



Reabilitação de um Edifício de Serviços e sua Convergência para NZEB

MARIA JOANA VILLARINHO PEREIRA DE MAGALHÃES MESQUITA
(Licenciada em Engenharia Civil)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil

Orientador:

Especialista João António Antunes Hormigo

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:

Especialista João Carlos dos Santos Barata

Especialista João António Antunes Hormigo

Novembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Especialista João António Antunes Hormigo, pela disponibilidade na escolha e orientação deste tema e pelos conhecimentos que me transmitiu, fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação.

Gostaria de agradecer a toda a minha família, em especial ao meu Pai e à Tia Bébé, por tudo. Espero que esta etapa que agora termino possa de alguma forma retribuir todo o carinho e apoio que constantemente me oferecem.

Gostaria de agradecer ao João, meu marido, pelo seu apoio incondicional e por acreditar sempre em mim e naquilo que faço.

Gostaria de agradecer também a todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo de todo o meu percurso académico.

Dedico esta dissertação ao meu filho Salvador, pois tem sido para mim uma fonte de inspiração que me tem dado força e garra para conquistar os meus objetivos.

RESUMO

Atualmente a situação mundial energética está a sofrer grandes mudanças, quer por força da economia, diretamente ligada à crescente procura global de energia, quer por força das alterações climáticas que nos obrigam a uma ação imediata e organizada para travar o aumento das emissões de Gases com Efeito de Estufa e que tanto prejudicam o nosso planeta.

O sector dos edifícios é responsável por uma grande parte do consumo de energia mundial e, como tal, a União Europeia publicou a nova Diretiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios de 2010, que obriga os Estados-Membros a submeterem um conjunto de medidas que procurem aumentar a eficiência energética dos edifícios, convertendo-os em “*nearly zero energy buildings*” (NZEBs).

O conceito NZEB deixou de ser entendido como um conceito do futuro, mas como uma solução realista para a redução das emissões de GEE e do consumo de energia no sector da construção.

Assim, torna-se urgente e de extrema importância estudar e encontrar novas soluções e tecnologias que potenciem um maior desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as condições climáticas e locais, o conforto interior e a rentabilidade económica.

O presente trabalho insere-se na temática dos NZEBs e teve como objetivo a realização de um estudo sobre um conjunto de medidas a aplicar num edifício existente, localizado em Lisboa, de forma a proporcionar uma melhoria no seu desempenho energético e, conseqüentemente, atingir o requisito NZEB.

Este estudo baseou-se nas simulações de desempenho energético do edifício, produzidas com o auxílio do *software* de modelação tridimensional REVIT, uma ferramenta BIM. Inicialmente foi efetuada a simulação baseada no estado atual do edifício, e posteriormente com as medidas de melhoria energética adotadas, procedendo-se finalmente à comparação de resultados de consumos energéticos e à análise custo-benefício.

Palavras-chave: NZEB, Eficiência Energética, Reabilitação, Energias renováveis, REVIT

ABSTRACT

Currently the world energy situation is changing, either by virtue of the economy, directly linked to the increasing global demand for energy, either by virtue of climate change that require an immediate and organized action to stop the increase of greenhouse gas (GHG) emission to the atmosphere, which are harmful for our planet.

The building sector is globally responsible for a significant part of energy consumption, as recognized by the European Union (EU) with the issue of a new Directive on Energy Performance of Buildings in 2010, which obliges Member States to set minimum requirements for the buildings energy performance, converting them into "nearly zero energy buildings" (NZEBs).

The NZEB concept is no longer seen as a concept of the future, but as a realistic approach in order to reduce the GHG emission and rationalize the energy consumption within the building sector.

Therefore, it is urgent and extremely important to study and find new solutions and technologies that enhance a better energy performance of buildings, taking into account climatic and local conditions as well as indoor comfort and an optimal relationship cost-effectiveness.

The present dissertation is related to the NZEB concept and aimed to analyze a set of measures to be implemented in an existing building located in Lisbon, in order to provide an improvement in its energy performance and therefore achieve an NZEB classification.

The approach for the analysis that was undertaken was based on the simulations of the building energy performance, using the three-dimensional modeling software REVIT, a BIM tool. Initially the simulation was performed based on the current state of the building and on a second stage of the analysis with the energy improvement measures that were adopted. Finally, it was possible to compare results of energy consumptions and the cost-benefit analysis.

Key words: *NZEB, Energy Efficiency, Building Rehabilitation, Renewable Energy, REVIT*

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

ADENE – Agência para a Energia

AIE – Agência Internacional de Energia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*

BIM – *Building Information Modeling*

BPIE – *Buildings Performance Institute Europe*

B_{sk} – Clima árido

CAD – *Computer Aided Design*

CE – Comissão Europeia

CO₂ – Dióxido de Carbono

C_{sa} – Clima temperado com verão quente e seco

C_{sb} – Clima temperado com verão seco e suave

DGEG – Direção Geral para a Energia e Geologia

DL – Decreto Lei

EE – Eficiência Energética

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

EPS – Poliestireno expandido

ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*

EU – *European Union*

FV – Fotovoltaica

G – Fator solar

GEE – Gases com Efeito Estufa

IA – Instituto do Ambiente

ICB – Aglomerado de cortiça expandida

IEA – *International Energy Agency*

IEE – Indicador de Eficiência Energética

IEE_{nom} – Indicador de Eficiência Energética nominal

IEE_{ref} – Indicador de Eficiência Energética de referência

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LED – *Light-Emitting Diode*

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

MW – Lã mineral

nZEB – *net Zero Energy Building*

NZEB – *Nearly Zero Energy Building*

PE – Parede exterior

PS – Parede interior

QGBT – Quadro geral de baixa tensão

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

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

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RESP – Rede elétrica de serviço público

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

SEEP – Sistema de etiquetagem energética de produtos

SGT – Sistema de gestão técnica

U – Coeficiente de Transmissão Térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

UE – União Europeia

UPS – Unidade ininterrupta de energia

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

XPS – Poliestireno expandido extrudido

ZEB – *Zero Energy Building*

GLOSSÁRIO

Área Útil – Superfície utilizável por pessoas;

Área Bruta – Superfície edificada nos diversos níveis ou pisos, entendida como a soma das áreas de cada piso, medida pelo perímetro das paredes exteriores;

Condutibilidade Térmica – Propriedade térmica típica de um material homogéneo que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e de área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces. Assim, a condutibilidade térmica caracteriza a maior ou menor facilidade de transferência de calor, ou seja, de condução de calor por parte dos materiais;

Coefficiente de transmissão térmica – O coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente, é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa;

Certificado SCE – É um documento com número próprio, emitido por um perito qualificado, com vista à certificação energética de um determinado edifício ou fração, caracterizando-o em termos de desempenho energético;

Emissividade – Quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura;

Energia Primária – Energia que entra no sistema enérgico sem sofrer qualquer alteração. Esta energia, ao ser transformada dá origem à energia final;

Energia Final – Energia resultante do processo de transformação da energia primária. É a energia que acaba por ser disponibilizada em diversas formas (eletricidade, combustíveis, gás, etc.);

Energias renováveis – Energia proveniente de fontes não fósseis e renováveis, nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, hídrica, de biomassa e de biogás;

Envolvente – É conjunto de elementos de construção do edifício ou fração, compreendendo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos, que separam o espaço interior útil do ambiente exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis e do solo;

Fator solar – O Fator solar do envidraçado é o quociente entre a energia transmitida para o interior através de um vão envidraçado com o respetivo dispositivo de proteção e a energia da radiação solar que nele incide.

