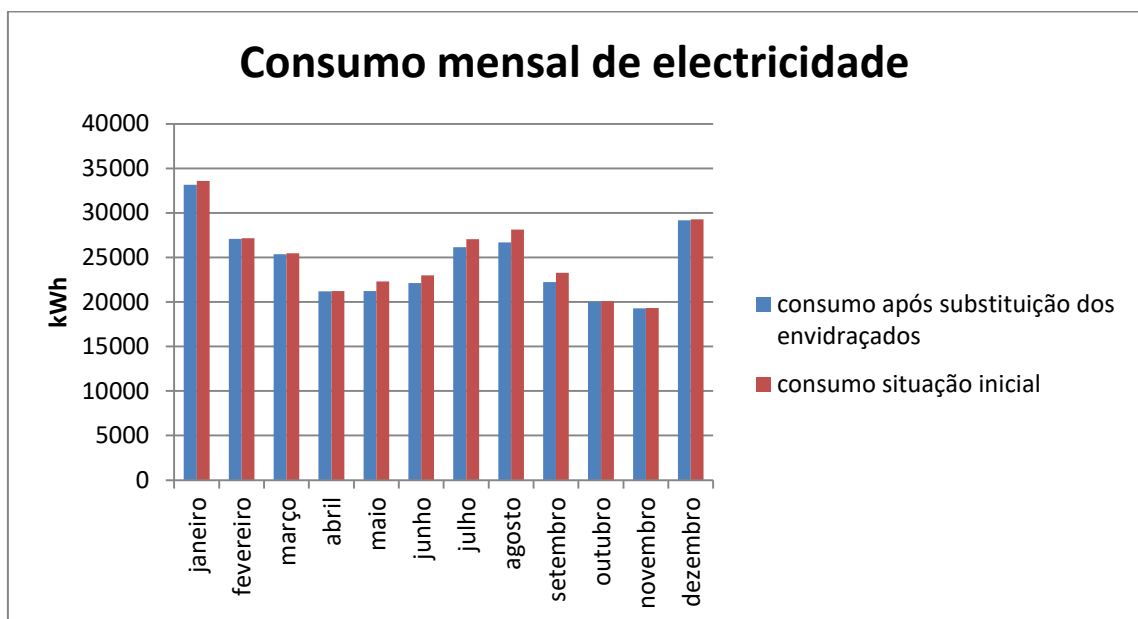


Gráfico 8: Comparação dos consumos mensais na situação inicial e após substituição dos envidraçados

O Quadro 20 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

Quadro 20: Determinação do IEE após substituição dos envidraçados

Sector	Consumo energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Fator de correção climático	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
<i>Iluminação</i>	99385	0,29	-	28821,65	31,33
<i>Equipamentos</i>	80610	0,29	1	23376,9	
<i>Climatização</i>	99830	0,29	1	28950,7	
<i>AQS</i>	13812	0,29	-	4005,48	
<i>Total</i>	293637	-	-	85154,73	

Quadro 21: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após substituição dos envidraçados

Classe Energética	Condição a verificar	Limite (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
<i>Atribuição da classe energética:</i>		B-

Analisando o Quadro 21, conclui-se que o edifício após substituição dos envidraçados, com um  $IEE_{nom}$  de 31,33 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence á classe B-.

### 6.2.3. Melhoria da envolvente opaca

A solução estudada para melhorar as paredes exteriores apresenta um coeficiente de transmissão térmica de 0,39 W/m<sup>2</sup>.°C, alcançado através da conceção de um sistema de ETICS. Recorde-se que o coeficiente de transmissão térmica das paredes existentes é de 1,48 W/m<sup>2</sup>.°C. O Quadro 22 assinala o impacto que a medida provoca no edifício.

Quadro 22: Redução no consumo global de energia após conceção de ETICS

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Redução no consumo [kWh/ano]	Percentagem de redução
<i>Situação inicial</i>	299850	5432	1,81%
<i>Medida implementada</i>	294418		

Comparativamente ao modelo calibrado (situação inicial do edifício), a solução com os ETICS melhora o consumo no sector da climatização.

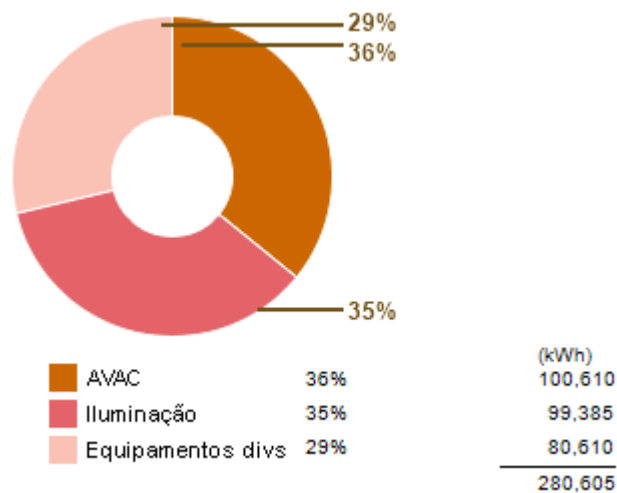
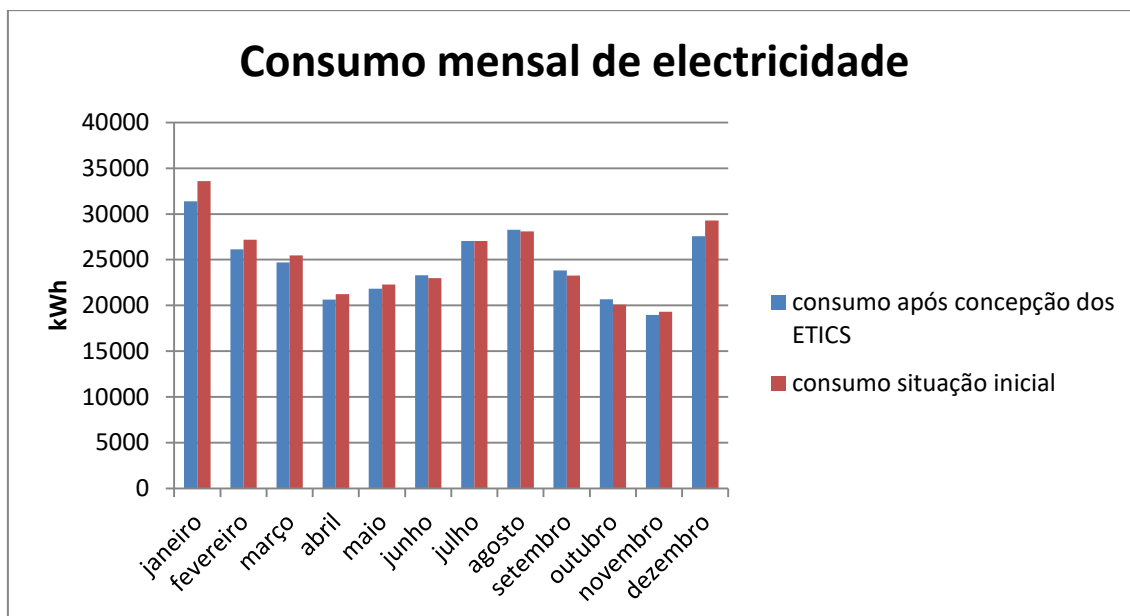


Gráfico 9: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após conceção de ETICS

A nível mensal, a redução no consumo de energia pode ser analisada no Gráfico 10, comparando os consumos mensais do modelo calibrado (situação inicial) e do modelo sujeito às alterações.



**Gráfico 10: Comparação dos consumos mensais na situação inicial e após concepção de ETICS**

O Quadro 23 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

**Quadro 23: Determinação do IEE após concepção de ETICS**

Sector	Consumo energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Fator de correção climático	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
<i>Iluminação</i>	99385	0,29	-	28821,65	31,14
<i>Equipamentos</i>	80610	0,29	1	23376,90	
<i>Climatização</i>	100610	0,29	1	29176,90	
<i>AQS</i>	13812	0,29	-	4005,48	
<i>Total</i>	294417	-	-	85380,93	

Quadro 24: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após conceção de ETICS

Classe Energética	Condição a verificar	Limite [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
Atribuição da classe energética:		B-

Analisando o Quadro 24 conclui-se que o edifício após a conceção de ETICS, com um  $IEE_{nom}$  de 31,41 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence à classe B-.

#### 6.2.4. Instalação de minigeração solar fotovoltaica

Os resultados da produção de energia através de células fotovoltaicas foram obtidos por simulação na ferramenta do Insight 360 (ver Figura 23). O Quadro 25 assinala o impacto que a medida provoca no edifício.

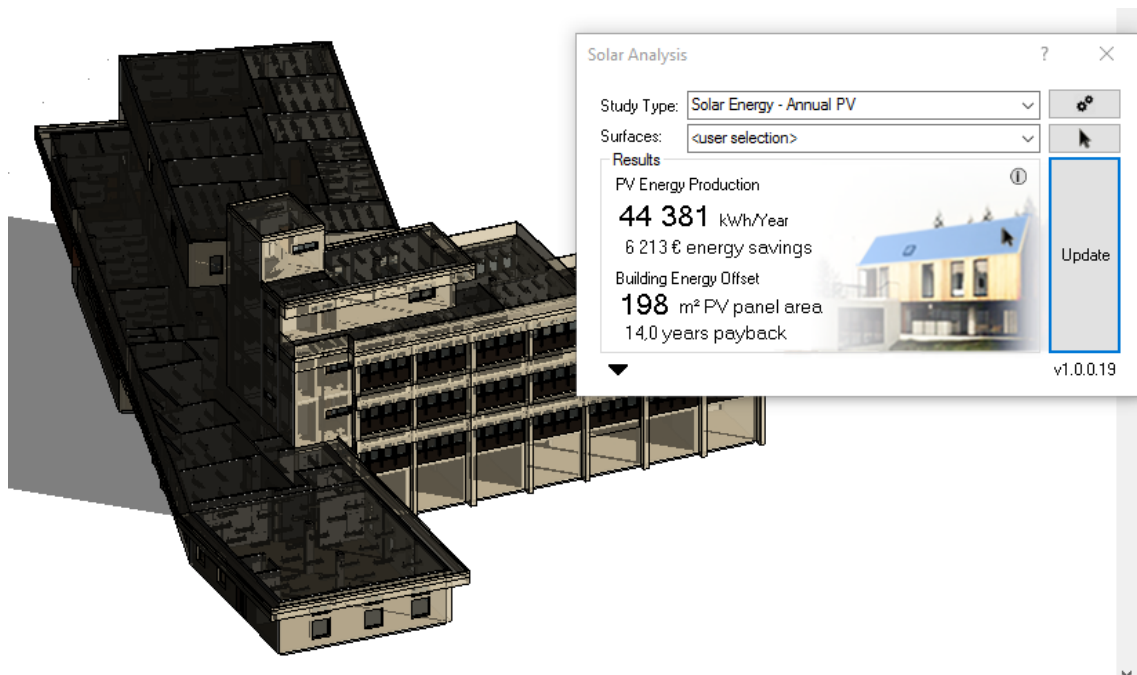


Figura 23: Resultados da simulação (Revit – Insight 360®)

Quadro 25: Redução no consumo global de energia

<b>Consumo global de energia na situação inicial [kWh/ano]</b>	<b>Energia produzida por ano (células fotovoltaicas) [kWh/ano]</b>	<b>Balço global de energia após instalação da minigeração [kWh/ano]</b>	<b>Percentagem de redução</b>
299850	44381	255469	14,80%

O valor de energia produzida por ano através do sistema de minigeração fotovoltaica apresentado na tabela tem em conta a perda eficiência das células no tempo.

O Quadro 26 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

Quadro 26: Determinação do IEE após instalação da minigeração solar fotovoltaica

<b>Balço energético [kWh/ano]</b>	<b>Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]</b>	<b>Energia primária [kgep/ano]</b>	<b>IEE [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
255469	0,29	74086,01	27,26

Quadro 27: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após instalação da minigeração solar fotovoltaica

<b>Classe Energética</b>	<b>Condição a verificar</b>	<b>Limite [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
<i>Atribuição da classe energética:</i>		A

Analisando o Quadro 27 conclui-se que o edifício após instalação das células fotovoltaicas, com um  $IEE_{nom}$  de 27,26 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence à classe A.

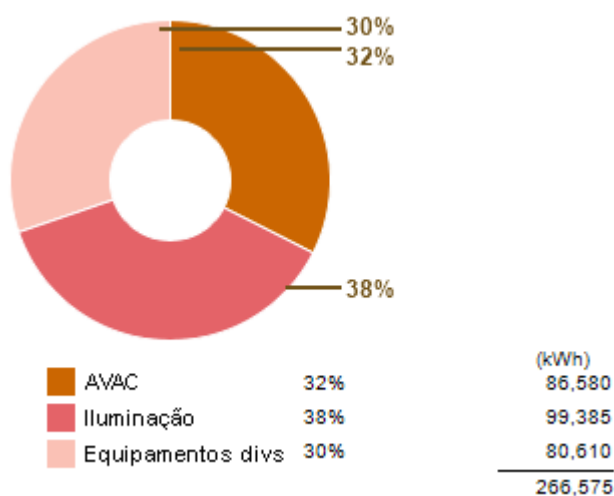
### 6.2.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização

Esta medida consiste na regulação da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização para valores que permitam uma redução imediata no consumo de energia. Assim, procede-se a um ajuste das temperaturas inicialmente estabelecidas (20 e 25°C) para 18°C (temperatura de aquecimento) e mantendo os 25°C (temperatura de arrefecimento). O Quadro 28 assinala o impacto que a medida provoca no edifício.

**Quadro 28: Redução no consumo global de energia após ajuste nos set-points**

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Redução no consumo [kWh/ano]	Percentagem de redução
<i>Situação inicial</i>	299850	19462	6,49%
<i>Medida implementada</i>	280388		

O consumo de energia global sofre uma redução, à custa do sector da climatização, em que ocorre um menor gasto de energia consequente do ajuste da temperatura alvo de aquecimento.



**Gráfico 11: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após ajuste nos set-points**

A nível mensal, a redução no consumo de energia pode ser analisada no Gráfico 12, comparando os consumos mensais do modelo calibrado (situação inicial) e do modelo sujeito às alterações.

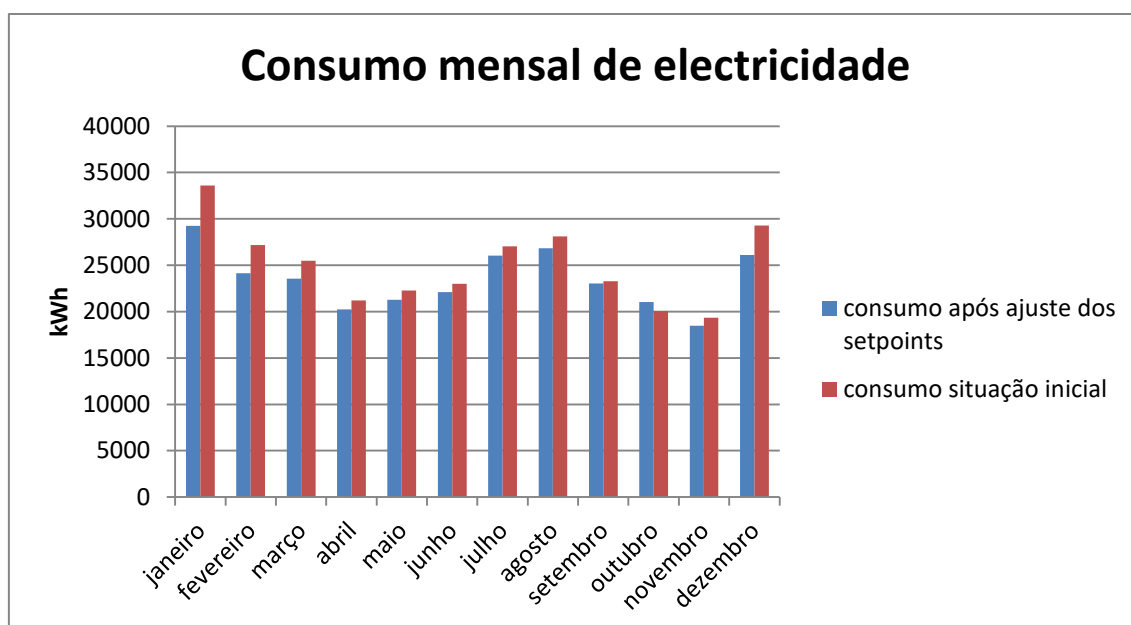


Gráfico 12: Comparação dos consumos mensais na situação inicial e após ajuste nos set-points

O Quadro 29 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

Quadro 29: Determinação do IEE após ajuste nos set-points

Sector	Consumo energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Fator de correção climático	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
Iluminação	99385	0,29	-	28821,65	29,92
Equipamentos	80610	0,29	1	23376,9	
Climatização	86580	0,29	1	25108,2	
AQS	13812	0,29	-	4005,48	
Total	280387	-	-	81312,23	

**Quadro 30: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após ajuste nos set-points**

<b>Classe Energética</b>	<b>Condição a verificar</b>	<b>Limite [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
<i>Atribuição da classe energética:</i>		B

Analisando o Quadro 30 conclui-se que o edifício após ajuste nos set-points, com um  $IEE_{nom}$  de 29,92 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence à classe B.

### 6.2.6. Simulação energética de todas as medidas em simultâneo

Simuladas todas as medidas enunciadas individualmente, neste ponto executa-se uma nova simulação ao modelo, entrando com todas as medidas em simultâneo. O Quadro 31 assinala o impacto que as medidas provocam no edifício.

**Quadro 31: Redução no consumo global de energia após aplicação de todas as medidas**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Redução no consumo [kWh/ano]</b>	<b>Percentagem de redução</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	121912	40,66%
<i>Medida implementada</i>	177938		

A distribuição do consumo pelos principais sectores de utilização de energia tem o aspeto representado no Gráfico 13.