Fração – Unidade autónoma, distinta e isolada, e com acesso próprio;

Sistema de climatização centralizado – Sistema de climatização em que os equipamentos de produção térmica se concentram numa instalação distinta dos espaços a climatizar, sendo o frio, calor ou humidade transportados por um fluido térmico;

Sistema passivo – Sistema construtivo concebido especificamente como forma de reduzir as necessidades energéticas dos edifícios, sem que o conforto térmico dos ocupantes seja comprometido;

Temperatura de Bulbo Seco - Temperatura medida na situação ambiente de determinado local;

Temperatura de Bulbo Húmido - Temperatura em estado estacionário atingida por uma pequena porção de líquido que evapora em uma grande quantidade de ar húmido não saturado. A temperatura de bulbo húmido é a temperatura mais baixa que pode ser alcançada apenas pela evaporação da água;

Ventilação natural – Ventilação ao longo de trajetos de fugas e de aberturas no edifício, possibilitada devido às diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar.

Watt-pico (Wp) – Unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência em W fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório. É a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	vii
GLOSSÁRIO	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Motivação e enquadramento do tema	1
1.2. Objetivo	1
1.3. Metodologia e Estrutura	3
2. ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1. Enquadramento do tema	5
2.2. NZEB – “ <i>Nearly Zero Energy Building</i> ” e nZEB – “ <i>net Zero Energy Building</i> ”..	16
2.3. Principais passos para alcançar o requisito NZEB	25
2.4. Aplicação do conceito NZEB.....	26
2.5. Estratégias para melhorar a eficiência energética	28
2.5.1. Otimização da envolvente.....	29
2.5.1.1. Envolvente opaca.....	30
2.5.1.2. Envolvente envidraçada.....	32
2.5.2. Sistemas passivos	33
2.5.2.1. Sistemas passivos de arrefecimento	33
2.5.2.2. Sistemas passivos de aquecimento	37
2.5.3. Energias renováveis.....	38
2.5.3.1. Energia solar	39
2.5.3.2. Energia eólica.....	43
2.5.3.3. Energia geotérmica	44
2.5.4. Iluminação.....	44
2.5.5. Equipamentos	45
3. CASO DE ESTUDO – EDIFÍCIO DE SERVIÇOS EM LISBOA.....	49
3.1. Caracterização do edifício	49
3.1.1. Localização.....	49
3.1.2. Caracterização climática do local	50
3.2. Descrição do Edifício.....	52
3.2.1. Caracterização da envolvente exterior e interior opaca	52
3.2.2. Caracterização da envolvente envidraçada	53

3.2.3.	Climatização	56
3.2.4.	Iluminação	61
3.2.5.	Equipamentos	66
3.2.5.1.	Sistemas informáticos	67
3.2.5.2.	Elevadores	68
3.2.5.3.	Restantes equipamentos	70
3.2.6.	Serviços elétricos	72
3.2.6.1.	Alimentação de Energia	72
3.2.6.2.	Sistemas de Emergência	72
3.2.7.	Caracterização energética do edifício	74
4.	COMPORTAMENTO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO	77
4.1.	Building Information Modeling – BIM	77
4.2.	Simulação energética do edifício no estado atual	82
4.2.1.	Indicador de eficiência energética	87
4.2.2.	Determinação da classe energética	88
5.	PROPOSTAS PARA MELHORIA DO COMPORTAMENTO ENERGÉTICO	89
5.1.	Medida 1 – Sistema de Iluminação LED	89
5.1.1.	Simulação energética da Medida 1	90
5.2.	Medida 2 – Substituição dos vãos envidraçados	93
5.2.1.	Simulação energética da Medida 2	93
5.3.	Medida 3 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas	96
5.3.1.	Simulação energética da Medida 3	97
5.4.	Medida 4 – Instalação de Unidade de Minigeração Fotovoltaica	99
5.4.1.	Simulação energética da Medida 4	99
5.5.	Combinação 1 – Sistema ETICS + vãos envidraçados	102
5.6.	Combinação 2 - Sistema ETICS + vãos envidraçados + LED	104
5.7.	Simulação Energética do conjunto de todas as medidas	106
5.8.	Viabilidade Económica	109
5.8.1.	Viabilidade Económica da Medida 1 – Sistema de iluminação LED	109
5.8.2.	Viabilidade Económica da Medida 2 – Sistema de novos vãos envidraçados	110
5.8.3.	Viabilidade Económica da Medida 3 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas	111
5.8.4.	Viabilidade Económica da Medida 4 – Instalação de Unidade de Minigeração Fotovoltaica	111
5.8.5.	Viabilidade Económica da Combinação 1 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas e dos envidraçados	112

5.8.6. Viabilidade Económica da Combinação 2 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas, dos envidraçados e iluminação	113
5.8.7. Viabilidade Económica da aplicação de todas as medidas	113
6. CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXO A – Certificado Energético.....	123
ANEXO B – Relatórios da Análise de Energia do Autodesk Revit	135
ANEXO C – Características dos Elementos Utilizados	149