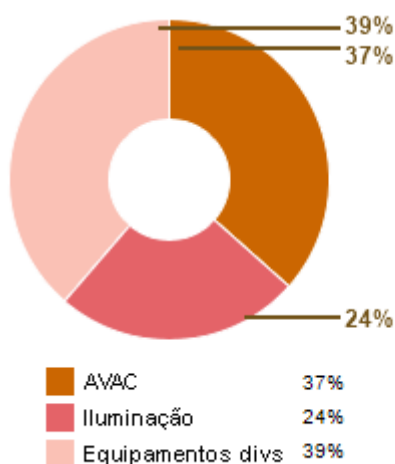


Gráfico 13: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após aplicação de todas as medidas.

O Quadro 32 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificadas anteriormente.

Quadro 32: Determinação do IEE após aplicação de todas as medidas

Balço energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
177938	0,29	51602,02	18,99

Quadro 33: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após aplicação de todas as medidas

Classe Energética	Condição a verificar	Limite [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
Atribuição da classe energética:		A+

Analisando o Quadro 33 conclui-se que o edifício após a aplicação de todas as medidas, com um  $IEE_{nom}$  de 18,99 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence á classe A+.

### 6.3. Viabilidade económica das medidas

As medidas de alteração propostas ao edifício, que se pretende convergir para NZEB, terão de respeitar um critério de viabilidade económica. Critério este referenciado no decreto-lei 118/2013 no artigo que define “edifícios com necessidades quase nulas de energia”

Como, anteriormente referido aplica-se um preço médio da eletricidade de 0,14 €/kWh para efeitos de custo com energia.

#### 6.3.1. Substituição da iluminação para LED

A implementação de uma iluminação LED reduz o custo anual de energia com a variação que se indica no Quadro 34, estimando o Quadro 35, o custo total da substituição das lâmpadas existentes para lâmpadas LED.

**Quadro 34: Custo anual de energia após implementação da iluminação LED**

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Custo anual de energia [€]
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	252852	35399
<i>Diferença de custos</i>	15,67%	

**Quadro 35: Custo de implementação da iluminação LED**

<i>Lâmpada</i>	Quantidade	Custo unitário [€]	Custo total [€]
<i>ST8A-HF 18.4 W/865 SubstiTUBE Advanced HF®</i>	1031	19	19589

Esta medida comporta um investimento de 19598 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 3 anos (ver Quadro 36).

**Quadro 36: Período de retorno do investimento**

	<b>Custo anual de energia</b> [€]	<b>Investimento</b> [€]	<b>Período de retorno</b> [anos]
<i>Situação inicial</i>	41979	-	2,98
<i>Após implementação da iluminação LED</i>	35399	19589	

### 6.3.2. Substituição de vãos envidraçados

A substituição dos vãos envidraçados por um vidro duplo com melhores características térmicas, reduz o custo anual de energia, com a variação que se indica no Quadro 37.

**Quadro 37: Custo anual de energia após substituição de envidraçados**

	<b>Consumo global de energia</b> [kWh/ano]	<b>Custo anual de energia</b> [€]
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	293638	41109
<i>Diferença de custos</i>	2,07%	

O Quadro 38 estima o custo total da substituição dos vãos envidraçados pelo tipo de vidro descrito anteriormente.

**Quadro 38: Custo de substituição dos envidraçados**

<b>Vidro</b>	<b>Quantidade</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Custo unitário</b> [€/m <sup>2</sup> ]	<b>Custo total</b> [€]
<i>SGG COOL-LITE ST 136 ®</i>	343	122	41846

Esta medida comporta um investimento de 41846 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 48 anos (ver Quadro 39)

**Quadro 39: Período de retorno do investimento**

	<b>Custo anual de energia</b> [€]	<b>Investimento</b> [€]	<b>Período de retorno</b> [anos]
<i>Situação inicial</i>	41979	-	48,10
<i>Após substituição dos envidraçados</i>	41109	41846	

### 6.3.3. Melhoria da envolvente opaca

A melhoria da envolvente opaca, resultante da aplicação de um sistema ETICS com as características enunciadas anteriormente, reduz o custo anual de energia com a variação que se indica no Quadro 40.

**Quadro 40: Custo anual de energia após conceção do sistema ETICS**

	Consumo global de energia [kWh/ano]	Custo anual de energia [€]
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	294418	41219
<i>Diferença de custos</i>	1,81%	

O Quadro 41 estima o custo total da aplicação de um sistema ETICS na parede existente.

**Quadro 41: Custo do sistema ETICS**

<i>ETICS</i>	Quantidade [m <sup>2</sup> ]	Custo unitário [€/m <sup>2</sup> ]	Custo total [€]
<i>Argamassa-cola + EPS + Camada base + Acabamento</i>	1557	50	77850

Esta medida comporta um investimento de 77850 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 102 anos (ver Quadro 42)

**Quadro 42: Período de retorno do investimento**

	Custo anual de energia [€]	Investimento [€]	Período de retorno [anos]
<i>Situação inicial</i>	41979	-	102,43
<i>Após substituição dos envidraçados</i>	41219	77850	

### 6.3.4. Instalação de minigeração solar fotovoltaica

A instalação da minigeração solar fotovoltaica proporciona uma oferta de energia no balanço anual do edifício. O Quadro 43 indica o custo anual de energia e a variação percentual do custo energético, na situação inicial, e após a implementação da medida em questão.

**Quadro 43: Custo anual de energia após instalação da minigeração solar fotovoltaica**

	<b>Consumo global de energia</b> [kWh/ano]	<b>Custo anual de energia</b> [€]
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	255469	35766
<i>Diferença de custos</i>	14,80%	

O Quadro 44 estima o custo total da instalação da minigeração fotovoltaica na área da cobertura representada na Figura 22. Todas as considerações em relação a custos e características técnicas dos painéis foram retirados diretamente do Revit.

**Quadro 44: Custo da instalação da minigeração fotovoltaica**

<b>Minigeração fotovoltaica</b>	<b>Quantidade</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Custo unitário</b> [€/m <sup>2</sup> ]	<b>Custo total</b> [€]
<i>Células fotovoltaicas de silício mono-cristalino</i>	198	440	87120

Esta medida comporta um investimento de 87120 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 14 anos (ver Figura 24, obtida através do software de simulação). O custo do investimento inclui os custos de manutenção dos painéis fotovoltaicos.



**Figura 24: Período de retorno do investimento**

### 6.3.5. Ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização

O ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização reduz o custo anual de energia com a variação que se indica no Quadro 45.

**Quadro 45: Custo anual de energia após ajuste nos set-points**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Custo anual de energia [€]</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	280388	39254
<i>Diferença de custos</i>	6,49%	

Esta medida não tem praticamente custos de investimento, consistindo na reprogramação das temperaturas alvo no sistema de climatização já existente.

### 6.3.6. Combinação de todas as medidas propostas

O conjunto de todas as medidas citadas anteriormente, reduz o custo anual de energia com a variação e custo total que se indica no Quadro 46 e Quadro 47, respetivamente.

**Quadro 46: Custo anual de energia após aplicação de todas as medidas**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Custo anual de energia [€]</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	177938	24911
<i>Diferença de custos</i>	40,66%	

**Quadro 47: Custo de todas as medidas**

<b>Medidas</b>	<b>Custo [€]</b>
<i>Iluminação LED</i>	19589
<i>Substituição de envidraçados</i>	41846
<i>Melhoria da envolvente opaca</i>	77850
<i>Instalação de painéis fotovoltaicos</i>	87120
<i>Ajuste no set-points</i>	-
<i>Todas as Medidas</i>	226405

Estas medidas comportam um investimento de 226405 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 13 anos (ver Quadro 48).

**Quadro 48: Período de retorno do investimento**

	<b>Custo anual de energia [€]</b>	<b>Investimento [€]</b>	<b>Período de retorno [anos]</b>
<i>Situação inicial</i>	41979	-	13,26
<i>Após aplicação de todas as medidas</i>	24911	226405	

#### **6.4. Combinação das medidas: substituição da iluminação para LED, instalação de minigeração solar fotovoltaica e ajuste da temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização**

A necessidade de estudar esta combinação de medidas advém do elevado tempo de retorno calculado para as propostas de substituição dos vãos envidraçados e da melhoria da envolvente opaca, alcançada através de um sistema ETICS. Excluindo estas 2 propostas, executa-se uma nova simulação seguida de uma análise análoga às anteriores situações.

##### **6.4.1. Simulação energética**

O Quadro 49 assinala o impacto que a medida provoca no edifício. A distribuição do consumo pelos principais sectores de utilização de energia tem o aspeto do Gráfico 14.

**Quadro 49: Redução no consumo global de energia após aplicação da medida**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Redução no consumo [kWh/ano]</b>	<b>Percentagem de redução</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	112377	37,48%
<i>Medida implementada</i>	187473		

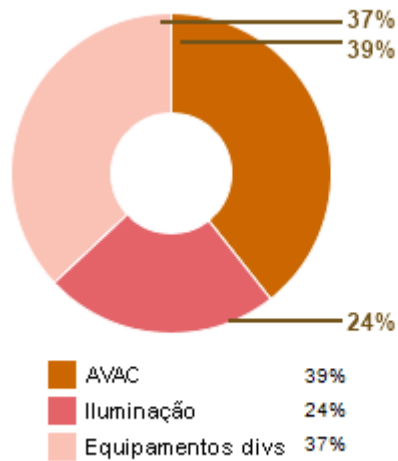


Gráfico 14: Utilização da energia por sector (excluindo as AQS), após aplicação da medida

O Quadro 50 determina o índice de eficiência energética, utilizando fatores e considerações justificados anteriormente.

Quadro 50 : Determinação do IEE após aplicação a medida

Balanco energético [kWh/ano]	Fator de conversão para energia primária [kgep/kWh]	Energia primária [kgep/ano]	IEE [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
187473	0,29	54367,17	20,00

Quadro 51: Intervalos das classes energéticas<sup>38</sup> e classificação do edifício após aplicação da medida

Classe Energética	Condição a verificar	Limite [kgep/m <sup>2</sup> .ano]
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00 \times S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00 \times S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$	
Atribuição da classe energética:		<b>A+</b>

Analisando o Quadro 51 conclui-se que o edifício após aplicação da medida, com um  $IEE_{nom}$  de 20,00 kgep/m<sup>2</sup>.ano, pertence á classe A+.

### 6.4.2. Viabilidade económica

O conjunto das propostas abordadas neste ponto, reduz o custo anual de energia com a variação que se indica no Quadro 52, com estimação de custo total do conjunto das medidas no

Quadro 53.

**Quadro 52: Custo anual de energia após aplicação da medida**

	<b>Consumo global de energia [kWh/ano]</b>	<b>Custo anual de energia [€]</b>
<i>Situação inicial</i>	299850	41979
<i>Medida implementada</i>	187473	26246
<i>Diferença de custos</i>	37,48%	

**Quadro 53: Custo de todas as medidas**

<b>Medidas</b>	<b>Custo [€]</b>
<i>Iluminação LED</i>	19589
<i>Instalação de painéis fotovoltaicos</i>	87120
<i>Ajuste no set-points</i>	-
<i>Todas as Medidas</i>	106709

Esta medida comporta um investimento de 106709 € (IVA não incluído), valor que é compensado ao fim de aproximadamente 7 anos (ver Quadro 54).

**Quadro 54: Período de retorno do investimento**

	<b>Custo anual de energia [€]</b>	<b>Investimento [€]</b>	<b>Período de retorno [anos]</b>
<i>Situação inicial</i>	41979	-	6,78
<i>Após aplicação da medida</i>	26246	106709	

## 7. Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

### 7.1. Conclusão

Tendo como base de fundamentação o caso particular deste estudo, conclui-se que é possível, reabilitando e promovendo algumas alterações, ter um grande edifício de serviços existente, com uma assinalável convergência para NZEB. Mais difícil será afirmar que um destes edifícios alcance um estatuto de NZEB, com investimentos realistas e períodos de retorno razoáveis, assim como um valor de energia renovável aceitável, que responda às necessidades (que deverão ser mínimas). Como referido no início deste documento, a definição de NZEB é pouco objetiva. Desta forma, consideram-se alguns indicadores estabelecidos até ao momento em certos estados da Europa, a fim de classificar o edifício como NZEB ou, pleno menos, com uma forte tendência para esse estatuto.

O cálculo dos consumos energéticos foi realizado através de simulação no software Revit, que recorre a algumas ferramentas do Energy Plus. A modelação do edifício (concebida no Revit), respeita as características térmicas dos materiais descritos no certificado energético. Existiu também o cuidado de respeitar a arquitetura, representando os recortes do edifício, e incluindo alguns elementos no interior como, por exemplo, portas e escadas. Calibrou-se o modelo com o certificado energético, para que os resultados das simulações às medidas introduzidas fossem válidos, ou seja, possibilitando a extrapolação de conclusões. O Quadro 55 representa os resultados obtidos do modelo calibrado (situação inicial), das 5 medidas de alteração promovidas, uma combinação de todas as medidas e, por fim, uma combinação que engloba três das medidas mencionadas.

**Quadro 55: Quadro resumo dos resultados obtidos nas diversas simulações**

<b>Medida Implementada</b>	<b>Balanco Energético [kWh/ano]</b>	<b>IEE [kgep/m<sup>2</sup>.ano]</b>	<b>Variação Redução</b>	<b>Período Retorno [anos]</b>	<b>Classe Energética</b>
<i>Modelo Calibrado</i>	299850	31,99	-	-	B-
<i>Iluminação LED</i>	252852	26,98	15,67%	3	A
<i>Novos vãos envidraçados</i>	293638	31,33	2,07%	48	B-
<i>Sistema de ETICS</i>	294418	31,41	1,81%	102	B-
<i>Minigeração fotovoltaica</i>	255469	27,26	14,80%	14	A
<i>Ajuste nos setpoints</i>	280388	29,92	6,49%	-	B
<i>Todas as medidas</i>	177938	18,99	40,66%	13	A+
<i>Conjunto de 3 medidas: LED, Minigeração e ajuste nos setpoints</i>	187473	20,00	37,48%	7	A+

A substituição das lâmpadas existentes (na maioria lâmpadas fluorescentes tubulares) por lâmpadas LED, protagoniza a maior redução de consumo de energia de entre as medidas individualizadas. Uma variação de 16% no consumo proporciona um salto na classificação energética de B- para A. O investimento em lâmpadas LED é recuperado em menos de 3 anos, o que viabiliza esta medida. Portanto, esta medida

para além de ser muito eficiente em termos energéticos, também se revela muito favorável financeiramente.

A introdução de novos vãos envidraçados, e a instalação de ETICS nas paredes exteriores, constituem duas medidas que se revelaram de pouco interesse. A redução energética de cada medida ronda os 2%, que aliados à necessidade dos elevados investimentos nestas medidas tornam-nas inviáveis economicamente, com retornos de 48 e 102 anos. A classificação energética não se altera em relação ao modelo calibrado, ou seja, permanece na classe B-. Como referido, a conceção de um sistema do tipo ETICS na envolvente opaca, não permite uma redução significativa, pois verifica-se que a parede exterior existente já possui uma boa capacidade isolante. A fraca melhoria na redução energética, no caso dos novos vãos envidraçados, pode ser explicada pela:

- Baixa área de vãos envidraçados em relação à área das paredes exteriores;
- Boa orientação dos vãos envidraçados existentes
- Boa proteção, como é exemplo, os elementos horizontais existentes no recorte do edifício que sombreiam os vãos envidraçados

A instalação da minigeração solar fotovoltaica permite uma classificação energética A para o edifício, e representa 15% do consumo energético anual, com um período de retorno de 14 anos.

O ajuste na temperatura de aquecimento e arrefecimento do sistema de climatização representa uma poupança de, aproximadamente, 7% na fatura energética, e um desempenho energético correspondente à classe B.

O conjunto de todas as medidas possibilita uma redução de 41% no consumo energético, com um período de retorno de todo o investimento em 13 anos. Obteve-se um IEE de 19 kgep/m<sup>2</sup>.ano (ou 65 kWh/m<sup>2</sup>.ano), que assume classe energética A+.

Excluindo as medidas que possuem retornos de investimentos inaceitáveis, estudou-se a hipótese de um conjunto de 3 medidas já mencionadas. Esta combinação possibilita uma redução de 37% no consumo energético, com um período de retorno do investimento em 7 anos (situação mais viável que a anterior). Obteve-se um IEE de 20 kgep/m<sup>2</sup>.ano (ou 69 kWh/m<sup>2</sup>.ano), que assume a mesma classe energética A+.

Em Portugal não está regulamentado, até agora, um valor máximo de energia primária para as reabilitações NZEB, bem como para as novas construções NZEB. Alguns estados europeus definiram um limite máximo para a utilização de energia primária, no entanto, diferentes níveis de ambição fazem com que o valor estabelecido divirja muito entre países. Por exemplo, países como Dinamarca (25 kWh/m<sup>2</sup>.ano), Bulgária (40 a 60 kWh/m<sup>2</sup>.ano), Letónia (95 kWh/m<sup>2</sup>.ano), Eslovénia (100 kWh/m<sup>2</sup>.ano)

e Chipre (125 kWh/m<sup>2</sup>.ano) estabeleceram indicadores de energia primária para edifícios de serviços existentes<sup>13</sup> (consultar tabela do Anexo I – Tabela resumo da BPIE, com a indicação dos principais aspectos das definições nacionais NZEB na UE28 (e Noruega)). O edifício em estudo respeita o limite máximo dos três últimos países citados, mas não se enquadra nos dois primeiros. Assim, o edifício pode ser considerado NZEB se se tomar como referência os indicadores dos países não tão rigorosos. Repare-se que o indicador (em kWh/m<sup>2</sup>.ano) calculado para o edifício após promoção das medidas refere-se à utilização da energia final. Considera-se que o valor de utilização das diferentes energias é próximo, a fim de possibilitar a comparação com os indicadores estabelecidos por outros países anteriormente citados.

## 7.2. Desenvolvimentos Futuros

No edifício em estudo, ainda existe potencial de redução nos consumos de energia, que podem ser explorados em propostas de desenvolvimento futuro:

- Verifica-se que as coberturas do edifício possuem coeficientes de transmissão térmica elevados. A aplicação de uma solução isolante, que fizesse descer o U das coberturas, significaria uma poupança importante. Procedeu-se a uma rápida simulação, para se perceber melhor o potencial desta medida. Um valor a rondar 1 W/m<sup>2</sup>.°C para as coberturas permitiria uma redução de 6%.

- Regista-se uma densidade de potência elevada para os equipamentos. Substituir equipamentos elétricos por similares mais eficientes, constitui um potencial de redução nos consumos energéticos. Em muitos casos, equipamentos menos eficientes também representam ganhos internos, o que na estação de arrefecimento significa um maior gasto de energia por parte da climatização.

- A regulamentação em Portugal não estipula nenhum rácio para a utilização energias renováveis. Tomando o exemplo de outros países europeus, que regulamentaram quotas para a utilização de energia renováveis, o valor de 15% do consumo energético anual do edifício em estudo é insatisfatório. Países como a Hungria ou a Eslováquia estabeleceram que a contribuição de energia obtida através de fontes renováveis deve ser de pelo menos 25% e 50% respectivamente (Anexo II - Visão geral das definições nacionais NZEB (Ecofys)).<sup>14</sup> Tendo em conta as quotas fixadas por estes países, entende-se que é necessário explorar mais o contributo das energias renováveis. Assim sugere-se a colocação de mais painéis fotovoltaicos no

edifício, para além dos utilizados no estudo ou a exploração de outras formas de energia de origem renovável.

- Poderia ser estudado o impacto de soluções mais avançadas tecnologicamente. Como por exemplo, colocação de painéis fotovoltaicos na fachada sul e instalação de um sistema de iluminação DALI (Digital Addressable Lighting Interface) com sensores de luminosidade e de movimento. Outro exemplo seria a integração de materiais com mudança de fase (PCM) nas fachadas ou mesmo nos vão envidraçados. Estes materiais durante o dia armazenam calor, passando do estado sólido para líquido e no período nocturno libertam calor para o interior do edifício, passando novamente para o estado sólido.



## 8. Referências Bibliográficas

1. Global Carbon Project. *Global Carbon Budget 2014*. Vol PowerPoint.; 2014. [http://www.lafranceagricole.fr/r/Publie/FA/p1/Infographies/Web/2014-09-22/93946\\_1.pdf](http://www.lafranceagricole.fr/r/Publie/FA/p1/Infographies/Web/2014-09-22/93946_1.pdf).
2. Conselho da União Europeia. Acordo de Paris sobre as alterações climáticas. <http://www.consilium.europa.eu/pt/policias/climate-change/timeline/>. Accessed September 10, 2016.
3. Ferreira F. COP21. 2015. <http://climaparis.blogs.sapo.pt/o-dilema-do-copo-12964>. Accessed September 10, 2016.
4. ADENE. Implementar Certificação Energética de Edifícios. <http://www.adene.pt/certificacao-energetica-de-edificios>. Accessed January 30, 2016.
5. European Commission. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Off J Eur Union*. 2010;153:13-35. doi:doi:10.3000/17252555.L\_2010.153.eng.
6. Decreto Lei 118/2013. *Diário da República, 1ª série nº 159*. (20 de agosto de 2013):4988-5005.
7. Veiga A. Metodologias para a classificação de edifícios de balanço de energia nulo ( NZEB ) aplicadas a um edifício residencial. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*. 2015.
8. Hormigo J. Manutenção técnica de edifícios. *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*. 2016;(Apresentação).
9. European Commission. Nearly zero-energy buildings. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>. Published 2016. Accessed March 21, 2016.
10. Decreto Lei 194/2015. *Diário da República, 1ª série nº 179*. (14 de setembro de 2015):7899-7921.
11. Cardoso F. Flexibilidade, a evolução natural dos NZEB (Edifícios e Energia). <http://docentes.fct.unl.pt/aelenei/links/flexibilidade-evolucao-natural-dos-nzeb-edificios-e-energia>. Published 2015. Accessed March 23, 2016.
12. Ascenso R. Nearly zero energy buildings O que vai mudar com os NZEB? *Edif e Energ*. 2012. <http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/tema-de-capa-1>.
13. Buildings Performance Institute Europe. *Nearly Zero Energy Buildings in Europe*. Bruxelas; 2015. <http://bpie.eu/publication/nzeb-definitions-across-europe-2015/>.
14. Groezinger J, Boermans T, John A, Seehusen J, Wehringer F, Scherberich M.

- Overview of Member States Information on NZEBs Working Version of the Progress Report - Final Report Overview of Member States Information on NZEBs Working Version of the Progress Report - Final Report.*; 2014.
15. Santiago A, Aelenei D, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Faculdade Nova de Lisboa. Aguardam-se medidas para edifícios com necessidades quase nulas de energia. Ambiente online. <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/daniel-aelenei-fct-medidas-concretas-para-edificios-com-necessidades-quase-nulas-de-energia-precisam-se-c-video>. Published 2015. Accessed May 4, 2016.
  16. Sorasio G, Davies J. *Física Da Energia*. Instituto Superior Técnico; 2006.
  17. Despacho n.º 15793-D/2013. *Diário da República*, 2º Ser Nº234. (3 de dezembro de 2013).
  18. Kurnitski J, Allard F, Braham D, et al. How to define nearly net zero energy buildings nZEB. *REHVA J*. 2012;(May 2011):6-12.
  19. Despacho n.º 15793-J/2013. *Diário da República*, 2º Ser Nº234. (3 de Dezembro):55-57.
  20. Portaria n.º 349-D/2013. *Diário da República*, 1ª série nº233. (2 de dezembro de 2013):40-73.  
<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/12/23302/0004000073.pdf>.
  21. Coelho L. *Edifícios de Comércio E Serviços – O Que Mudou Na Certificação Energética.*; 2014.
  22. Kurnitski J. Technical definition for nearly zero energy buildings - Active House Alliance. *J Fed Eur Heating, Vent Air Cond Assoc*. 2013;50(May-03):22-28.
  23. Climaespaço. A rede de frio e calor do Parque das Nações - Lisboa. 2011.
  24. Coelho J. Certificado de Desempenho Energético E Da Qualidade Do Ar Interior. (12-05-2011).
  25. Despacho n.º 15793-F/2013. *Diário da República*, 2ª série nº234. (3 de dezembro de 2013).
  26. ADENE. NOTA TÉCNICA NT-SCE-01 Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE. (2-04-2009).
  27. Pina C, Rodrigues R. *COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE ELEMENTOS OPACOS DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS Soluções Construtivas de Edifícios Antigos Soluções Construtivas Das Regiões Autónomas (ITE 54).*; 2009.
  28. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006. *Diário da República - I Série - A - nº 67*. (4

- de Abril de 2006):2468-2513.
29. Pina C, Matias L. *COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE ELEMENTOS DA ENVOVENTE DOS EDIFÍCIOS Versão Actualizada 2006 (ITE 50)*.; 2006.
  30. Despacho n.º 15793-E/2013. *Diário da República, 2ª série n.º234*. (3 de dezembro de 2013):14-25.
  31. Autodesk. Revit. <http://www.autodesk.com.br/products/revit-family/overview>. Accessed June 20, 2016.
  32. National Institute of Building Sciences. National BIM Standard-United States. <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>. Accessed June 21, 2016.
  33. Associated General Contractors of America. Building Information Modeling Education Program. <https://www.agc.org/learn/education-training/building-information-modeling-education-program>. Accessed June 21, 2016.
  34. Cardoso A, Maia B, Santos D, Neves J, Martins M. *BIM: O Que É ?*; 2012.
  35. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. EnergyPlus Logo Debuts on Revit Toolbar. 7/12/2015. <http://www.energy.gov/eere/buildings/articles/energyplus-logo-debuts-revit-toolbar?linkId=20337495>. Accessed May 5, 2016.
  36. Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). *Diário da República N.º 67, I série-A*. 2006:2416-2468, Lisboa, Portugal (in Portuguese).
  37. ADENE. Perguntas e Respostas sobre o RSECE – Energia. 2008.
  38. Despacho n.º 10250/2008, de 8 de Abril. Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. *Diário da República N.º 69, 2ª série*. 2008;(m):15550-15556, Lisboa, Portugal (in Portuguese).
  39. Instituto Superior Técnico. Lâmpadas. <http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/lampadas/lampadas.htm>. Accessed December 23, 2015.
  40. Schreder. Iluminância. <http://www.schreder.com/pt-pt/learningcenter/conceitosbasicosdeiluminacao/illuminance>. Accessed July 10, 2016.
  41. Rodrigues P. *Manual de Iluminação Eficiente*. 1.º.; 2002.
  42. Eficiencia Energetica. Iluminação. [http://eficiencia-energetica.com/DetailheConceitos.asp?ID\\_conteudo=79&ID\\_area=3&ID\\_sub\\_area=6](http://eficiencia-energetica.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=79&ID_area=3&ID_sub_area=6). Published 2014. Accessed December 22, 2015.
  43. Silva M. Eficiência dos LEDs x outras fontes. In: *LEDs - Origem, Atualidade, Aplicações E Futuro*. ; 2012:39-52.

44. OSRAM. Ficha técnica do produto L 36 W / 954 Ficha técnica. :1-5.
45. OSRAM. SubstiTUBE Advanced HF | Tubos LED de alto desempenho para balastros eletrónicos de alta frequência Ficha técnica do produto. 2016:1-4. [http://www.osram.pt/osram\\_pt/produtos/lampadas/lampadas-de-led/tubos-de-led/index.jsp](http://www.osram.pt/osram_pt/produtos/lampadas/lampadas-de-led/tubos-de-led/index.jsp).
46. Saint Gobain. SGG COOL-LITE ST. 2014. [www.saint-glass.com](http://www.saint-glass.com).
47. Plastimar. Etics Plastimar. 2011:8-9. <http://www.plastimar.pt/index.php?id=69>.

## **9. Anexos**

**Anexo I – Tabela resumo da BPIE, com a indicação  
dos principais aspectos das definições nacionais NZEB  
na UE28 (e Noruega)**

**LEGEND OF TABLE 1**

✓ definition included in an official document    ✗ no definition available    ND - no data

**Other indicators:** CO<sub>2</sub> - Carbon emissions, EP - Envelope performance, OH - Overheating indicator, TS – Performance of technical systems

- [1] For residential buildings, the EPBD takes into account the following energy services: heating, cooling, domestic hot water, air conditioning, and, for non-residential buildings, lighting is considered in addition
- [2] Depending on the reference building
- [3] Depending on the location
- [4] Requirement depending on the RES measures adopted
- [5] Maximum primary energy consumption defined as a percentage of the primary energy consumption (PE) of a reference building. In the Czech Republic, the non-renewable primary energy is considered instead of the primary energy
- [6] No cooling for residential buildings
- [7] Energy consumption of appliances is included in addition in the definition (both for residential and non-residential buildings)
- [8] In the National nZEB Plan, BBC / "Bâtiments Basse Consommation" (buildings which comply with the Thermal Regulation 2012) are defined as buildings with an energy consumption close to zero, but it is foreseen that buildings will be positive energy buildings from 2020
- [9] Apart from England, the targets for the other UK countries are different and expected to be reviewed. Northern Ireland is trying to promote the UK government's goal that all new homes should reach a zero carbon standard by 2016.

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	nZEB definition for new buildings		Share of renewable energy	Other indicators	nZEB definition for existing buildings	
			Public	Non-public			Maximum primary energy [kWh/m <sup>2</sup> y]	Non-residential buildings			Status of the definition	Maximum primary energy [kWh/m <sup>2</sup> y]
Austria	✓	OIB Guidelines 6	1/01/2019	1/01/2021	✓ [7]	✓	160	170 (from 2021)	Minimum share proposed in the draft of OIB guidelines for all buildings	EP, CO <sub>2</sub>	200	250 (from 2021)
Belgium - Brussels	✓	Amended Decree of 21/12/2007	1/01/2015	1/01/2015	✓	✓	45	~90 [2]	✓ Qualitative	EP, OH	54	~108 [2]
Belgium - Flanders	✓	Regulation of 29/11/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	30% PE [5]	40% PE [5]	✓ Quantitative [4]	EP, OH		
Belgium - Wallonia	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2019	1/01/2019	✓	Under development			Quantitative	EP		
Bulgaria	Still to be approved	National nZEB Plan, BPIE study	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	~30-50	~40-60	Quantitative	EP	~30-50	~40-60
							Included in the calculation; building needs to comply with class A				Included in the calculation; building needs to comply with class A	
Croatia	✓	Regulation OG 97/14, National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	33-41 [3]	Under development	Minimum share in current requirements for all buildings	EP		
Cyprus	✓	Decree 366/2014, Law 210(I)/2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	100	125	✓ Quantitative	EP	100	125
Czech Republic	✓	Regulation 78/2013 Coll.	2016-2018 depending on size	2018-2020 depending on size	✓	✓	75-80% [2,5]	90% [5]	✓ Quantitative	EP, TS	75-80% [2,5]	90% [5]
Denmark	✓	Building Regulations 2010	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	20	25	✓ Qualitative	EP, OH, TS	20	25
Estonia	✓	Regulation 68:2012	1/01/2019	1/01/2021	✓ [7]	✓	50-100 [2]	90-270 [2]	✓ Quantitative			
Finland	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2018	1/01/2021	✓ [7]	ND			ND			
France	Definition of Positive Energy Buildings under development [8]	Thermal Regulation 2012, National nZEB Plan	28/10/2011	1/01/2013	✓	✓	40-65 [2,3]	70-110 [2,3]	✓ Quantitative [4]	EP, OH, TS	80 [3]	60% PE [2]
Germany	Under development	KfW Efficiency House, National nZEB plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	40% PE [5]		Minimum share in current requirements for all buildings	EP	55% PE [5]	
Greece	Under development	Law 4122/2013	1/01/2019	1/01/2021	ND	ND			Minimum share in current requirements for all buildings			
Hungary	Under development	Amended decree 7/2006, study by University of Debrecen	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	50-72 [2]	60-115 [2]	✓ Quantitative	EP		
Ireland	✓	Draft definition in National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	45	~60% PE [5]	✓ Quantitative [4]	CO <sub>2</sub>	75-150	

Anexo I – Tabela resumo da BPIE, com a indicação dos principais aspectos das definições nacionais NZEB na UE28 (e Noruega)

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	nZEB definition for new buildings		Share of renewable energy	Other indicators	nZEB definition for existing buildings	
			Public	Non-public			Residential buildings	Non-residential buildings			Residential buildings	Non-residential buildings
Italy	Still to be approved (under publication)	Draft of the new EPBD decree	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	Quantitative	EP, TS	As for new buildings	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	
Latvia	✓	Regulation 383/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	95	✓ Quantitative	EP	As for new buildings	95	
Lithuania	✓	Regulation STR 2.01.09 :2012	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	✓ Quantitative	EP	As for new buildings	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	
Luxembourg	Details to be fixed	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A-A-A	✓ Qualitative	EP, CO <sub>2</sub>	ND		
Malta	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Current values to be revised	40	Qualitative	EP	ND		
Netherlands	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with energy performance coefficient = 0	✗	EP	ND		
Norway	Under development	Presentation by Research Centre on Zero Emission Buildings	1/01/2021	1/01/2021	✓	Under development		Minimum share in current requirements for all buildings	CO <sub>2</sub> (main indicator), EP, TS	ND		
Poland	Under development	Consolidated report to EC	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	60-75 [2]	✗		ND		
Portugal	Under development	Law 118/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	In current requirements for buildings		✗		ND		
Romania	✓	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	✓	93-217 [2,3]	✓ Quantitative	CO <sub>2</sub>	ND		
Slovakia	✓	Decree 364/2012	1/01/2019	1/01/2021	✗ [6]	✓	32-54 [2]	✓ Quantitative	EP	ND		
Slovenia	Still to be approved	Official Journal 17/14, National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Still to be approved	45-50 [2]	Under development	EP	Still to be approved	70-90 [2]	
Spain	Under development	Decree 235/2013	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	Included in the calculation; it is foreseen that buildings will need to comply with class A	Minimum share in current requirements for all buildings	CO <sub>2</sub> (main indicator)	Under development		
Sweden	Under development	National nZEB Plan	1/01/2019	1/01/2021	✓	Under development	30-75 [2,3]	✗		ND		
UK (England)	Details to be fixed	National nZEB Plan, presentation by Zero Carbon Hub	1/01/2018 (from 2016 for residential buildings) [9]	1/01/2019 (from 2016 for residential buildings) [9]	✓	✓	~ 44 (2)	✓ Qualitative	CO <sub>2</sub> (main indicator), EP, TS	ND		