Índice de Figuras

Figura 1 - Cronologia de normas no âmbito do consumo de energia no sector dos edifícios (Fonte: autor).....	8
Figura 2 - Classes energéticas [Fonte: ADENE].....	10
Figura 3 - Metodologia para a determinação dos níveis ótimos de rentabilidade (Adaptado de [11]).....	13
Figura 4 – Representação esquemática do balanço energético nulo (nZEB) (Adaptado de [45])20	
Figura 5 - Estratégias para melhorar o nível de eficiência energética de edifícios [29].....	21
Figura 6 – Princípios do nZEB (Adaptado de [12])	24
Figura 7 - NZEB: balanço entre duas ações (Adaptado de [45])	25
Figura 8 - Edifício Solar XXI, Portugal (Fonte: LNEG).....	27
Figura 9 - Zonas Climáticas em Portugal Continental de Inverno (esq.) e de Verão (dir.) [31] .	29
Figura 10 - Cobertura invertida acessível a pessoas (Fonte: Imperialum)	31
Figura 11 - Janela com vidro duplo [Fonte: Novo Projecto].....	33
Figura 12 - Ventilação natural (Fonte: LNEG)	34
Figura 13 - Arrefecimento pelo solo (Fonte: LNEG).....	35
Figura 14 - Proteção exterior horizontal de sombreamento (Fonte: Alumínios Amiense)	36
Figura 15 - Sistema de ganho direto (Fonte: Blog Construir).....	37
Figura 16 - Parede de Trombe no Inverno (esq.), Outono/Primavera (centro), Verão (dir.) (Fonte: CAD, Companhia de Arquitectura e Design)	38
Figura 17 - Sistema de termossifão (esq.) e sistema de circulação forçada (dir.) (Adaptado de [26]).....	40
Figura 18 - Esquema de funcionamento do termossifão (Fonte: Sonnenkraft).....	40
Figura 19 - Esquema de funcionamento de um sistema de circulação forçada (Fonte: Sonnenkraft).....	41
Figura 20 – Exemplos de aplicação de painéis fotovoltaicos (Fonte: EDP)	42
Figura 21 – Mini-aerogerador (Fonte: Bornay).....	43
Figura 22 - Lâmpadas tubulares LED (Fonte: Aquaflux)	45
Figura 23 – Etiqueta Energética da União Europeia de um Sistema AVAC [2].....	46
Figura 24 - Etiqueta Energética de Produtos SEEP [2].....	48
Figura 25 - Etiquetas "Energy Star" (esq.) e "EU Ecolable" (dir.) (Fonte: Ecolable Index).....	48
Figura 26 - Localização do edifício em Lisboa (Fonte: Google Maps)	49
Figura 27 - Localização do edifício em Lisboa (Fonte: Google Maps)	50
Figura 28 - Identificação do tipo de clima em Portugal (Fonte: IPMA)	51
Figuras 29 e 30 – Chillers/Bombas de Calor (Fonte: autor).....	56
Figura 31 – UTAN (Fonte: autor)	57
Figuras 32 e 33 – Insuflação (esq.) e Extração (dir.) do teto falso (Fonte: autor).....	57
Figura 34 – Ventiladores de insuflação (esq.) e de extracção (dir.) [23]	58
Figura 35 – Split (Fonte: autor).....	58
Figura 36 – Ventilador de extração das garagens [23].....	70
Figura 37 – Ventilador de extração das instalações sanitárias [23].....	70
Figura 38 - Grupo de emergência [23].....	73
Figura 39 – Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício (Adaptado de Cype).....	77
Figura 40 - Vantagens da adoção da tecnologia BIM (Adaptado de BluEnt®).....	78
Figura 41 - Edifício da sede da Vodafone no Porto (Fonte: AFAconsult).....	79
Figura 42 – Modelo tridimensional desenvolvido no software REVIT (Alçado Sul e Poente) (Fonte: autor).....	80
Figura 43 - Modelo tridimensional desenvolvido no software REVIT (Alçado Norte e Nascente) (Fonte: autor).....	80

Figura 44 - Janela de configurações para simulação energética no REVIT (Fonte: autor)..... 81
Figura 45 - Sistema ETICS (Fonte: European Association for ETICS)..... 96
Figura 46 - Classe energética do edifício com a implementação de todas as medidas de melhoria
..... 117

Índice de Quadros

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de nZEB [46].....	18
Quadro 2 - Redução do consumo de energia associado às janelas [2].....	47
Quadro 3 - Temperatura do ar, normais climatológicas - Lisboa, 1981-2010 (Fonte: IPMA)....	51
Quadro 4 - Características dos chillers [23].....	58
Quadro 5 - Características da UTAN [23].....	58
Quadro 6 - Características das bombas do circuito primário [23].....	59
Quadro 7 - Características das bombas de circulação de água aquecida [23].....	59
Quadro 8 - Características das unidades individuais de climatização [23].....	59
Quadro 9 - Levantamento da iluminação [23].....	62
Quadro 10 - Levantamento da iluminação (cont.) [23].....	63
Quadro 11 - Equipamentos de informática [23].....	67
Quadro 12 - Características dos elevadores [23].....	68
Quadro 13 - Restantes equipamentos [23].....	70
Quadro 14 - Características dos ventiladores de extração [23].....	70
Quadro 15 - Características da plataforma elevatória [23].....	70
Quadro 16 - Características dos transformadores [23].....	72
Quadro 17 - Características da bateria de condensadores [23].....	72
Quadro 18 - Características da UPS [23].....	73
Quadro 19 - Características do grupo de emergência.....	73
Quadro 20 - Resumo dos resultados das medições efetuadas [23].....	74
Quadro 21 - Consumo energético médio mensal.....	75
Quadro 22 - Características dos elementos construtivos.....	83
Quadro 23 - Características dos envidraçados.....	83
Quadro 24 - Variação do consumo obtido através da simulação energética.....	84
Quadro 25 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs. real.....	85
Quadro 26 - Consumos de energia do modelo calibrado dos principais setores.....	86
Quadro 27 - Custo de energia do modelo calibrado vs. real.....	86
Quadro 28 - Consumo nominal do modelo calibrado.....	88
Quadro 29 - Classe energética do modelo calibrado.....	88
Quadro 30 - Sistema de iluminação - situação atual.....	90
Quadro 31 - Sistema de iluminação - LED.....	90
Quadro 32 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 1.....	91
Quadro 33 - Consumos de energia da Medida 1 dos principais setores.....	91
Quadro 34 - Consumo nominal da Medida 1.....	92
Quadro 35 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 1.....	92
Quadro 36 - Características dos vãos envidraçados - Medida 2.....	93
Quadro 37 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 2.....	94
Quadro 38 - Consumos de energia da Medida 2 dos principais setores.....	95
Quadro 39 - Consumo nominal da Medida 2.....	95
Quadro 40 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 2.....	95
Quadro 41 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 3.....	97
Quadro 42 - Consumos de energia da Medida 3 dos principais setores.....	98
Quadro 43 - Consumo nominal da Medida 3.....	98
Quadro 44 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 3.....	98
Quadro 45 - Características da unidade de minigeração.....	99
Quadro 46 - Variação do consumo com unidade de minigeração fotovoltaica.....	99
Quadro 47 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 4.....	100
Quadro 48 - Consumos de energia da Medida 4 dos principais setores.....	100