**Anexo II - Visão geral das definições nacionais NZEB  
(Ecofys)**

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<p><b>Austria (AT)</b></p>	<p>The definitions set out in the document 'OIB Guidelines – Definitions' apply for NZEB (Niedrigstenergiehäuser). This is part of the draft national plan for whole Austria.</p>	<p>The definition includes inter alia four numerical indicators:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- heat demand (HWB)</li> <li>- primary energy need (PEN)</li> <li>- CO<sub>2</sub> -emission</li> <li>- Energy performance factor</li> </ul> <p>For new residential buildings from 2020: PEN = 160 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Major renovations from 2020: PEN = 200 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>Intermediate targets for improving the energy performance of new buildings are set for 2014 (to enter into force on 01.01.2015), 2016 (01.01.2017), 2018 (01.01.2019) and 2020 (01.01.2021) for new buildings and major renovations.</p>	
<p><b>Belgium (BE) Brussels-Capital Region</b></p>	<p>The definition in the Brussels Air, Climate and Energy Code (COBRACE) uses the EPBD definition of Article 2(2). The definition will be made more specific</p>	<p>Individual Housing: total primary energy consumption below 45 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>From 1st January 2015 onwards, all new buildings (housing, office or service buildings or schools) will have to be up to the Passive House standard that</p>	<p>No explicit share of RES.</p> <p>The calculation method of primary energy already includes the input of renewable energy</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
	after the on-going study "Cost Optimum".	Offices, Services units and Educational units: total primary energy consumption below (95-2.5*C) kWh/m <sup>2</sup> /y with C defined as the compactness, that is, the ratio between the volume enclosed and the loss area (maximum C is 4)	is to say the level of "nearly zero or very low energy consumption reached thanks to high energy performance"	sources like solar energy (thermal and photovoltaic), biomass heating, geothermal heating and heat pump systems as well as passive cooling techniques.
<b>Belgium (BE) Walloon region</b>	A nearly zero-energy Building is characterised at the design stage by energy performances that are close or equivalent to those of the passive standard in terms of the building envelope and by the renewable energy coverage of part of the consumption.	An E-level requirement defines the maximal energy consumption. Ew: expresses the primary energy consumption of the project, compared to primary energy demand of a reference building.	Any new building will tend towards the 'very low energy' standard from 2014 onwards, while complying as a minimum Ew of 60.	
<b>Belgium (BE) Flemish region</b>	On 29 Nov 2013, the Flemish Government imposed the requirements for as well NZE residential buildings, as schools and offices. On 28 Jan 2014, the legislation on NZEB definition was published. In order to establish the minimum level of renewable energy, a proposal has been agreed by the Government of Flanders on 28 Sept 2012 for integration in the EPB method.	The most important requirement concerns the E-level, which is the annual primary energy consumption, divided by a reference consumption.	On 20 May 2011, the Government of Flanders gave final approval to the proposal to tighten the E-level requirement for residential, office and school buildings to E70 in 2012 and E60 in 2014.	From January 2014 legislation is in force for new residential buildings, offices and schools and major renovations. For singular residential buildings are 6 options foreseen: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Thermal solar energy systems</li><li>2. Photovoltaic solar energy systems</li><li>3. Biomass (boiler, stove or qualitative CHP)</li><li>4. Heat pumps</li></ol>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<p><b>Bulgaria (BG)</b></p>	<p>The definition, which is still to be approved, is structured around three basic requirements:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primary energy consumption conforming with class A on the national scale</li> <li>• Minimum share of renewables in the building's energy balance.</li> <li>• Restriction of the maximum share of electricity in the building's total energy balance. This restriction applies only to buildings with a total floor space in excess of 500 m<sup>2</sup>.</li> </ul>	<p>No primary energy demand set. Class A, which has to be achieved for NZEB Standards, is not defined yet.</p>	<p>Target for 2015, 1-1.5 % of the total floor space of new buildings occupied by central or local government departments with an energy performance corresponding to nearly zero-energy use.</p>	<p>5. Connection with district heating or cooling 6. Participation in a RE project</p> <p>For each option quantitative and qualitative requirements are imposed. Residential buildings have the additional possibility to obtain <math>\geq 10</math> kWh renewable energy per m<sup>2</sup> total useful floor area (combination one or more systems).</p> <p>At the moment the ZEVI (renewable energy requirements) specifies a fraction of renewable energies of at least 15 present for new public buildings from 2012 and other buildings from 31 Dec 2014.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<b>Croatia (HR)</b>	The NZEB definition for single family building is given through the useful heating energy and primary energy demand - both of which have to be fulfilled, taking into account heating and cooling energy, domestic hot water, ventilation and lighting.	New requirement (to be included with regulation changes): Continental Croatia: 41 kWh/m <sup>2</sup> /y Littoral Croatia: 33 kWh/m <sup>2</sup> /y	NZEB Requirements are given for single family building as qualitative intermediate Targets for 2015. But it is also mentioned that "Intermediate targets in the present moment are not likely to be achieved, primarily due to dramatic shrinkage of real estate market.	Fraction of renewable energy hasn't been set in definition of NZEB single family buildings.
<b>Cyprus (CY)</b>	The proposed NZEB in Cyprus definition is under public consultation and when it is concluded the design parameters of NZEB are to be finalized.	The maximal Primary Energy Use is not set yet. The numerical indication includes primary energy use for heating, cooling, lighting and domestic hot water.		At least 25% of the primary energy must be covered by RES.

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<b>Czech Republic (CZ)</b>	<p>The definition of NZEB is included in the regulation No. 78/2013 Coll. that specifies requirements of the Energy Management Act No. 406/2000 Coll. as subsequently amended when transposing requirements of recast Energy Performance of Buildings Directive (EPBD2).</p> <p>"Nearly zero-energy building is a building with very low energy performance whose energy consumption is to very significant extent covered by renewable energy sources"</p>	<p>The definition compares evaluated building with a reference building of the same type, size, geometrics, orientation etc. but with pre-defined construction and technological specifications.</p> <p>The cost-optimal level of energy performance for a new building as required from 2013 and NZEB level that will be required later differ in two features:</p> <p>a) required average U-value of envelope (having coefficient of 0.7 for NZEB instead of 0.8 for cost-optimal level when comparing to a reference building) and</p> <p>b) required non-renewable primary energy (deducting 10 to 25% from reference values depending on type of building for NZEB compared to 8 to 10% for cost-optimal one)</p>	<p>In 2016 all public buildings larger than 1500 m<sup>2</sup> will be NZEBs.</p> <p>In 2017 all public buildings larger than 350 m<sup>2</sup> will be NZEBs.</p> <p>All new buildings larger than 1500 m<sup>2</sup> will be NZEBs in 2018.</p> <p>All new buildings larger than 350 m<sup>2</sup> will be NZEBs in 2019.</p>	
<b>Denmark (DK)</b>	<p>Requirements on NZEBs are contained in the building regulations as progressive performance classes; "class 2015" and "class 2020".</p>	<p>A maximum demand is defined for total heating, ventilation, cooling and hot water (and lighting for non-residential buildings)</p>	<p>Requirements for "class 2015" are expected to be mandatory in 2015.</p> <p>A residential building (+hotels etc.) is classified as class 2015</p>	<p>The permitted energy consumption will be so low that in practice, it will be impossible for most buildings to comply with the energy requirements without using RE plants.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
	<p>A residential building can be classified as Building Class 2020 when the overall requirement for solar gain for heating, ventilation and hot water per m<sup>2</sup> heated floor area does not exceed 20 kWh annually.</p> <p>Other buildings can be classified as Building Class 2020 when the overall requirement for solar gain supplied for heating, ventilation, cooling, hot water and lighting per m<sup>2</sup> heated floor area does not exceed 25 kWh annually.</p>	<p>Residential buildings: 20 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>non-Residential buildings: 25 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>when the collected need for energy for heating, ventilation, cooling and hot water per m<sup>2</sup> heated area does not exceed 30 kWh/m<sup>2</sup>/y plus 1000 kWh/y divided with the heated area. (30 + 1000/A) kWh/m<sup>2</sup>/y.</p> <p>A public building (offices, schools, institutions) is classified as a class 2015 when the collected need for energy for heating, ventilation, cooling and hot water per m<sup>2</sup> heated area does not exceed 41 kWh/m<sup>2</sup>/y plus 1000 kWh/y divided with the heated area. (41 + 1000/A) kWh/m<sup>2</sup> /y.</p> <p>Requirements for "class 2020" - will apply for public buildings by the end of 2018 and for all other buildings by the end of 2020.</p>	<p>Expected shares of renewable energy sources in the building sector are presented for 2015 and 2020.</p> <p>between 44 and 51% in 2015 between 51 and 56% in 2020.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<p><b>Estonia (EE)</b></p>	<p>A NZEB is a building which is characterised by sound engineering solutions, which is built according to the best possible construction practice, which employs energy efficiency and renewable energy technology solutions and whose energy performance indicator is greater than 0 kWh/m<sup>2</sup>/y but does not exceed the limit values established</p>	<p>There are already energy performance requirements (annual energy use in kilowatt-hours per square metre of heated area of a building) in place for different building types. Between 50 kWh/m<sup>2</sup>/y for small residential buildings and 270 kWh/m<sup>2</sup>/y healthcare buildings.</p>	<p>The energy performance requirements that are currently in place are expected to be updated in 2016.</p>	<p>No specific requirement for fraction of renewable energies.</p>
<p><b>Finland (FI)</b></p>	<p>Finland has not yet reached its final definition of NZEBs. The intention is to issue technical descriptions regarding NZEBs as recommendations in 2015</p>		<p>New buildings in public administration built after 2015 will have "passive house" standard. In 2015, it is the intention of the Ministry of the Environment to issue the technical descriptions regarding nearly zero-energy construction as recommendations (regulation to be issued in 2017).</p>	

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<p><b>France (FR)</b></p> <p>NZEB are called «bâtiments basse consommation» or «BBC» in France.</p> <p>There are different requirements set by the RT 2012 (Regulation Thermique) for new residential buildings, office buildings and renovated buildings considering the energy required for heating, cooling, the production of hot water, lighting and auxiliary systems.</p> <p>Consumption levels differ in the geographical regions.</p> <p>BBC buildings must demonstrate a use of renewable energy.</p>	<p>New residential buildings: less than 50 kWh ep/m<sup>2</sup>/year</p> <p>Office buildings: 70 kWh ep / m<sup>2</sup> / year (for non air-conditioned office buildings) or 110 kWh ep / m<sup>2</sup> / year for buildings air-conditioned offices.</p> <p>Energy required for heating, cooling, the production of hot water, lighting and auxiliary systems.</p>	<p>For collective housing, the consumption requirement will be lowered from 57.5 to 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/y in 2015.</p> <p>For individual housing the requirement is already 50 kWh/m<sup>2</sup>/year.</p> <p>All new buildings will be energy positive in 2020.</p>	<p>The use of renewable energies is one of the objectives of the TR 2012.</p> <p>First of all, regarding the buildings to use renewable energy sources by choosing one among those proposed in the order. These include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The production of hot water by using solar thermal panels,</li> <li>• The connection to a network for heat supplied more than 50 % by a renewable energy recovery, or</li> <li>• The demonstration that the contribution of renewable energy to building EPC consumption is equal to or exceeds 5kwh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.year).</li> </ul>	
<p><b>Germany (DE)</b></p> <p>The specific definition of the nearly zero-energy building standard is developed by the Federal Government with scientific support and having regard to economic considerations. In this regard, the focus is on the 'KfW efficiency houses', which are currently funded in Germany under the label of KfW Efficiency House 40, 55 and 70 (in the case of refurbishment,</p>		<p>The present revision of the Energy Conservation Regulation aims to take first steps on the road to a nearly zero-energy building standard. It is envisaged to tighten the energetic minimum standards for new buildings in two phases (in 2014 and 2016) by an average of 12.5 % each.</p>	<p>In Germany it has been made compulsory to use renewable energies for heating in new buildings according to the Renewable Energy Heat Act.</p> <p>The minimum amount of renewable energy generation is regulated by the Erneuerbare-Energien- Wärme-Gesetz (Renewable Energies Heat Act).</p>	

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
	as KfW Efficiency House 55 and 70). The number indicates the amount of annual primary energy consumption (QP) in relation (%) to a comparable new building (reference building) according to the requirements of the Energy Conservation Regulation in force (EnEV). An Efficiency House 40, for example, does not use more than 40 % of the annual primary energy consumption (QP) of the corresponding reference building.			The mandatory use may be met either by the use of solar heating (a minimum share of heating energy need of 15 %), biomass (solid and liquid: at least 50 %, gaseous: at least 30 %), geothermal energy and environmental heat (at least 50 %), but failing that, also by the use of waste heat, combined heat and power generation and energy conservation measures (15 % better than the EnEV standard). Combinations of renewable energies and with substitute measures are permitted.
<b>Greece (EL)</b>	No information found on a definition of NZEB			
<b>Hungary (HU)</b>	The requirements for energy performance of NZEB will be defined in the Decree on the energy performance of buildings which is under development.	Requirements for specific annual consumption in primary energy have been proposed depending on the types of buildings and the number of floors.	Requirements will be strengthened in 2016 together with an expected fundamental revision of the requirement system. Direct requirements regarding active solar and PV systems will be brought into being in 2016.	It is planned that buildings must use at least 25% of renewable energy.
<b>Ireland (IE)</b>	The definition is set with a numerical indicator for primary	By 2020 all new dwellings will have an energy load which will	The aim is by 2013 to target a 40% aggregate improvement in emissions and by 2019 a 60%	At the moment the share of renewable energy set by the Building Regulations (Part L

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
	<p>energy use and a Building Energy Rating (BER) Certificate level.</p>	<p>not exceed 45 kWh/m<sup>2</sup>/y (including heating, ventilation, hot water and lighting)</p> <p>In terms of Building Energy Rating (BER) Certificates all new dwellings will be rated as A3 or higher.</p> <p>The same principle applies for non-residential buildings and for existing buildings but the numerical target and BER rating have not yet been formally decided.</p> <p>For existing buildings a target of 125 to 150 kWh/m<sup>2</sup>/y is planned.</p>	<p>aggregate improvement subject to cost-optimal calculations.</p> <p>Amending Building Regulations Part L in 2015 and 2018, to require upgraded Energy Performance Standard for existing buildings undergoing extension, renovation/alteration or change of use.</p>	<p>Amendment) Regulations 2011 (S.I. No.259 of 2011) can be met by</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 kWh/m<sup>2</sup>/y contributing to energy use for domestic hot water heating, space heating or cooling; or</li> <li>• 4 kWh/m<sup>2</sup>/y of electrical energy; or</li> <li>• a combination of these which would have equivalent effect.</li> </ul> <p>A reasonable proportion of energy used in NZEB will be harvested from renewable energy sources on site or nearby.</p>
<p><b>Italy (IT)</b></p>	<p>The definition of NZEB is still to be approved.</p> <p>A “nearly zero-energy building” is a building meeting specific technical requirements:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the energy performance index for winter conditioning</li> <li>• the useful thermal performance index for summer conditioning, including any humidity control</li> <li>• the global energy performance index, expressed in</li> </ul>	<p>On the basis of the definition and of the minimum energy performance requirements which, for the year 2020, will be validated on the basis of the results of the cost-optimal method, it will also be possible to establish a range for primary energy consumption expressed in kWh/m<sup>2</sup>/y, differing according to building type, location and use.</p>	<p>The minimum transmittance values required for building elements will be lowered by 15% compared to their current value from 01 Jan 2016 and by another 15% from 01 Jan 2021. A similar improvement will apply to the minimum performance of heating and conditioning systems.</p> <p>Verification of the requirements for nearly zero-energy buildings is planned to be applied starting from 2018</p>	<p>The obligation to include renewable energy sources in new buildings and buildings undergoing major renovations is equal to 50% of the expected consumption for hot water and to 20% of total consumption for heating, cooling and hot water. This latter share will be increased to 35% from the beginning of 2014 and to 50% from the beginning of 2017.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Latvia (LV)	<p>non-renewable primary energy</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>the global energy performance index, expressed in total primary energy</li> </ul> <p>must be significantly lower than the value of the same indices calculated for a reference building.</p>	<p>Total primary energy consumption: 95 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>The energy demand for heating does not exceed 30 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>		<p>As concerns electricity it is compulsory to install power from renewables which varies according to the area of the building.</p> <p>The obligation to include renewable energy sources in buildings applies not only to new buildings, but also to existing buildings having a useful floor area in excess of 1 000 m<sup>2</sup> undergoing full refurbishment.</p> <p>At least partial use of renewable energy is required. No numerical indicator given.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Lithuania (LT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>There are no low-efficiency fossil fuel heating system installed in the building.</li> </ul> <p>The energy performance is defined in a way that is unrelated to a particular value of energy consumption and is defined by the respective class of energy performance of the building. Each building is assessed individually.</p>	<p>A NZEB is one that complies with the requirements of the Construction Technical Regulations STR 2.01.09:2012 for building class A++</p>	<p>Lithuania has set transitional requirements for newly constructed buildings in 2014, 2016, 2018 and 2021 under building energy performance classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>prior to 2014 – new buildings or their parts shall comply with the requirements for class C buildings;</li> <li>from 2014 – new buildings or their parts shall comply with the requirements for class B buildings;</li> <li>from 2016 – new buildings or their parts shall comply with the requirements for class A buildings;</li> <li>from 2018 – new buildings or their parts shall comply with the requirements for class A+ buildings;</li> <li>from 2021 – new buildings or their parts shall comply with the requirements for class A++ buildings.</li> </ul>	<p>In buildings of class A++, energy from renewable resources must form the largest part of energy consumed (formula contained in national plan).</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<p><b>Luxembourg (LU)</b></p>	<p>The RGD 2007 and the RGD 2010 define the nearly zero-energy building in conformity with the definition in the directive. As abstract, the national energy performance calculation is based for all residential and new non-residential buildings on an asset rating for primary energy and heat demand on a monthly basis with A-class as the highest rating.</p>	<p>NZEB-standard: Heating energy class: A+ and Primary energy class: A+ Renewable electricity production (PV, CHP, ...) can be partly incorporated in the balance to reach the NZEB-standard. The missing energy production by renewable electricity generation to reach a zero-energy building is highlighted for the buildings, e.g. an NZEB30 building is a building which needs 30 kWh/m<sup>2</sup> per year to reach a zero-energy standard.</p>	<p>The RGD 2007 and RGD 2010 state that all new buildings (private and public) have to ensure the NZEB-standard from 1st January 2019 on. Timeline for new residential buildings: From 2015 on: Heating energy class: B and Primary energy class: A From 2017 on: Heating energy class: A and Primary energy class: A (passive house standard) From 2019 on: Heating energy class: A+ and Primary energy class: A+ (NZEB standard) For new non-residential buildings, the Government introduced in the legal procedure an improvement from classes D-D to classes C-C being the minimum standard from July 2015, representing a strengthening of the standards of 15-20%.</p>	<p>Renewable electricity production (PV, CHP, ...) can be partly incorporated in the balance to reach the NZEB-standard. The missing energy production by renewable electricity generation to reach a zero-energy building is highlighted for the buildings, e.g. an NZEB30 building is a building which needs 30 kWh/m<sup>2</sup> per year to reach a zero-energy standard.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<b>Malta (MT)</b>	The definition is currently undergoing a consultation process at a national level.	Energy performance should not exceed the following values: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dwellings: 40 kWh/m<sup>2</sup>/y;</li> <li>• All other buildings: 60 kWh/m<sup>2</sup>/y (not officially approved)</li> </ul>	A minimum of 5% of the new buildings occupied and owned by the public authorities will be built according to NZEB.	
<b>Netherlands (NL)</b>	The definition is based on the Energy Performance Coefficient (EPC), a non-dimensional number used as an indicator of the building's energy performance depending on how the building is used. Studies will be conducted to assess how feasible and cost effective it would be to introduce a stricter EPC in the interim.	The assumption is that a completely zero-energy building has an EPC = 0	The EPC will be lowered from 0.8 to 0.6 (introduced on 01 Jan 2011) and further lowered to 0.4 as per 01 Jan 2015, with the aim to set a requirement close to EPC = 0 for other buildings than public in 2020.  A comparable lowering (compared to 2007) is in effect for non-residential buildings, increasing energy efficiency in new buildings by 50% in 2015. The aim is to set a requirement close to EPC= 0 for public buildings in 2018 and to build 60.000 new NZEB dwellings by 2015.	Under the EPC system, builders are free to choose measures to reduce the demand for energy, use energy from renewable sources, and make effective use of fossil fuels, to achieve the required EPC. This principle will be maintained for NZEBs. As the requirements for the EPC become stricter and stricter, the percentage of renewable energy will automatically become increasingly important to fulfil the requirements.

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Poland (PL)	<p>The definition of the nearly zero-energy building has been the subject of governmental works. The definition shall refer to the binding technical – buildings provisions, stipulated in the Ministry of Infrastructure ordinance of 12 April 2002 on the technical requirements that shall be met by the buildings and their location. The requirements on the energy consumption for buildings, provided in the abovementioned ordinance will be the quantitative basis of the definition of the nearly zero-energy building.</p> <p>The detailed definition shall be indicated in the National plan for increasing the number of nearly zero-energy buildings, which now is in the preparation by the Ministry of Infrastructure and Development.</p>	<p>Fragmentary maximum indicator of the prime energy on the demand of heating, ventilation and domestic hot water [kWh/(m<sup>2</sup>•year)] by building type.</p> <p>Residential building:                      -single-family 70 kWh/m<sup>2</sup>/y                      -multi-family 65 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Collective residence building: 75 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Public building:                      -connected with health protection 190 kWh/m<sup>2</sup>/y                      -rest 45 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Agricultural building, warehouse and production building: 70 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>The maximum indicator of the prime energy will be lowered in steps 2014, 2017, 2021 (2019 for public buildings).</p>	

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
<b>Portugal (PT)</b>	The concept of buildings with nearly zero-energy consumption (edifícios com necessidades quase nulas de energia) is provided for in Art. 16 of DL 118/2013 and refers to buildings with high energy performance and whose energy needs are largely satisfied by renewable sources. In case of new public buildings, the concept shall already be applied from January 2019 onwards.	Definition of NZEB depends on numerous variables including economic and technical viability, climate, traditional construction solutions, the architecture and the type of use. Numerical indicators are not exactly stated in the report.	Decree Law No 118/2013 of 20 August 2013 establishes that buildings undergoing renovation must, in accordance with technical viability, architectural, functional and economic criteria, seek to attain an energy performance close to that which applies to new buildings. This law establishes the goal of obtaining buildings with nearly zero-energy needs.	
<b>Romania (RO)</b>	Definition of NZEB under development	Various scenarios have been calculated.	No information	Considered (Various scenarios have been calculated.)

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Slovakia (SK)	<p>Act No 555/2012 provides a definition of NZEB, according to which they are buildings with very high energy performance.</p> <p>To achieve the NZEB parameters it is necessary to proceed from the acceptance and determination of three interrelated criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of specific heat demand for heating to a minimum.</li> <li>• Reduction of primary energy consumption for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting</li> <li>• Significant coverage of the overall primary energy demands with renewable energy sources</li> </ul>	<p>Slovakia separates energy demands into: heating, lighting, hot water, ventilation and total.</p> <p>They give scales of energy classes for global indicator for different building types.</p> <p>Total building energy demand: between 40 and 101 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Primary energy: between 32 and 96 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>Intermediate targets for achievement of individual construction energy levels are set in three time phases as follows:</p> <p>Low-energy buildings standardised requirements required from 01 Jan 2013  <math>\leq 100</math> (class B)</p> <p>Ultra-low-energy buildings recommended requirements required from 31 Dec 2015  <math>\leq 50</math> (class A)</p> <p>Nearly zero-energy buildings recommended requirements required from 31 Dec 2018/20  <math>\leq 25</math> (class A0)</p>	<p>Supply of energy from RES found in the building or its proximity should provide at least a 50 % reduction of primary energy.</p>

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Slovenia (SI)	A new Energy Act is under development and this should include provisions for NZEBs. The highest permitted needs for heating, cooling, air conditioning, hot water preparation, lighting and the production of renewable energy are regarded.	<p>New construction:</p> <p>Family houses: 50 kWh/m<sup>2</sup>/y Multi-dwelling buildings: 45 kWh/m<sup>2</sup>/y non-residential buildings: 70 kWh/m<sup>2</sup>/y</p> <p>Major renovation:</p> <p>Family houses: 90 kWh/m<sup>2</sup>/y Multi-dwelling buildings: 70 kWh/m<sup>2</sup>/y Non-residential buildings: 100 kWh/m<sup>2</sup>/y</p>	<p>Slovenia states renovation rate targets for the different sectors.</p> <p>New buildings and major renovations must meet the energy standard given by the national legislation (PURES 2010).</p> <p>For the public sector, these requirements are tightened by 10%.</p>	<p>Regulation PURES 2010 sets the requirement for renewable energy sources to a 25 % share of the total final energy used for the building operation.</p>
Spain (ES)	A definition of NZEBs has not yet been formulated. In 2018 a third revision of the technical building code is planned with NZEB concepts included and a final definition is planned to be adopted in 2019.			

Country	Description of the application in practice Article 9(3a)	Numerical indicator for energy demand Article 9(3a)	Intermediate targets Article 9(3b)	Share of renewable energy sources Article 9(3c)
Sweden (SE)	The requirements on NZEB are, at present, equal to the requirements in the current building regulations. The building regulations and the definition of the NZEBs will be strengthened gradually according to the results from on-going studies and demo-projects.	Today the requirements for specific (final) energy use for dwellings are between 55-130 kWh/m <sup>2</sup> /y (55-120 kWh/m <sup>2</sup> /y for non-residential buildings).  The requirements differ depending on the type of heat source and the climate zone.	Next strengthening of building regulations in 2015.	Sweden has a very high share of renewable energy in all sectors including the construction sector. The building regulations favour buildings heated with renewable sources.
United Kingdom (UK)	The UK regions have all taken steps towards improving energy efficiency measures by incrementally increasing the energy performance requirements of their Building Regulations. The government will publish a definition for 'nearly zero-energy' nearer to the 2018/2020 deadlines.	The primary energy demand is now incorporated in the UK National Calculation Methodologies. It can be found on the domestic Energy Performance Certificate (EPC) in use in all four UK administrations.  But no indicator for NZEB has been set.	All homes should be zero carbon from 2016.  Public sector buildings should be zero carbon by 2019.	

**Anexo III – Quadro resumo das principais medidas  
no suporte aos NZEB nos diferentes Estados Membros  
(Ecofys)**



Memberstate	Awareness raising / Information	Strengthening building regulations	Energy performance certificates	Education and Training	Demonstration and pilot projects	Financial support schemes	Supervision (energy audits etc.)	R&D
Austria	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Belgium - BXL	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Belgium - Flemish	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Belgium - Walloon	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Bulgaria	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Croatia	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Cyprus	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Czech Republic	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Denmark	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Estonia	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Finland	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
France	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Germany	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Greece	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Hungary	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Ireland	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Italy	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Latvia	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Lithuania	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Luxembourg	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Malta	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Netherlands	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Portugal	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Poland	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Romania	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Slovakia	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Slovenia	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Spain	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
Sweden	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent
United Kingdom	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent	Existent

## **Anexo IV – Resultados da simulação energética do modelo calibrado**



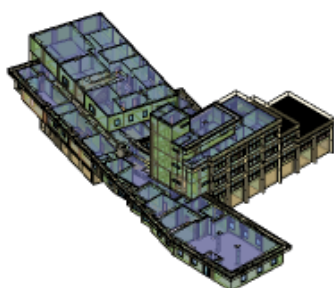
## Edif VNGAIA

### Edif VNGAIA - situação inicial

Analisado em 06/09/2016 22:27:52

Version 2016.180.35.7(DOE-2.2-48r)

### Resultado da análise de energia do Revit



#### Fatores de desempenho do edifício

Localização:	41.1289024353027,-8.63400363922119
Estação de meteorologia:	123900
Temperatura externa:	Máx: 39°C/Mínimo: 1°C
Área do piso:	2.718 m <sup>2</sup>
Área da parede externa:	1.557 m <sup>2</sup>
Potência média de iluminação:	13.67 W/m <sup>2</sup>
Pessoas:	105 pessoas
Coefficiente de janela externa:	0,22
Custo de eletricidade:	\$ 0,13/kWh
Custo de combustível:	\$ 1,22/Térmica

#### Intensidade de utilização de energia

EUI de eletricidade:	106 kWh/sm/ano
EUI de combustível:	19 MJ/sm/ano
EUI total:	402 MJ/sm/ano

#### Utilização/Custo do ciclo de vida da energia

Utilização de ciclo de vida da eletricidade:	8,581,191 kWh
Utilização do ciclo de vida do combustível:	1,491,707 MJ
Custo de ciclo de vida da energia:	\$ 504.164

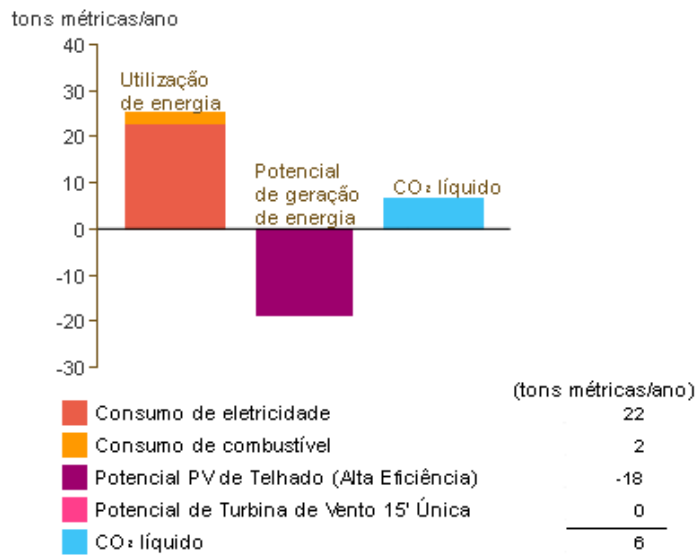
\*Vida por 30 anos e 6.1% de taxa de desconto para custos

## Potencial de energia renovável

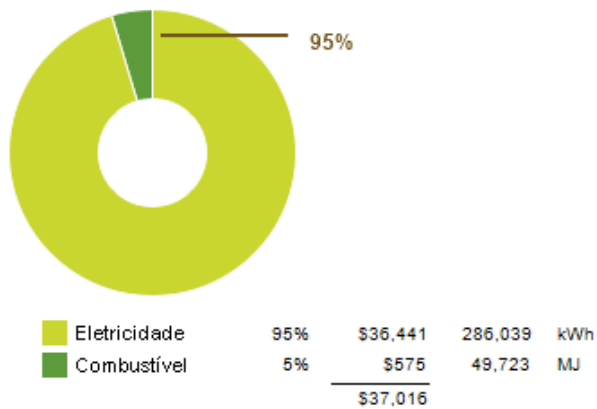
Sistema PV Montado no Telhado (Baixa eficácia):	78,584 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Média eficácia):	157,167 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Alta eficácia):	235,751 kWh/ano
Potencial de Turbina de Vento 15' Única:	1,002 kWh/ano

\*As eficácias PV são assumidas como 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média de alta eficácia