Quadro 49 - Consumo nominal da Medida 4	101
Quadro 50 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 4	101
Quadro 51 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 1	102
Quadro 52 - Consumos de energia da Combinação 1 dos principais setores	103
Quadro 53 - Consumo nominal da Combinação 1	103
Quadro 54 - Classe energética do edifício com a Combinação 1	103
Quadro 55 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 2	104
Quadro 56 - Consumos de energia da Combinação 2 dos principais setores	105
Quadro 57 - Consumo nominal da Combinação 2	105
Quadro 58 - Classe energética do edifício com a Combinação 2	105
Quadro 59 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. todas as medidas	106
Quadro 60 - Consumos de energia dos principais setores de todas as medidas	107
Quadro 61 - Consumo nominal de todas as medidas	107
Quadro 62 - Classe energética do edifício com todas as medidas aplicadas	107
Quadro 63 - Resumo dos consumos energéticos anuais de todas as simulações	108
Quadro 64 - Investimento aplicado por implementação da medida 1	109
Quadro 65 - Período de retorno da implementação da medida 1	109
Quadro 66 - Investimento aplicado por implementação da medida 2	110
Quadro 67 - Período de retorno da implementação da medida 2	110
Quadro 68 - Investimento aplicado por implementação da medida 3	111
Quadro 69 - Período de retorno da implementação da medida 3	111
Quadro 70 - Período de retorno da implementação da medida 4	112
Quadro 71 - Período de retorno da Combinação 1	112
Quadro 72 - Período de retorno da Combinação 2	113
Quadro 73 - Custo de investimento total	113
Quadro 74 - Período de retorno pela aplicação de todas as medidas	113

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Temperatura do ar, Lisboa 1981-2010 (Fonte: IPMA).....	51
Gráfico 2 – Potência absorvida - Q AVAC [23]	60
Gráfico 3 – Potência instalada e repartição por zona [23].....	63
Gráfico 4 - Potência instalada e repartição por tipo de iluminação [23]	64
Gráfico 5 - Quadro elétrico Piso 0 [23].....	64
Gráfico 6 - Quadro elétrico Piso SL [23]	65
Gráfico 7 - Quadro elétrico Pisos 1 e 2 [23].....	65
Gráfico 8 - Quadro elétrico Pisos 3, 4, 5 e 6 [23].....	66
Gráfico 9 - Evolução da potência absorvida – UPS [23]	67
Gráfico 10 - Evolução da potência absorvida - Elevador principal [23].....	69
Gráfico 11 - Evolução da potência absorvida - Elevador garagens [23].....	69
Gráfico 12 - Evolução da potência absorvida – Bombas [23].....	71
Gráfico 13 - Consumo de energia real mensal do edifício em estudo.....	74
Gráfico 14 - Custo de energia real mensal do edifício em estudo.....	74
Gráfico 15 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs real.....	85
Gráfico 16 - Consumos de energia do modelo calibrado dos principais setores (Fonte: autor)..	86
Gráfico 17 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs Medida 1.....	91
Gráfico 18 - Consumos de energia da Medida 1 dos principais setores (Fonte: autor).....	92
Gráfico 19 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs Medida 2.....	94
Gráfico 20 - Consumos de energia da Medida 2 dos principais setores (Fonte: autor).....	95
Gráfico 21 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 3	97
Gráfico 22 - Consumos de energia da Medida 3 dos principais setores (Fonte: autor).....	98
Gráfico 23 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 4	100
Gráfico 24 - Consumos de energia da Medida 4 dos principais setores (Fonte: autor).....	101
Gráfico 25 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 1	102
Gráfico 26 - Consumos de energia da Combinação 1 dos principais setores (Fonte: autor).....	103
Gráfico 27 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 2	104
Gráfico 28 - Consumos de energia da Combinação 2 dos principais setores (Fonte: autor).....	105
Gráfico 29 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. todas as medidas	106
Gráfico 30 - Consumos de energia dos principais setores de todas as medidas (Fonte: autor).	107

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e enquadramento do tema

Uma grande parte do parque edificado português apresenta um estado de conservação que impõe a realização de intervenções de reabilitação. Em complemento, tanto por motivos económicos, como por motivos de excedência de edificado em relação ao número de habitantes, verifica-se um decréscimo do segmento da construção de edificado novo. Neste contexto, a reabilitação é o segmento do sector da construção que se tem vindo a afirmar com maior potencial de evolução.

Atendendo a este facto, e uma vez que a legislação e exigências em redor da poupança energética são cada vez maiores e visam progressivamente anular a dependência energética dos combustíveis fósseis em relação aos recursos renováveis, vislumbra-se uma excelente oportunidade de adaptar grande parte do património, de modo a que o seu consumo de energia venha a ser diminuído. É, portanto, importante adequar as práticas de intervenção de reabilitação do parque edificado. Para tal, terão de ser devidamente estudados e adaptados os processos construtivos, os materiais e os equipamentos a utilizar na reabilitação, de forma a garantir que o balanço energético do edifício seja tendencialmente zero (NZEB).

Assim, surge o tema com o objetivo de reabilitar um edifício de serviços e sua convergência num edifício NZEB. Desta forma, estamos perante um tema de Tese de Final de Mestrado atual, onde é possível desenvolver temas relacionados com a eficiência energética e aplicá-los de forma prática.

1.2. Objetivo

A crescente procura de energia a nível mundial é uma das principais causas para o desenvolvimento insustentável do nosso Planeta. Parte do problema deve-se ao aumento do consumo de energia, que está relacionado com o aumento da população mundial e com exigências crescentes de populações de países em desenvolvimento.

O consumo de energia através da utilização de reservas fósseis não renováveis, tal como o carvão, o petróleo e o gás natural, tem aumentado de tal forma que ainda são

as fontes de energia dominantes, levando a um rápido aumento das emissões de gases, nomeadamente de dióxido de carbono (CO₂).

O parque edificado consome mais de 40% do consumo de energia total na União Europeia, pelo que facilmente se percebe o elevado potencial de poupança energética deste sector e o que isso pode representar em termos da redução de emissões de CO₂ e do efeito de estufa [25].

A redução do consumo atual de energia e consequente emissão de gases é uma das missões mais importantes do sector dos edifícios na Europa [25].

Nesse sentido, a União Europeia procedeu à reformulação da Diretiva n.º 2002/91/CE, relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), que deu origem à Diretiva n.º 2010/31/EU, aprovada em 19 de maio de 2010 pelo Parlamento e o Conselho Europeu. Esta reformulação aponta para 2020 como a data limite a partir da qual todos os novos edifícios deverão respeitar o conceito “*Nearly Zero Energy Building*” (NZEB) [25].

O conceito NZEB, que se encontra definido no artigo 16.º do Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, obriga a que os novos edifícios tenham necessidades quase nulas de energia e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis [17].

A meta referida é aplicável somente para os novos edifícios. Para os edifícios existentes não foram fixadas metas temporais, havendo somente a recomendação de que cada país terá de ir reabilitando gradualmente o número de edifícios existentes transformando-os em NZEB [17].

O conceito de Edifício NZEB, enquadrado no Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, é recente e ainda pouco explorado. Na Europa já foram construídos edifícios NZEB. Em Portugal ainda só o “Edifício Solar XXI”, que se encontra localizado na cidade de Lisboa, se aproximou das exigências estabelecidas neste Decreto-lei.

Assim, ter-se-á de pesquisar fontes europeias especializadas neste conceito. Por outro lado, ter-se-á também de fazer um vasto estudo sobre materiais e as suas propriedades, de forma a aumentar a eficiência energética do edifício a estudar e, assim, contribuir para a conversão num edifício NZEB.

Conforme já mencionado, a Diretiva n.º 2010/31/EU, aprovada em 19 de maio de 2010 pelo Parlamento e o Conselho Europeu, obriga a que até 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios sejam edifícios NZEB, e que até 31 de dezembro de

2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios NZEB [25].

Assim, a presente tese de final de mestrado tem como objetivo analisar estratégias e tecnologias que permitam alcançar o conceito NZEB quando perante um cenário de reabilitação. Pretende-se, através do estudo de processos e soluções construtivas e do recurso a fontes de energias renováveis, atingir-se o balanço energético quase nulo do edifício.

1.3. Metodologia e Estrutura

Numa primeira fase, realizou-se uma visita ao edifício a reabilitar para ter um primeiro contacto com o mesmo. Com o objetivo de caracterizar o estado atual do edifício, analisaram-se os projetos de arquitetura, de estrutura e das diversas especialidades, bem como o seu consumo energético durante o período de 4 anos. Para tal, foi imprescindível estudar a envolvente exterior e avaliar os principais parâmetros que contribuem para o consumo de energia.

Realizou-se então, numa primeira fase, um estudo do desempenho energético do edifício com recurso ao *software Autodesk REVIT*. Posteriormente foram estudadas medidas que conduziram a uma redução das necessidades energéticas do edifício. Estas melhorias incidiram essencialmente sobre as envolventes opaca e envidraçada do edifício, iluminação e incluindo também a implementação de sistemas que utilizem energia de fontes renováveis.

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos. No primeiro capítulo será desenvolvida uma breve introdução ao tema e enquadramento do mesmo. No segundo capítulo será abordado o conceito NZEB, a sua definição e o seu contexto legislativo nacional e internacional. Neste capítulo serão também apresentadas estratégias para alcançar o requisito NZEB. No terceiro capítulo será exposto o caso de estudo, que se trata de um edifício de serviços situado em Lisboa. No quarto capítulo o edifício será caracterizado e analisado energeticamente. O quinto capítulo está destinado à apresentação de propostas de melhoria do comportamento energético do edifício em estudo, bem como será realizado um estudo de viabilidade económica para a implementação destas melhorias. No sexto capítulo serão descritas as conclusões relativas ao estudo efetuado.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1. Enquadramento do tema

O estado fragilizado do nosso ecossistema, bem como o custo e segurança do abastecimento energético, faz com que se reconheça a importância e urgência na implementação de políticas com objetivos para a energia. É do conhecimento geral, que o progresso e o crescimento económico não ocorrem sem provocar graves malefícios. O crescimento contínuo do consumo da energia traz mais efeitos perversos do que benefícios para o sistema ecológico, estando assim comprometidas questões fundamentais que dizem respeito ao futuro da nossa sociedade [44].

A energia desempenha um papel fundamental na nossa sociedade, na economia e no seu desenvolvimento. Satisfazer a procura de energia no momento e no local em que é necessária e sob a forma adequada é um dos principais desafios com que a sociedade é confrontada atualmente. Para responder a este desafio é necessário dispor de fontes primárias de energia suficientes, e de um sistema eficiente e economicamente viável de conversão dessa mesma energia em diversas formas de energia (elétrica, térmica e combustível), que sejam acessíveis aos consumidores [44].

Neste contexto, a eficiência energética é de grande importância, apresentando-se como sendo um cenário mais eficaz tanto do ponto de vista técnico, como do ponto de vista económico, e permite responder à procura, mantendo o nível das prestações energéticas, com menos quantidade de energia [44].

A transição da era dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) para a das energias renováveis (fotovoltaica, eólica, geotérmica) é possível, mas exige uma nova ordem de prioridades de investimento, apoiada numa firme vontade política global [44].

O atual padrão de desenvolvimento é, muito provavelmente, insustentável a médio prazo, devido às crises e ruturas resultantes da escassez de recursos naturais, em especial do petróleo, bem como à degradação ambiental, conseqüentes alterações climáticas e ao aumento da desigualdade na qualidade de vida e no poder económico entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, incluindo as economias emergentes [44].

De acordo com os cenários de referência da Agência Internacional de Energia (AIE), prevê-se que o consumo global de energia primária irá crescer cerca de 50% até 2030 e que os combustíveis fósseis manter-se-ão a assegurar cerca de 80% do aumento da procura. As razões deste forte crescimento são essencialmente duas: o permanente aumento da população mundial e a convergência económica entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento, especialmente os países com economias emergentes, como a Índia e a China que estão a liderar a recuperação económica a nível mundial face à crise atual e a tornar-se grandes consumidores de petróleo e carvão [34].

A utilização intensiva de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial, melhorou a qualidade de vida das sociedades industrializadas, revolucionou o estilo de vida, criando novos padrões de comportamento e de consumo, além de ter possibilitado o enorme crescimento da população e da economia nos últimos dois séculos. Esta dependência energética não teve somente consequências positivas, uma vez que a utilização intensa dos combustíveis fósseis provocou um aumento da emissão de gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, em especial de dióxido de carbono (CO₂), o que provoca alterações climáticas, de tal forma que pode vir a trazer consequências demasiado graves para o futuro próximo. Devido à contínua expansão dos sectores energéticos, espera-se que o consumo energético continue a aumentar, pelo que a grande preocupação é que as consequências se agravem para as gerações futuras [33].

Começa, assim, a haver uma forte tendência a nível mundial para os países diminuírem a dependência do petróleo, motivada pela necessidade de controlar as emissões de CO₂ para a atmosfera, e pela sustentabilidade resultante duma maior segurança ao nível do abastecimento. A segurança e a emissão de GEE estão no topo das agendas políticas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento [34].

Além disso, a taxa de consumo de combustíveis fósseis é bastante superior à sua taxa de regeneração, por isso, é cada vez mais importante caminhar para um desenvolvimento sustentável, ou seja, um desenvolvimento suficiente para satisfazer as atuais necessidades sem comprometer as gerações futuras [33].

Assim, torna-se cada vez mais urgente não só procurar soluções para reduzir o consumo energético como também criar alternativas aos combustíveis fósseis para produção de energia. A solução passa pela implementação de medidas de racionalização e otimização de energia, medidas estas que contribuem para a diminuição de desperdícios de energia e, conseqüentemente, o aumento da eficiência energética. Em

relação às alternativas aos combustíveis fósseis, várias fontes de energia alternativas têm sido estudadas e exploradas nas últimas décadas, fontes estas que, além de serem renováveis, são mais “limpas” que os combustíveis fósseis, contribuindo para a redução de emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera [33].