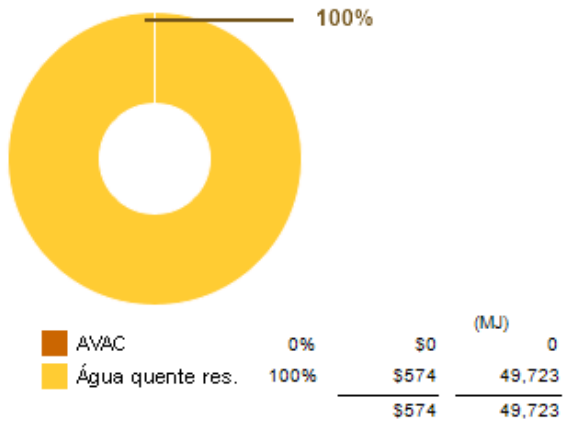
## Emissões anuais de carbono



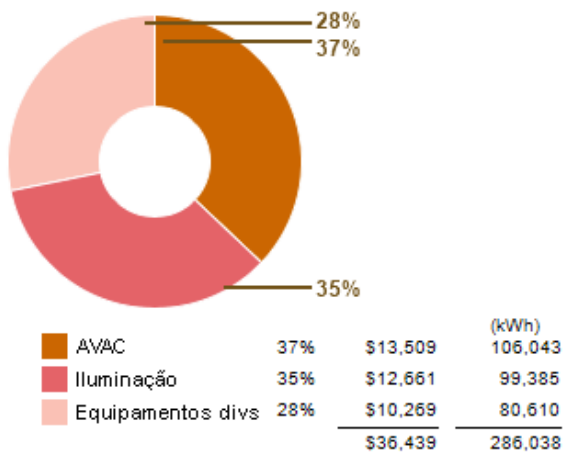
## Utilização/Custo anual de energia



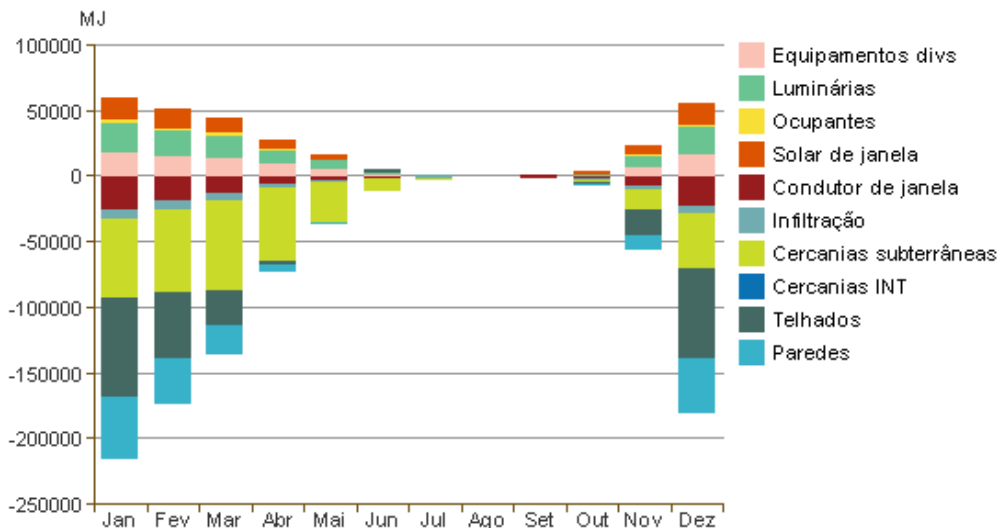
**Utilização da energia: Combustível**



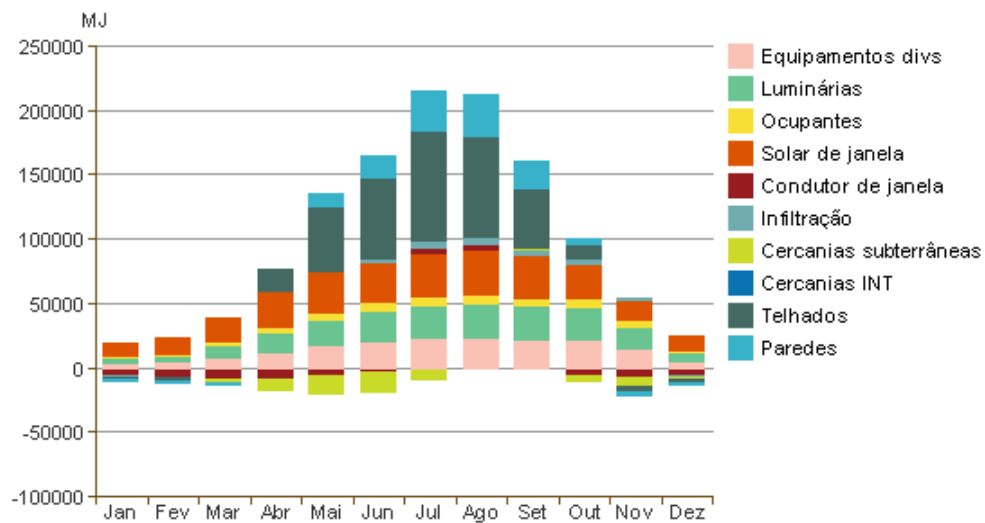
**Utilização de energia: Eletricidade**



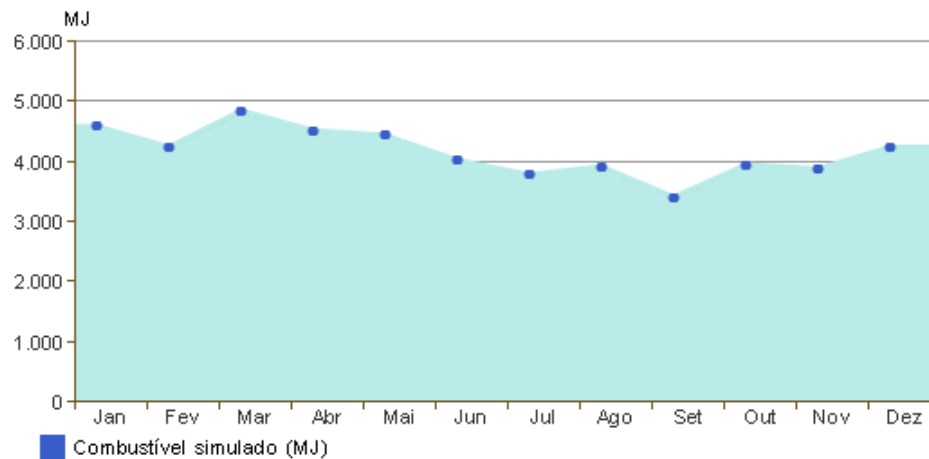
**Carga mensal de aquecimento**



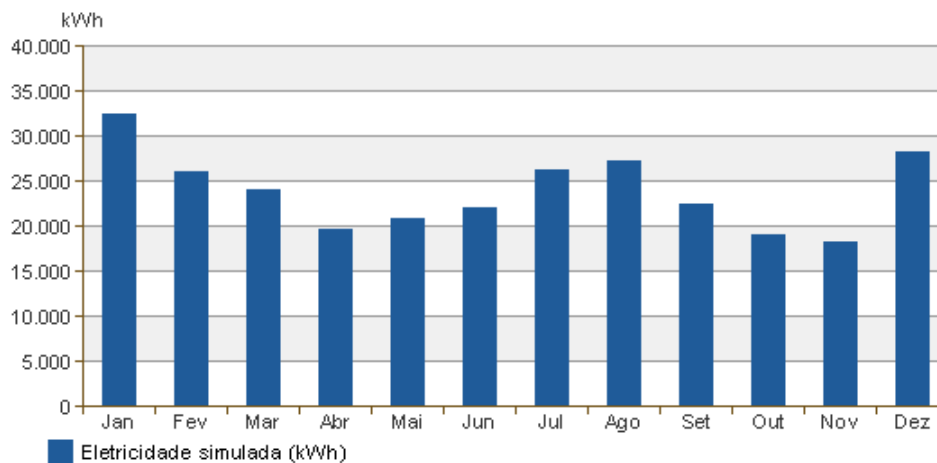
### Carga mensal de refrigeração



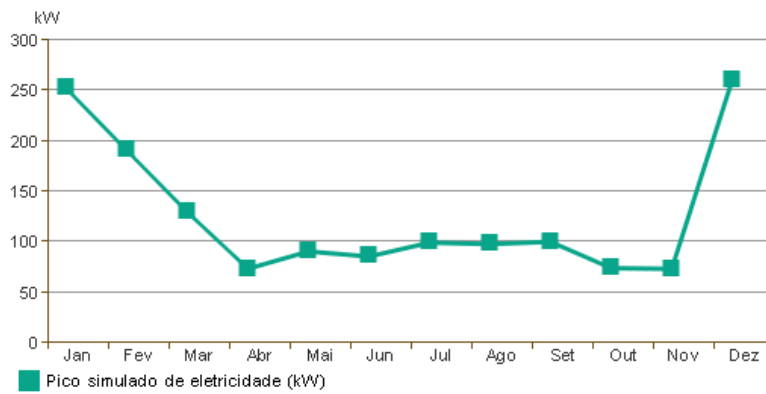
### Consumo mensal de combustível



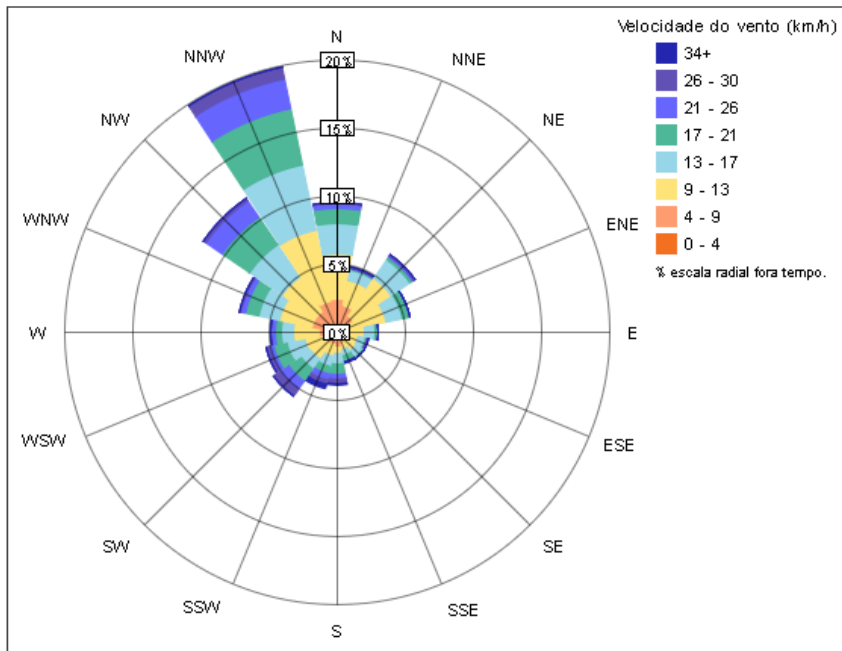
### Consumo mensal de eletricidade



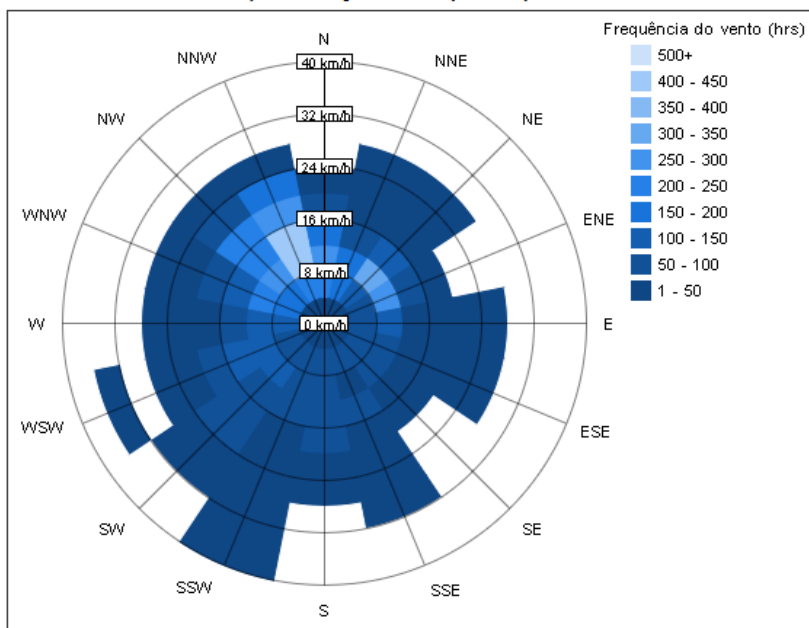
**Demanda mensal no pico**



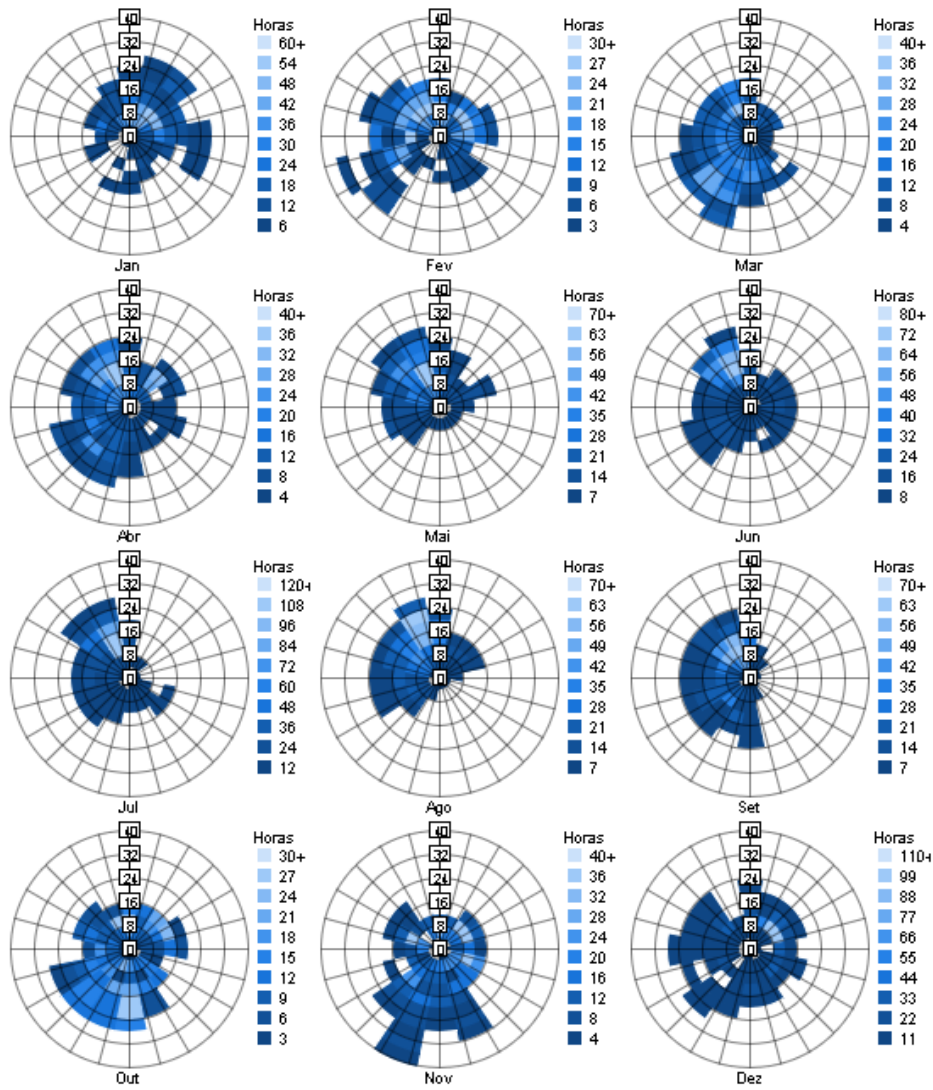
**Rosa dos Ventos Anual (Distribuição de velocidade)**



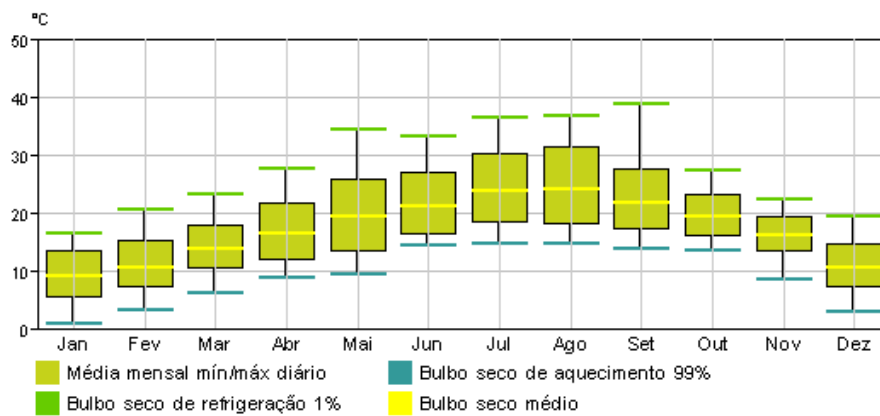
**Rosa dos Ventos Anual (Distribuição de frequência)**



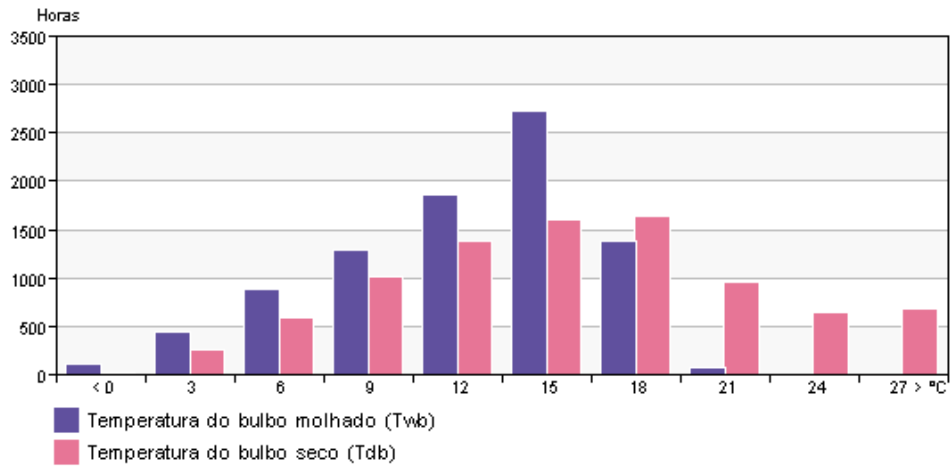
### Rosas de Vento Mensais



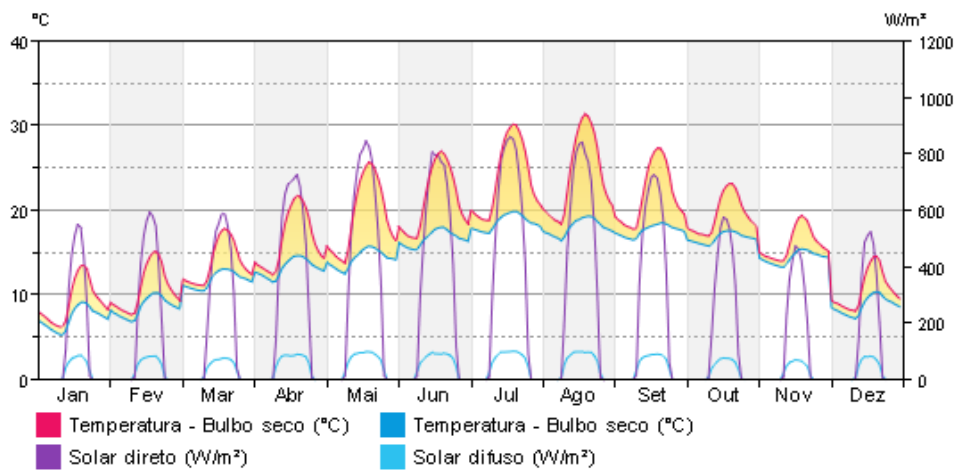
### Dados mensais do projeto



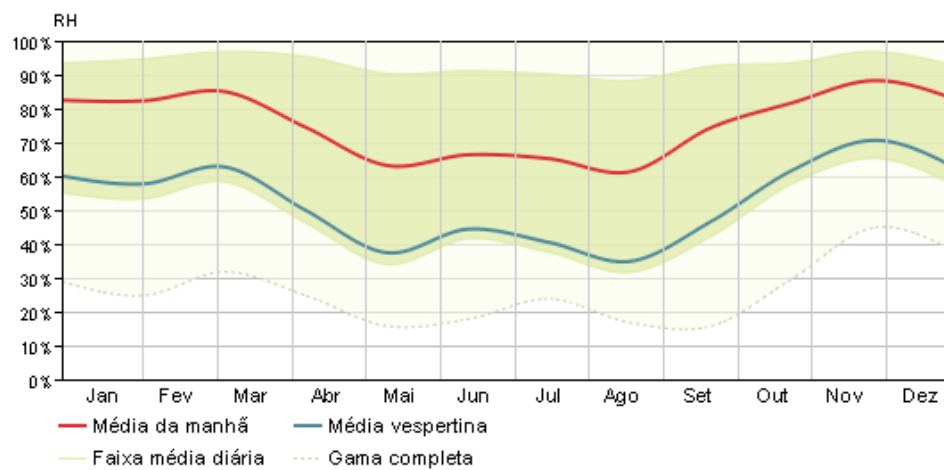
### Faixa anual de temperatura



### Média diurna do clima



### Humidade



## **Anexo V – Certificado energético do edifício**



Nº CER  
CE46212318



## CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização R. José Pereira Araújo, 115 (Nó do Fojo)

Localidade Vila Nova de Gaia Freguesia VILA NOVA DE GAIA (SANTA MARINHA)

Concelho VILA NOVA DE GAIA Região Portugal Continental

Data de emissão 12/05/2011 Data de validade 12/05/2017

Nome do perito qualificado José Pedro Lopes Coelho N.º de PQ PQ00851

Imóvel descrito na - Conservatória do Registo Predial de omisso

sob o nº omisso Art. matricial nº omisso Fogo/Fracção autón. -

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

#### INDICADORES DE DESEMPENHO

Valor do Indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética 34,2 kgep/m<sup>2</sup>.ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B<sup>-</sup>) 30,9 kgep/m<sup>2</sup>.ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A<sup>+</sup> 21,15 kgep/m<sup>2</sup>.ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal 129,2 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

#### CLASSE ENERGÉTICA



O indicador de eficiência energética, IEEnom, traduz o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob padrões nominais de funcionamento e por unidade de área, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores. O valor de referência para este indicador (IEEref) está definido no D.L. 79/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes aquela data. Nos casos de edifício ou fracções autónomas com mais de uma tipologia de actividade, o IEEnom e IEEref correspondem a valores ponderados de acordo com as áreas afectas a cada tipologia.

A classificação energética baseia-se no desempenho energético dos sistemas de climatização e de iluminação do edifício ou fracção autónoma, usando como referência os valores limite de IEE para edifícios novos apresentados no Anexo XI do RSECE. A classe energética resulta do enquadramento do valor de IEE nominal numa escala predefinida e aplicável a todos os edifícios de serviços desta tipologia. O melhor desempenho corresponde à classe A<sup>+</sup>, seguida das classes A, B, B<sup>-</sup>, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B<sup>-</sup>. Para mais informações sobre a classificação energética de edifícios e sobre este certificado, consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel foi objecto da avaliação dos requisitos aplicáveis estabelecidos no DL 79/2006 de 4 Abril, relativamente à qualidade do ar interior. Os respectivos resultados são apresentados em detalhe no presente documento no ponto 13 Concentrações dos principais poluentes no ar interior.