O aumento do consumo de energia de origem fóssil não só acarreta sérios problemas a nível ambiental como também a nível socioeconómico. No caso específico de Portugal, a subida dos preços do petróleo pode vir a ser um grave problema. Portugal é bastante pobre em termos de recursos energéticos de origem fóssil, sendo a maior parte da energia importada de outros países. A dependência energética do país em relação à importação de produtos energéticos é de cerca de 80% do consumo energético total. Este nível de dependência reduz a capacidade competitiva da economia portuguesa e coloca-a numa posição frágil em relação a futuros choques internacionais [22].

É, portanto, do interesse do país aumentar a capacidade relativa de produção de energia nacional, em particular da produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, visto que Portugal tem condições climáticas excelentes para tal. A aposta nas fontes de energia renováveis permite a implementação de sistemas energéticos sustentáveis e descentralizados e a diversificação dos recursos primários e dos serviços energéticos, reduzindo assim a dependência energética e garantindo a segurança do abastecimento de energia [22].

O parque edificado representa cerca de 40% do consumo de energia total na União Europeia. O sector está em expansão, pelo que será de esperar um aumento do seu consumo de energia. Por isso, a redução do consumo de energia e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios constituem medidas importantes necessárias para reduzir a dependência energética da União e as emissões de gases com efeito de estufa. De forma a cumprir a meta estabelecida pelo Protocolo de Quioto, que consiste em reduzir até 2020 as emissões globais com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990, torna-se cada vez mais urgente que todos os Estados-Membros da União Europeia tomem medidas de forma a reduzir o consumo de energia, utilizando energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios. A redução do consumo de energia e o aumento da utilização de energia proveniente de fontes renováveis têm igualmente um importante papel a desempenhar

na promoção da segurança do aprovisionamento energético, na promoção dos avanços tecnológicos e na criação de oportunidades de emprego [25].

A figura 1 representa uma linha cronológica com as normas relevantes no âmbito do consumo de energia no sector dos edifícios.

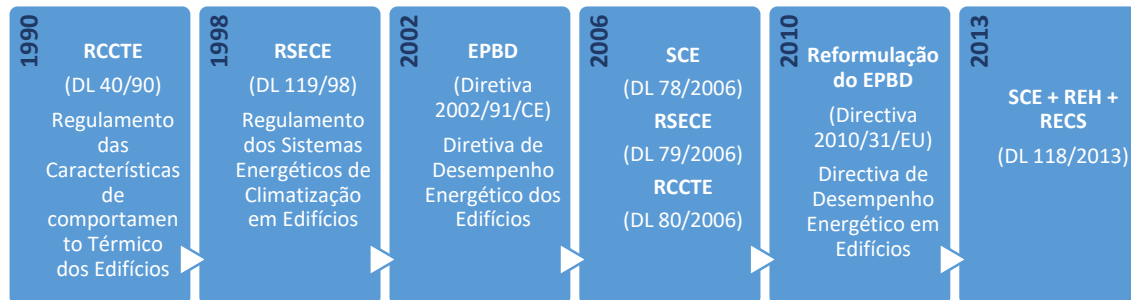


Figura 1 - Cronologia de normas no âmbito do consumo de energia no sector dos edifícios (Fonte: autor)

Anteriormente a 1990 não existiam quaisquer requisitos térmicos para edifícios em Portugal, pelo que não havia qualquer preocupação relativamente à eficiência energética dos mesmos. Em 1990, foi publicado o primeiro Decreto-Lei no âmbito do consumo energético em edifícios, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, DL n° 40/90), o qual permitiu dar um primeiro passo, pouco exigente, para introduzir os aspetos térmicos/energéticos no processo de projeto de novos edifícios e de grandes remodelações, permitindo também o conforto térmico com redução das necessidades energéticas quer no Inverno quer no Verão. Os principais requisitos estabelecidos, para novos edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços, foram os requisitos mínimos para a envolvente, coeficientes de transmissão térmica máximos para minimizar condensações interiores (U_{value}) e sombreamentos mínimos para evitar sobreaquecimentos significativos no Verão (fator solar de vãos envidraçados).

O RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno, mesmo para além do que o RCCTE exige, numa prova de que o referido Regulamento conseguiu atingir e mesmo superar os objetivos a que se propunha [16].

Mais tarde, em 1998, foi publicado o Decreto-Lei nº 119/98, o Regulamento dos Sistemas Energéticos para Climatização em Edifícios (RSECE), o qual estabeleceu requisitos para os sistemas técnicos utilizados nos edifícios.

Em 2002, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram o principal instrumento legislativo com vista à melhoria da eficiência energética nos edifícios, a Diretiva 2002/91/CE sobre o desempenho energético dos edifícios (EPBD). Esta Diretiva faz parte de um conjunto de iniciativas sobre as alterações climáticas e de compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto [24].

Para além de outros requisitos, a EPBD estabelece que todos os Estados-Membros implementem um sistema de certificação energética nos edifícios. Este foi o primeiro passo importante para ganhar uma visão sobre o desempenho energético dos edifícios existentes e melhorar os desempenhos dos edifícios novos. O Sistema de Certificação Energética (SCE) tinha como objetivo assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas nos documentos RSECE (Decreto-Lei nº 79/2006) e RCCTE (Decreto-Lei nº 80/2006). Em Portugal, a certificação energética seria efetuada por peritos qualificados e a aplicação dos regulamentos seria supervisionada pela ADENE, Agência para a energia, pela DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia, e pelo IA, Instituto do Ambiente.

Em 2002 foi publicada a diretiva nº 2002/91/CE, EPBD, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, com o principal objetivo de promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na Comunidade Europeia. Entre outros, esta Diretiva estabeleceu uma metodologia de cálculo e requisitos mínimos de desempenho energético em novos edifícios, a inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado e a certificação energética dos edifícios [25].

A aplicação da EPBD implicou a revisão dos Decretos-Lei nº 40/90 e nº 119/98 e a conseqüente alteração dos requisitos anteriores e introdução de novos. A Diretiva EPBD foi transposta para o ordenamento jurídico nacional através dos seguintes Decretos-Lei:

- Decreto-Lei nº 78/2006, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);

- Decreto-Lei nº 79/2006, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE);
- Decreto-Lei nº 80/2006, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A aplicação destes três regulamentos teve como objetivo diminuir o consumo energético dos edifícios, abrangendo ainda os sistemas de climatização dos edifícios, não só na perspetiva da eficiência energética, mas também com vista à preservação da qualidade do ar interior nos edifícios. Através deste panorama legal pretendeu-se diminuir os níveis de consumo energético nos edifícios e o seu impacte no meio ambiente relativamente à produção e utilização de energia, nomeadamente na redução da emissão de GEE para a atmosfera.

A grande alteração feita pelo Sistema de Certificação Energética (SCE) foi a obrigatoriedade do Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior ser emitido quando o edifício é construído, vendido ou alugado, ou tratando-se de um edifício público, de comércio ou de serviços. Este certificado é realizado por peritos qualificados. Cada edifício ou fração será classificado de acordo com o seu desempenho energético numa escala que vai desde A+ (classe mais eficiente) até F (classe menos eficiente), conforme figura 2. Os novos edifícios terão que obter uma classe igual ou superior a B-, os edifícios sujeitos a grandes intervenções terão como limite inferior a classe C e os edifícios já existentes poderão obter qualquer classificação [14].

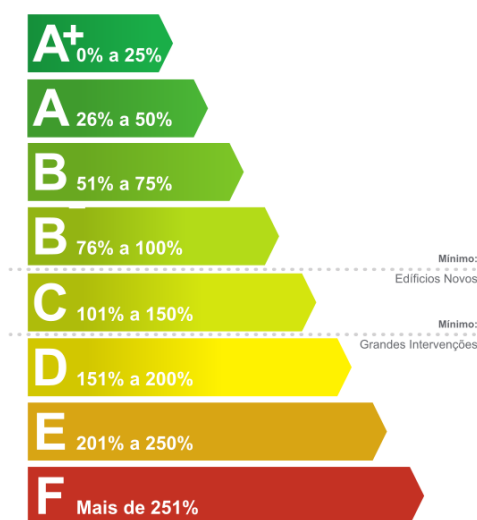


Figura 2 - Classes energéticas [Fonte: ADENE]

O novo Certificado Energético apresenta várias melhorias e está mais focado no consumidor final, fornecendo as seguintes informações [14]:

- Informar sobre o desempenho energético dos edifícios, classificando-os de modo a que o consumidor final os possa comparar e escolher estes em função da classe energética;
- Apresentar um quadro de medidas de melhoria, identificadas pelo Perito Qualificado, que conduzam à melhoria da eficiência energética, do conforto e da eventual redução dos consumos de energia para diversos fins;
- Identificar as componentes do edifício e os seus sistemas técnicos, permitindo assim cadastrar, num único documento, informação relacionada com o desempenho energético e que por vezes não está alcance imediato do utilizador do edifício.

As imposições do RCCTE são aplicadas a edifícios de habitação e a pequenos edifícios de serviço sem sistemas de climatização ou providos de sistemas de climatização que não ultrapassem uma potência instalada de 25 kW. O RSECE é aplicado essencialmente em grandes edifícios de serviços e a edifícios que tenham sistemas de climatização com uma potência instalada superior a 25 kW. A potência instalada corresponde à maior das potências instaladas no edifício para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias (AQS) [15] [16].

Assim sendo, o RCCTE estabeleceu os requisitos edifícios de habitação novos ou sujeitos a remodelações, sem sistemas de climatização, nomeadamente a nível das características da envolvente do edifício, de modo a que as exigências de conforto térmico, de aquecimento ou arrefecimento, bem como as necessidades de água quente sanitária (AQS), pudessem vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia.

A Diretiva EPBD, e a sua transposição para o direito nacional através dos Decretos-Lei nº 78, 79 e 80 de 2006, teve um grande impacto na qualidade e características do edificado, contribuindo em grande medida para a melhoria da classe energética e da qualidade da envolvente dos edifícios e para o aproveitamento de energia solar para produção de AQS [25].

Em 19 de maio de 2010 foi publicada a Diretiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, que veio reformular a Diretiva 2002/91/CE, e que tem como principal foco a redução das necessidades energéticas aumentando a eficiência

energética como meio para atingir o equilíbrio energético a longo prazo. As principais alterações da reformulação da EPBD são [25] [35]:

- Esta diretiva impõe que, a partir de 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios sejam edifícios com balanço energético quase nulo;
- Após 31 de dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- As medidas e políticas nacionais devem estimular a transformação dos edifícios sujeitos a remodelações em edifícios com necessidades energéticas quase nulas;
- Estabelece que os Estados-Membros têm que implementar um sistema mais rigoroso para a emissão de certificados energéticos, sendo estes obrigatórios para os novos edifícios, e os existentes destinados a venda ou arrendamento;
- Os Estados-Membros têm que criar um sistema de controlo do desempenho energético dos edifícios.

Uma maior eficiência energética nos edifícios pode proporcionar melhores condições de vida e uma redução nos custos operacionais do edifício. Estima-se que o impacto da EPBD na poupança de energia seja cerca de 5% no consumo total de energia da UE. A Comissão Europeia vai apoiar os esforços para aumentar a consciência de todas as autoridades, a indústria da construção e os cidadãos sobre as oportunidades de poupança, enquanto novos regimes de financiamento são introduzidos de forma a superar as barreiras de investimento [9].

Em complemento da Diretiva 2010/31/EU a Comissão Europeia publicou em 16 de janeiro de 2012 o Regulamento Delegado (UE) nº 244/2012, estabelecendo um quadro metodológico comparativo a utilizar pelos Estados-Membros para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios novos e existentes, bem como dos componentes de edifícios. O quadro de metodologia especifica as regras para a comparação de medidas de eficiência energética, de medidas que recorrem a fontes de energia renováveis e de conjuntos e variantes dessas medidas, com base no desempenho energético primário e no custo atribuído à sua implementação. Este regulamento estabeleceu também a forma de aplicar essas regras aos edifícios de referência selecionados, com o objetivo de definir níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético, conforme figura 3 [42].