### 3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

O edifício EDP situa-se na Rua José Pereira Araújo, 115 em Vila Nova de Gaia. O Edifício tem aproximadamente 3614m<sup>2</sup> de área bruta, distribuída por 6 pisos, encontrando-se dividido pelas seguintes utilizações: Gabinetes, Instalações Sanitárias, Bar, Circulação, Garagem e Armazéns. A área total útil do edifício considerada para efeitos de certificação energética é de 3.147,9m<sup>2</sup>. O edifício em estudo está situado numa zona urbana (Rugosidade I), no concelho de Vila Nova de Gaia (zona climática I2-V1-Norte), a uma altitude de 81 m e a uma distância à costa de 2,8 km. O edifício possui fachadas orientadas a Norte, Sul, Este e Oeste. As fachadas orientadas a Norte, Sul e Oeste confrontam com outros edifícios. A fachada orientada a Este confronta com outros edifícios e com zonas verdes. O edifício apresenta uma inércia térmica Média com um factor de forma de 0,53. A produção de energia térmica no edifício em estudo é assegurada por um sistema de expansão directa do tipo não centralizado, constituído por equipamentos do tipo split, e por um sistema de expansão directa centralizado, do tipo VRV. Os sistemas VRV climatizam determinados espaços, sendo os restantes espaços com necessidades climatização, climatizados pelos equipamentos do tipo split. O sistema de AQS identificado no edifício destina-se a produção de água quente utilizada nos balneários, casas de banho e serviços de refeitório. A produção de água quente é assegurada por intermédio de termoacumuladores eléctricos localizados nas casas de banho dos vários pisos constituintes do edifício.

Área útil de pavimento	3147,9 m <sup>2</sup>	Pé-direito médio ponderado	3,18 m	Ano de construção	2000	Consumo Anual Global* (só edif. existentes)	283587,2 kWh/ano 2
------------------------	-----------------------	----------------------------	--------	-------------------	------	---	-----------------------

\* O consumo anual global corresponde à energia final utilizada no edifício, sendo determinado pela análise das facturas energéticas (electricidade e combustíveis), sem correcção climática.

### 4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negro aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
<b>1 Substituição dos Computadores do tipo fixo por sistemas Portáteis</b>			
<b>2 Instalação de sistema solar térmico colectivo com apoio e depósito de acumulação individualizado</b>			
<b>3 Instalação de Ventilação mecânica (entrada de ar novo) nos gabinetes</b>			
<b>4 Substituição dos sistemas de climatização Split por sistemas Classe A ou por um sistema centralizado do tipo VRV</b>			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perito qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.

Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	mais de 10000€/ano	mais de 50000€	inferior a 5 anos
	entre 5000€ e 9999€/ano	entre 10000€ e 49999€	entre 5 e 10 anos
	entre 1000€ e 4999€/ano	entre 2000€ e 9999€	entre 10 e 15 anos
	menos de 1000€/ano	menos de 2000€	mais de 15 anos

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA...

**C**

Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

Com base na auditoria energética, foi possível identificar as seguintes medidas de melhoria: Substituição das unidades do tipo Split por um sistema centralizado do tipo VRV, Substituição dos Computadores fixos por Portáteis, Instalação de painéis solares fotovoltaicos para produção descentralizada de energia, Instalação de Painéis Solares Térmicos para aquecimento de água.

### 5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

PAREDES	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m <sup>2</sup> .°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s) - Parede Exterior 30 (ITE 54 II.3) U=1,10 + 35%. Parede exterior simples, de 30.0 cm, sem isolamento, composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 30 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.444 W/m°C e resistência térmica de 0.676 m <sup>2</sup> C/W.	1,48	1,6


Entidade gestora



Entidades patrocinadoras



2/9

CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR		Nº CER CE0000046212318	
	Nº do perfil qualificado PQ00851	Data de emissão 12/05/2011	Data de validade 12/05/2017
• Parede Interior 10 (ITE 54 QII.3) U=2.2. Parede de separação com espaços interiores não aquecidos (T8 - Arquivo), simples, de 10.0 cm, sem isolamento, composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 10 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.22 W/m°C e resistência térmica de 0.455 m²C/W.	2,2		2
• Parede Interior 18 (ITE 54 QII.3) U=1.7. Parede de separação com espaços interiores não aquecidos (T8 - Arquivo), simples, de 18.0 cm, sem isolamento, composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 18 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.306 W/m°C e resistência térmica de 0.588 m²C/W.	1,7		2
• Parede Interior 30 (ITE 54 QII.3) U=1.1. Parede de separação com espaços interiores não aquecidos (Área Não Util 2), simples, de 30.0 cm, sem isolamento, composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 30 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.33 W/m°C e resistência térmica de 0.909 m²C/W.	1,1		2
• Parede Interior 10 (ITE 54 QII.3) U=2.2. Parede de separação com espaços interiores não aquecidos (T8 - Armazem), simples, de 10.0 cm, sem isolamento, composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 10 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.22 W/m°C e resistência térmica de 0.455 m²C/W.	2,2		1,6
<b>COBERTURAS</b>		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• Cobertura Pesada Horizontal (NT-SCE-01 QIII) U=2.60+35%. Cobertura plana composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.8775 W/m°C e resistência térmica de 0.285 m²C/W; 2) caixa de ar com 50 cm de espessura e resistência térmica de 0.160 m²C/W; 3) placa de gesso com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.5 W/m°C e resistência térmica de 0.030 m²C/W.	3,51	1	
• Cobertura Pesada Horizontal (NT-SCE-01 QIII) U=2.60+35%. Cobertura plana composta por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.8775 W/m°C e resistência térmica de 0.285 m²C/W; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	3,51	1	
<b>PAVIMENTOS</b>		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.1 W/m°C e resistência térmica de 0.150 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1,3	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.1 W/m°C e resistência térmica de 0.150 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W.	4,18	1,3	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.012 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W.	4,18	1,3	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.012 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W.	4,18	1,3	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.012 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 3) caixa de ar com 50 cm de espessura e resistência térmica de 0.160 m²C/W; 4) placa de gesso com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.5 W/m°C e resistência térmica de 0.030 m²C/W.	4,18	1	
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) mosaico cerâmico com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.012 m²C/W; 2) descrição			



genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1,3
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) soalho com 1,5 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 0.1 W/m°C e resistência térmica de 0.150 m²C/W; 2) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 3) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1,3
• Laje Genérica Pesada (NT-SCE-01 QIII) U=3.10+35%. Pavimento sobre espaço interior não aquecido composto por: 1) descrição genérica (cálculo simplificado) com 25 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.045 W/m°C e resistência térmica de 0.239 m²C/W; 2) argamassa e reboco tradicional com 2 cm de espessura, coeficiente de condutibilidade térmica de 1.3 W/m°C e resistência térmica de 0.015 m²C/W.	4,18	1

**PONTES TÉRMICAS PLANAS**

Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	
	da solução	máximo regulamentar
• Não aplicável		

**6. VÃOS ENVIDRAÇADOS**

Factor solar

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	da solução	
	da solução	máximo regulamentar
• Caixilharia (Metálico) de cor Intermediária; Vidro simples (4 mm); U = 5.70 W/m²C. Protecção interior com estore veneziano de lâminas metálicas de cor intermediária.	0,58	0,56
• Caixilharia (Metálico) de cor Intermediária; Vidro duplo com caixa de ar (4/8/4 mm); U = 3.54 W/m²C. Protecção interior com estore veneziano de lâminas metálicas de cor intermediária.	0,61	0,56

\*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

**7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO**

Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento	13098,6 kgep/ano	Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento	11479,5 kgep/ano
---	------------------	---	------------------

Nota: os consumos anuais nominais para aquecimento e arrefecimento devem ser afectados dos respectivos factores de correcção climática.

**SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA**

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)
<p>• O sistema de climatização identificado no edifício é constituído pelos seguintes equipamentos referentes a cada tipologia: O sistema de produção térmica na Tipologia "T1 - Escritórios AQ + AR" (zonas climatizadas por split's) é constituído por: sistema do tipo não centralizado constituído por equipamentos do tipo split, com uma potência frigorífica total de 79,96 kW e um EER ponderado de 2,75, e com uma potência calorífica total de 85,85 kW e um COP ponderado de 3,25; O sistema de produção térmica na Tipologia "T2 - Escritórios AQ + AR" (zonas climatizadas por sistemas centralizados do tipo VRV) é constituído por: sistema VRV a 2 tubos da Marca Daikin, Modelo RSGX08GY1, com uma potência frigorífica de 57,8 kW e um EER de 3,97, com uma potência calorífica de 63 kW e um COP de 4,34; sistema VRV a 2 tubos da Marca Daikin, Modelo RSGX08GY1, com uma potência frigorífica de 89 kW e um EER de 4,03, com uma potência calorífica de 75 kW e um COP de 4,38; O sistema de produção térmica na Tipologia "T5 - Escritórios AQ + AR" (bar climatizado por split's) é constituído por: equipamento do tipo split da Marca Panasonic, com uma potência frigorífica de 5 kW e um EER de 2,75, com uma potência calorífica de 6 kW e um COP de 3,25; O consumo de energia eléctrica no sector de equipamentos AVAC - Produção de Energia Térmica - ARREFECIMENTO é cerca de 13% do consumo Global Real do Edifício e de 11% do consumo Global Nominal do Edifício. O consumo de energia eléctrica no sector de equipamentos AVAC - Produção de Energia Térmica - AQUECIMENTO é cerca de 8% do consumo Global Real do Edifício e de 12% do consumo Global Nominal do Edifício.</p>

**Sugestões de medidas de melhoria associadas**

Proposta 4 No caso de futuras substituições das unidades exteriores de climatização (avarias, remodelações, etc.), considera-se que deverá existir uma selecção criteriosa dos equipamentos com base no perfil de necessidades térmicas das zonas a climatizar durante todo o período do ano, comparando a evolução dos rendimentos (COP) em função do regime de funcionamento dos equipamentos. Por outro lado, um dimensionamento da unidade exterior próximo das necessidades térmicas das zonas a climatizar, levará a que o sistema funcione grande parte do tempo a um regime de carga nominal. Na selecção de equipamentos novos de ar condicionado propõe-se a aquisição de equipamentos com a classe de eficiência A. Para efeitos de cálculo foram considerados equipamentos com



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER CE0000046212318

Nº do perfil qualificado PQ00851

Data de emissão 12/05/2011

Data de validade 12/05/2017

eficiência de ventilação de 80%

0 m³/h

5143,8 m³/h

### 13. CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS POLUENTES NO AR INTERIOR (MEDIDOS EM AUDITORIA)

Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data da auditoria
	10/02/2011

- A auditoria foi efectuada mês de Fevereiro de 2011. O edifício EDP situa-se na Rua José Pereira Araújo, 115 em Vila Nova de Gaia. O Edifício tem aproximadamente 3814 m<sup>2</sup> de área bruta, distribuída por 6 pisos, encontrando-se dividido pelas seguintes utilizações: Gabinetes, Instalações Sanitárias, Bar, Circulação, Garagem e Armazéns. A área total útil do edifício considerada para efeitos de certificação energética é de 3.147,9 m<sup>2</sup>. O edifício em estudo está situado numa zona urbana (Rugosidade I), no concelho de Vila Nova de Gaia (zona climática I2-V1-Norte). O edifício possui fachadas orientadas a Norte, Sul, Este e Oeste. As fachadas orientadas a Norte, Sul e Oeste confrontam com outros edifícios. A fachada orientada a Este confronta com outros edifícios e com zonas verdes. A produção de energia térmica no edifício em estudo é assegurada por um sistema de expansão directa do tipo não centralizado, constituído por equipamentos do tipo split, e por um sistema de expansão directa centralizado, do tipo VRV. Os sistemas VRV climatizam determinados espaços, sendo os restantes espaços com necessidades climatização, climatizados pelos equipamentos do tipo split. O sistema de AQS identificado no edifício destina-se a produção de água quente utilizada nos balneários, casas de banho e serviços de refeitório. A produção de água quente é assegurada por intermédio de termoacumuladores eléctricos localizados nas casas de banho dos vários pisos constituintes do edifício. Os valores das concentrações que constam na listagem em anexo resultam da realização de uma auditoria à QAI, segundo procedimento descrito na NT-SCE-02. Medições e colheitas de amostras efectuadas, num conjunto de 15 pontos de amostragem ao longo dos diversos pisos do edifício, mais 1 ponto no exterior. Devido ao tipo de actividade que ocorre nas instalações definiu-se que as medições deveriam ocorrer entre as 10h e as 18h, dado estes períodos serem representativos da normal ocupação das instalações. De acordo com o definido na NT-SCE-02 para cada registo de leitura, definiu-se um período mínimo de 5 min, por se tratar de sistemas de medição portáteis de leitura em tempo real dos parâmetros a medir. A qualidade do ar interior foi avaliada em vários locais, seleccionados de acordo com o estipulado no anexo V da NT-SCE-02, de forma a garantir a cobertura dos espaços mais representativos do edifício e também de forma a assegurar que os espaços seleccionados tivessem ocupação permanente e elevada densidade de ocupação. As medições foram realizadas em equipamentos devidamente calibrados. Os valores apresentados para a concentração dos poluentes dizem respeito ao valor máximo obtido em todas as medições realizadas no edifício por parâmetros, à excepção do CO<sub>2</sub> que corresponde ao valor máximo de todas as médias temporais obtidas para todos os espaços do edifício, objecto de amostragem. Todos os parâmetros encontram-se em conformidade com o estabelecido no RSECE no entanto, verificou-se valores CO<sub>2</sub> bastante elevados, pelo que se recomenda a instalação de ventilação mecânica nos Gabinetes. Foram recolhidas 2 amostras de água para análise de Legionella no sistema de AQS. Os tabuleiros de condensados das unidades de tratamento encontravam-se sem água. O edifício encontra-se localizado no Distrito do Porto, pelo que, não se procedeu à análise de Radão (4 pontos de medição). As principais não conformidades encontradas na avaliação das condições higiénicas e de manutenção no sistema AVAC foram as seguintes: Algumas condutas não têm portas de visita para efeitos de manutenção e inspecção. Não existe filtros após ventiladores de correias (Ventilador de Insuflação de Ar Novo). Elevado estado de sujidade e oxidação em alguns componentes dos equipamentos (Ventilador de Insuflação de Ar Novo).

Valores verificados em auditoria para os principais parâmetros e poluentes	Concentração medida	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 microns (PM10)	0,12 mg/m <sup>3</sup>	0,15 mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Carbono	1716,82 mg/m <sup>3</sup>	1800 mg/m <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono	4,99 mg/m <sup>3</sup>	12,5 mg/m <sup>3</sup>
Ozono	0 mg/m <sup>3</sup>	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Formaldeído	0,07 mg/m <sup>3</sup>	0,1 mg/m <sup>3</sup>
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	0,58 mg/m <sup>3</sup>	0,6 mg/m <sup>3</sup>
Microrganismos - bactérias	256 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Microrganismos - fungos	152 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Legionella	UFC/l	100 UFC/l
Radão	126 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 3 Apesar dos valores se encontrem dentro dos limites das concentrações definidas verificou-se valores de dióxido de carbono e Compostos orgânicos elevados, pelo que se recomenda a instalação de ventilação mecânica nos Gabinetes.

### 14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

Descrição da(s) solução(ões) e/ou estratégia(s) adoptada(s) e elementos relevantes

- O Plano de manutenção foi revisto, uma vez que o existente não cumpria o Artigo 19º ponto 2 e 3 do DL 79/2006. Desta foi elaborado um Plano de Manutenção com a descrição detalhada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas energéticos e da optimização da QAI, em função dos vários tipos de equipamentos e das características específicas dos seus componentes e das potenciais fontes poluentes do ar interior, com a Periodicidade das operações de manutenção preventiva e de limpeza de todos os equipamentos, estando os mesmos classificados de acordo com famílias. O plano de Manutenção tem também uma descrição e caracterização sumária do edifício e dos respectivos compartimentos interiores climatizados. Com a ocupação do edifício deverá ser revisto de forma a indicar o tipo de actividade



habitualmente desenvolvida, do nº médio de utilizadores distinguindo se possível os permanentes dos ocasionais, da área climatizada total e potência térmica total. Encontra-se também descrito no plano a listagem dos técnicos e respectiva qualificação profissional.

## 15. TÉCNICOS RESPONSÁVEIS

### TÉCNICO RESPONSÁVEL PELO FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DE CLIMATIZAÇÃO E PELA QAI

Nome do técnico Mário Gomes

Ordem ou Associação Profissional A.N.E.T.

Nº de membro 8028

### TÉCNICO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nome do técnico Manuel Bangueses

Empresa Sotecnica – Sociedade Electrotécnica, S.A

Nº de alvará 55  
IMOPPI / InCI

### TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nome do técnico Manuel Bangueses

Empresa Sotecnica – Sociedade Electrotécnica, S.A

Nº de alvará 55  
IMOPPI / InCI

## 16. INPECÇÕES PERIÓDICAS A CALDEIRAS, SISTEMAS DE AQUECIMENTO E EQUIP. DE AR CONDICIONADO

### CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

- Não aplicável

### SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

- Não aplicável

### EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

- A inspeção ao sistema foi realizada no período de auditoria. Os equipamentos encontram-se em normal estado de funcionamento. Não existem ocorrências graves a registar. Na inspeção visual, verificação do estado manutenção, teste funcionamento e verificação dos equipamentos de controlo não foram observadas quaisquer anomalias.

## OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Simulação Dinâmica efectuada no Software Energyplus V3.1 com recurso à modelação do Edifício da EDP situado em Vila Nova de Gaia em 6 zonas térmicas com características distintas em termos de ocupação, densidade de equipamento e perfil de utilização. As zonas foram separadas por tipo de actividade, nomeadamente: T1 Escritórios AQ + AR; T2 Escritórios AQ + AR; T3 Escritórios AQ + AR; T4 Estacionamento (estacionamento: 10 horas /dia segunda a sexta - Escritórios); T5 Escritórios AQ + AR; T6 Armazéns (Armazéns: 7 horas /dia todos os dias - Outros); A simulação no Energyplus foi efectuada com os seguintes parâmetros: Simulação com base no Ficheiro Climático do Porto fornecido pelo Inet; A orientação definida foi de 75,2º Norte; O nº máximo de "Warmup Days" foi de 25; Algoritmos de Convecção das Superfícies Interiores e exteriores- Detalhado – "CTF"; Nº simulações por Hora: 4; Local: Vila Nova de Gaia; Latitude: 41º07'43.16"N; Longitude: 8º38'00.61"O; Fuso Horário: 0; Altitude: 81 m; Dia de cálculo para Verão: 21/07; Dia de cálculo para Inverno: 21/01; Período de Simulação: 1 de Janeiro a 31 de Dezembro; Fração Radiante da Iluminação (Valor médio): 0.2; Fração Radiante do Equipamento (Valor médio): 0.3; Termóstatos: 25-20°C ±2°C. Simulação AVAC efectuada com base no Template: IdealLoadsAirSystem. Em relação às perdas pelas Pontes Térmicas Lineares considerou-se a simplificação das mesmas, utilizando um agravamento do consumo anual de aquecimento em 5% das diversas zonas climatizadas. O valor relativo ao consumo da iluminação com balastos electrónicos foi agravado em 5% e com balastos ferromagnéticos em 25% de acordo com indicações de fabricantes. O cálculo do IEE nominal foi efectuada com a ponderação das 6 zonas: Escritórios AQ + AR; Escritórios AQ + AR; Escritórios AQ + AR; Estacionamento; Escritórios AQ + AR; Armazéns; utilizando para o efeito a introdução de todos os consumos do edifício em folha de cálculo "RSECE Simulation K2000 V10.6: Aquecimento (Energyplus) afecto do Factor de Correção e agravado com as PTL. Arrefecimento (Energyplus) afecto do Factor de Correção, Iluminação Interior e Exterior (Realidade), Equipamento Nominal (DL79/2006), Equipamento associado à climatização (Bombas, UTAN, Ventiladores, ...) com perfil horário Real, Águas Quentes Sanitárias, Elevadores e Bombas de Esgoto. Esta folha de cálculo tem como base critérios e cálculos do DL79/2006 e P&R da ADENE. As densidades utilizadas para as simulações foram as seguintes: Na tipologia Escritórios AQ + AR considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Gabinetes: Simulação Nominal: Ocupação 15 m2/ocupante o que perfaz 55 pessoas; Densidade de iluminação de 12 W/m2; Densidade de ar novo de 6 m3/h /m2 o que perfaz 5.144 m3/h; Densidade de equipamento de 15 W/m2; Simulação Real: Ocupação 8,3 m2/ocupante o que perfaz 100 pessoas; Densidade de iluminação de 12 W/m2; Densidade de ar novo de 0 m3/h /m2; Densidade de

Entidade gestora



Entidades supervisoras



8/9



equipamento de 14,8 W/m<sup>2</sup>; Na tipologia Escritórios AQ + AR considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Gabinetes: Simulação Nominal: Ocupação 15 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 47 pessoas; Densidade de iluminação de 15 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 6 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup> o que perfaz 4.438 m<sup>3</sup>/h; Densidade de equipamento de 15 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 10,6 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 67 pessoas; Densidade de iluminação de 15 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 3 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup> o que perfaz 1.850 m<sup>3</sup>/h; Densidade de equipamento de 5,4 W/m<sup>2</sup>; Na tipologia Escritórios AQ + AR considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Gabinetes: Simulação Nominal: Ocupação 15 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 3 pessoas; Densidade de iluminação de 16 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 6 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup> o que perfaz 257 m<sup>3</sup>/h; Densidade de equipamento de 15 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 20,6 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 2 pessoas; Densidade de iluminação de 16 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 0 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 3,9 W/m<sup>2</sup>; WC: Simulação Nominal: Ocupação 15 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 16 pessoas; Densidade de iluminação de 6 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 00 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 15 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 06 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 00 m<sup>3</sup>/h /; Densidade de equipamento de 3,9 W/m<sup>2</sup>; Circulação: Simulação Nominal: Ocupação 15 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 45 pessoas; Densidade de iluminação de 10 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 6 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup> o que perfaz 4.230 m<sup>3</sup>/h; Densidade de equipamento de 15 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 10 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 00 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 3,9 W/m<sup>2</sup>; Na tipologia Estacionamento considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Garagem: Simulação Nominal: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 2 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 00 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 2 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 2 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 0 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 0 W/m<sup>2</sup>; Na tipologia Escritórios AQ + AR considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Bar: Simulação Nominal: Ocupação 15 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 3 pessoas; Densidade de iluminação de 12 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 44 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup> o que perfaz 1.908 m<sup>3</sup>/h; Densidade de equipamento de 15 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 10,9 m<sup>2</sup>/ocupante o que perfaz 4 pessoas; Densidade de iluminação de 12 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 0 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 71,5 W/m<sup>2</sup>; Na tipologia Armazéns considerou-se as seguintes densidades para a simulação: Armazéns: Simulação Nominal: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 7 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 0 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 5 W/m<sup>2</sup>; Simulação Real: Ocupação 0 m<sup>2</sup>/ocupante; Densidade de iluminação de 7 W/m<sup>2</sup>; Densidade de ar novo de 0 m<sup>3</sup>/h /m<sup>2</sup>; Densidade de equipamento de 0 W/m<sup>2</sup>; O cálculo do IEE Real foi efectuado com base no IEE Nominal, no levantamento no local de todos os equipamentos e nas medições efectuadas no local, nomeadamente Quadros Eléctricos e Equipamentos. Nas medições foram utilizados analisadores de tensão e consumo. Estas medições foram efectuadas de forma a aferir a simulação nominal com os dados reais e criar um modelo mais próximo da realidade. O valor obtido encontra-se dentro do intervalo relativo a 10% do consumo anual real do edifício, possibilitando verificar a Classe Energética Real do Edifício (IEEReal=25,18 kep/m<sup>2</sup>.ano é menor que IEEReal Facturas +10%=28,75 kep/m<sup>2</sup>.ano e maior que IEEReal Facturas-10%=23,52 kep/m<sup>2</sup>.ano). Na análise dos IEE foi verificada as 3 condições possíveis do edifício estar sujeito a um PRE: 1) IEEReal Facturas < IEEReferência Existentes; 2) IEEReal < IEEReferência Existentes 3) IEENominal < IEEReferência Existentes. Como todas as condições são verdadeiras, o edifício não está sujeito a PRE. Foi solicitado ao Técnico Responsável do Edifício elementos para comprovar a sua experiência profissional na área da Manutenção AVAC de Grandes Edifícios. De acordo com os elementos fornecidos, nomeadamente currículo profissional, comprovamos a sua aptidão para ser o responsável pelo edifício. Foi fornecido pelo cliente os seguintes elementos que serviram de base para a simulação do edifício: Plantas de Arquitectura; Certidão do Registo Comercial da Conservatória.

## **Anexo VI – Fichas técnicas dos materiais utilizados**

Ficha técnica do produto

**OSRAM**

### L 36 W/954

LUMILUX DE LUXE T8 | Lâmpadas fluorescentes tubulares de 26 mm, com base G13



#### Áreas de aplicação

- Ideal quando a reprodução de cor é um fator importante
- Prédios públicos
- Lojas
- Supermercados e lojas de departamentos
- Indústria

#### Benefícios do produto

- Excelente reprodução de cor
- Cores naturais
- Disponível em diferentes tonalidades (3,000...6,500 K) para várias aplicações
- Fluxo luminoso alto

#### Características do produto

- Ótimo grupo de reprodução de cor : 1A ( $R_a \geq 90$ )
- Longa vida útil: até 16.000 h (com reator eletrônico de pré-aquecimento)
- Dimerizável



Agosto 10, 2016, 03:43:24  
L 36 W/954

© 2016, OSRAM GmbH. Todos os direitos reservados  
Página 1 de 5

## Ficha técnica do produto

### Dados técnicos

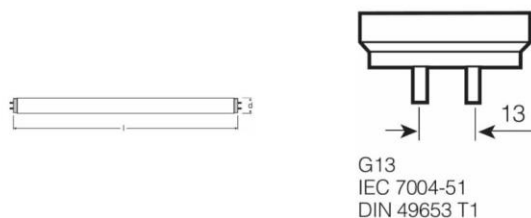
#### Dados Elétricos

Potência nominal	36,00 W
Eficiência luminosa (alta frequência 25)	Under clarification by authority and standardization body
Eficiência luminosa (condições normais)	79 lm/W
potência nominal	36,00 W

#### Dados fotométricos

Índice de reprodução de cor Ra	≥90
Fluxo luminoso	2850 lm
Fluxo luminoso a 25 °C	2850 lm
Tonalidade da luz	954
Temperatura de cor	5400 K
Fluxo luminoso nominal	2850 lm
Tonalidade (designação)	LUMILUX DE LUXE Daylight
Manutenção do fluxo luminoso em 2.000 h	0,96
Manutenção do fluxo luminoso em 4.000 h	0,94
Manutenção do fluxo luminoso em 6.000 h	0,93
Manutenção do fluxo luminoso em 8.000 h	0,91
Manutenção do fluxo luminoso em 12.000 h	0,91
Manutenção do fluxo luminoso em 16.000 h	0,90
Manutenção do fluxo luminoso em 20.000 h	0,89

#### Dimensões e peso



Diâmetro do tubo	26 mm
Comprimento	1200 mm
Comprimento da base excluindo os pinos	1200,00 mm

Ficha técnica do produto

Diâmetro	26,0 mm
Diâmetro máximo	26,0 mm

Temperaturas e condições de funcionamento

Temp. ambiente com fluxo luminoso máximo	25,0 °C
--	---------

Espectativa de Vida

Tempo de operação	16000 h <sup>1)</sup>
Vida mediana	20000 h <sup>1)</sup>
Índice de mortalidade em 2.000 h	0,99
Índice de mortalidade em 4.000 h	0,99
Índice de mortalidade em 6.000 h	0,99
Índice de mortalidade em 8.000 h	0,99
Índice de mortalidade em 12.000 h	0,99
Índice de mortalidade em 16.000 h	0,90
Índice de mortalidade em 20.000 h	0,50
Modo de operação (Vida útil)	HF
Vida	20000 h
Vida nominal	20000 h

<sup>1)</sup> Com pré-aquecimento ECG

Informação adicional do produto

Soquete (base)	G13
Quantidade de mercúrio	4,5 mg
Tratamento de resíduos conforme WEEE	Sim

Atributos

Adequado para aplicações internas	Sim
-----------------------------------	-----

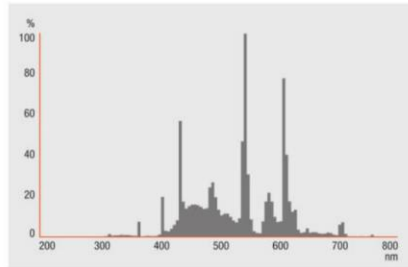
Normas e Certificações

Classe de eficiência energética	A
Consumo de energia	43 kWh/1000h

## Ficha técnica do produto

### Curva de distribuição

---

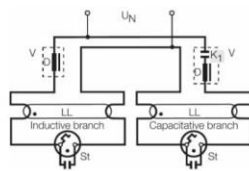


### Distribuição espectral

---

#### Instruções de segurança

No caso de quebra da lâmpada: [www.osram.com/brokenlamp](http://www.osram.com/brokenlamp)



### Esquema de ligação

---

#### Dados de Logística

Agosto 10, 2016, 03:43:24  
L 36 W/954

© 2016, OSRAM GmbH. Todos os direitos reservados  
Página 4 de 5

Ficha técnica do produto

Código do produto	Descrição do produto	Embalagem unitária (peças/unidade)	Dimensões (comprimento x largura x altura)	Volume	Peso bruto
4050300018263	L 36 W/954		1111 mm x 284 mm x 145 mm	45.75 dm <sup>3</sup>	4870.00 g

O código do produto mencionado indica a quantidade mínima a ser adquirida. Uma caixa unitária pode conter um ou mais produtos. Quando for colocar o pedido de compras, indique uma quantidade unitária ou múltiplos da caixa unitária.

---

Referências / Links

Para mais informações sobre os reatores eletrônicos QUICKTRONIC, visite  
▶ [www.osram.com/QUICKTRONIC](http://www.osram.com/QUICKTRONIC)

---

Retratação

Sujeito a alteração sem prévio aviso. Sempre utilize a versão mais recente.

### ST8A-HF 18.4 W/865 1200 mm

SubstiTUBE Advanced HF | Tubos LED de alto desempenho para balastros eletrônicos de alta frequência



#### Áreas de aplicação

- Iluminação em geral dentro de temperaturas ambiente de -20...+50 °C
- Iluminação de áreas de produção
- Áreas de tráfego e corredores
- Supermercados e lojas de departamentos
- Indústria

#### Benefícios do produto

- Substituição rápida, simples e segura sem religação
- Acendimento instantâneo, portanto, ideal para uso em combinação com tecnologia de sensor
- Resistência máxima às mudanças de cargas
- Operação correta mesmo à baixas temperaturas
- Extremamente resistente à quebra graças ao dissipador de alumínio e à tampa de policarbonato

#### Características do produto

- Brilhante, robusta, durável
- Iluminação uniforme
- Sem mercúrio e em conformidade com RoHS
- Tipo de proteção: IP20
- Reator eletrônico / fonte integrado com fator de potência alto



Ficha técnica do produto

Dados técnicos

Dados Elétricos

Potência nominal	18,40 W
potência nominal	18,40 W
Tensão nominal	63,0 V
Corrente nominal	0,35 A
Tipo de corrente	Corrente alternada (AC)
Fator de potência $\lambda$	> 0,90
Eficiência luminosa (condições normais)	125 lm/W

Dados fotométricos

Tonalidade (designação)	Cool Daylight
Temperatura de cor	6500 K
Fluxo luminoso nominal	2300 lm
Fluxo luminoso	2300 lm
Índice de reprodução de cor Ra	>80
Desvio padrão de combinação de cores	≤4 sdc <sub>m</sub>

Dados Luminotécnicos

Tempo de ligamento	< 0,5 s
Tempo de aquecimento (60 %)	< 2,00 s
Ang. Abert. Méd. (metade valor de pico)	160,00 °

Dimensões e peso

Comprimento	1200 mm
Comprimento da base excluindo os pinos	1200,00 mm
Diâmetro do tubo	27,5 mm
Diâmetro da base	25,7 mm
Peso do produto	232,00 g
Diâmetro máximo	28,0 mm

Temperaturas e condições de funcionamento

Temperatura ambiente	-20...+50 °C
----------------------	--------------

Espectativa de Vida

Vida nominal	50000 h
Vida	50000 h
Manutenção de Lumen (fim vida nominal)	0,70

## Ficha técnica do produto

Número de ciclos de Liga e Desliga	200000
------------------------------------	--------

### Informação adicional do produto

Soquete (base)	G13
Sem mercúrio	Sim

### Atributos

Dimerizável	Não
-------------	-----

### Normas e Certificações

Tipo de protecção	IP20
Normas	CE
Classe de eficiência energética	A+
Consumo de energia	22 kWh/1000h

### Categoria específica para o país

ILCOS	DR-18,4/865-G13-26/1200
Referência do pedido	ST8A-1.2M 18,4W

### Dados logísticos

Temperatura de armazenagem	-20...80 °C
----------------------------	-------------



### Outros gráficos

#### Dados de Logística

Código do produto	Descrição do produto	Embalagem unitária (peças/unidade)	Dimensões (comprimento x largura x altura)	Volume	Peso bruto
-------------------	----------------------	------------------------------------	--	--------	------------

Ficha técnica do produto

---

4052899943056	ST8A-HF 18.4 W/865 1200 mm	1335 mm x 166 mm x 182 mm	40.33 dm <sup>3</sup>	8283.00 g
---------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------	-----------

---

O código do produto mencionado indica a quantidade mínima a ser adquirida. Uma caixa unitária pode conter um ou mais produtos. Quando for colocar o pedido de compras, indique uma quantidade unitária ou múltiplos da caixa unitária.

---

Retratação

Sujeito a alteração sem prévio aviso. Sempre utilize a versão mais recente.

## Normas

Os vidros de capa SGG COOL-LITE ST respondem as exigências de durabilidade da classe B da norma Europeia EN 1096-1 e 2.

## Performances

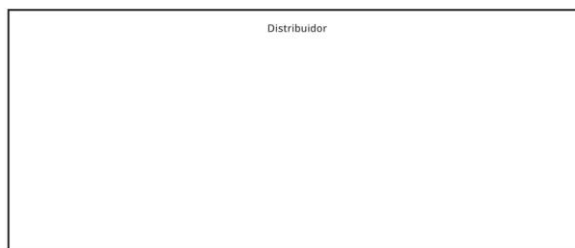
Vidro duplo SGG CLIMALIT® PLUS SOLAR CONTROL					
Vidro SGG COOL-LITE Exterior	ST108	ST120	ST136	ST150	ST167
Interior	SGG PLANITHERM XN				
Composição (mm)	6 (16) 6	6 (16) 6	6 (16) 6	6 (16) 6	6 (16) 6
Posição da capa					
-Controlo Solar face	2	2	2	2	2
-Baixa Emissividade face	3	3	3	3	3
Factores Luminosos					
TL %	8	19	33	46	61
RLe %	44	32	23	19	21
RLl %	34	27	21	20	21
UV TUV %	4	9	15	19	24
Factores Energéticos					
Te %	5	14	23	33	44
REe %	40	29	21	20	26
AE1 %	54	56	53	44	25
AE2 %	1	2	3	4	5
Factor Solar	0,08	0,18	0,28	0,38	0,49
Coef. de Sombra	0,1	0,21	0,33	0,44	0,57
Coeficiente U (W/m2K)					
Ar	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Árgon 90%	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Valores espectrofotométricos dados segundo as normas EN 673 e standard de CEN4 10 estão sujeitos a alteração.  
SGG COOL-LITE XTREME 60/28 cumpre com os requisitos da Classe C da norma EN 1096 e evidencia marcação CE.

Edição: Dezembro 2014

**SAINT-GOBAIN**

Saint-Gobain Glass Portugal, Vidro Plano S.A.  
EN 10 – apartado 1713  
2691-652 Santa Iria de Azoia  
Tel: +351 219 534 600  
www.saint-gobain-glass.com  
Mkt.sggps@saint-gobain.com  
www.climalit.pt



SGG CLIMALIT ACOUSTIC, SGG CLIMALIT® PLUS, SGG CONTOUR, SGG COOL-LITE, SGG EMALIT REFLET, SGG POINT, SGG PLANIDUR, SGG PLANICLEAR, SGG PLANITHERM XN, SGG SECURIT, SGG STADIP, SGG STADIP PROTECT e SGG STADIP SILENCE são marcas registadas pela Saint-Gobain.