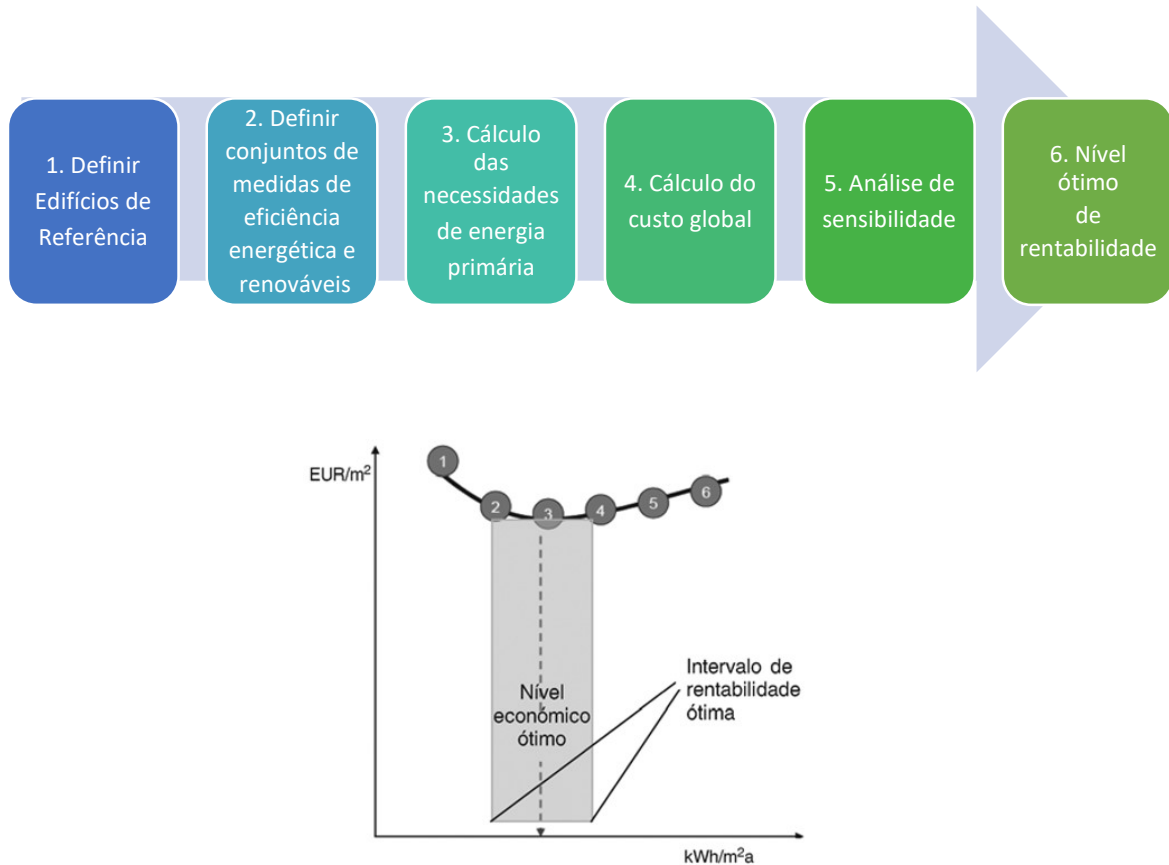


Figura 3 - Metodologia para a determinação dos níveis ótimos de rentabilidade (Adaptado de [11])

A reformulação da Diretiva nº 2010/31/UE foi transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto (e respetivas Portarias), gerando a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma. Assim, este DL assegura, não só a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional já existente, juntando num só documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico.

Esta junção de três regulamentos num só documento permite uma reorganização que visa promover a harmonização concetual e terminológica e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas.

Com o do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto é introduzido o conceito NZEB, que no Artigo 16º é definido como “*um edifício com necessidades quase nulas de energia, ou seja, é um edifício com 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 suas proximidades*”.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 sofreu quatro alterações que deram origem aos seguintes Decretos-lei:

- Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril;
- Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro;
- Decreto-Lei n.º 251/2015, de 25 de novembro;
- Decreto-Lei n.º 28/2016, de 23 de junho.

Através dos Decretos-Lei n.ºs 194/2015, de 14 de setembro, e 251/2015 de 25 de novembro, procurou-se desenvolver a transposição da Diretiva n.º 2010/31/UE, clarificando questões entretanto suscitadas pela Comissão Europeia, bem como melhorar a sua adequação ao quadro jurídico vigente. Apesar da evolução verificada na conformação deste regime, a Comissão Europeia manteve dúvidas a respeito do sentido e alcance de alguns dos conceitos empregues na terceira alteração ao Decreto Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, conforme vincado no parecer fundamentado dirigido à República Portuguesa, de 10 de dezembro de 2015, por não ter transposto corretamente para o direito nacional todos os requisitos da diretiva n.º 2010/31/UE, e que o Decreto Lei n.º 28/2016 visa superar [21].

Em concreto, no que se refere ao conceito de viabilidade económica como base para a justificação do cumprimento da aplicação dos requisitos mínimos de desempenho energético nas intervenções junto dos edifícios, cumpre salientar que a viabilidade económica necessária para o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético não deve estar associada a uma mera faculdade do investidor, estando antes explicitamente interligada com os estudos que suportam os níveis ótimos de rentabilidade, nomeadamente, aqueles que Portugal já desenvolveu e foram notificados

à Comissão, tendo os respetivos resultados sido incorporados nas respetivas peças legislativas entretanto publicadas como requisitos mínimos a serem cumpridos [21].

O Decreto Lei nº 28/2016 foi publicado também com intuito de ficar clarificado que a aplicação de requisitos técnicos na instalação de novos sistemas técnicos e na substituição ou renovação dos existentes é extensível a todo o tipo de intervenção, não se restringindo apenas às grandes intervenções, bem como serviu para melhorar a redação que enquadra a definição relativa aos edifícios com necessidades quase nulas de energia, de forma a tornar explícita a prevalência da prioridade de redução das necessidades de energia dos edifícios sobre o recurso a energia proveniente de fontes renováveis, independentemente do seu local de produção, destinada a suprir ou atenuar significativamente essas necessidades [21].

Um “edifício com necessidades quase nulas de energia” é o tema central do presente documento, o qual passou a constituir o requisito para novas construções a partir de 2020, ou de 2018 no caso de edifícios novos de entidades públicas, bem como uma referência para as grandes intervenções no edificado existente.

No entanto, a transição direta de uma economia baseada em combustíveis fósseis para uma economia baseada noutra forma de energia é uma utopia. Os combustíveis fósseis são a principal garantia do abastecimento energético, pelo que uma utilização racional de energia passa pela sua utilização. A implementação do requisito de “edifício com necessidades quase nulas” é uma estratégia que visa diminuir a grande dependência que existe atualmente de combustíveis fósseis. A exploração de fontes de energia renovável a nível local e a exportação do excedente para as redes de energia funciona como uma estratégia para aumentar a parcela de energia renovável nas redes, reduzindo assim o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de carbono associadas.

Com a reformulação da Diretiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPDB) em 2010 foram implementados os conceitos de *NZEB* – “*Nearly Zero Energy Buildings*” e *nZEB* – “*net Zero Energy Buildings*”, uma estratégia direcionada para edifícios eficientes a nível energético e quase neutros a nível climático. Estes edifícios são projetados tendo em vista o cumprimento dos objetivos da União Europeia no que respeita às emissões de gases com efeitos de estufa, à quota de energia produzida a partir de fontes de energia renováveis e à poupança de energia.

Neste capítulo será introduzido o conceito de Edifícios de Balanço Energético Quase Nulo, abordando no âmbito do presente estudo os progressos existentes no domínio da eficiência energética associada à utilização de energias renováveis nos edifícios. Desta forma, ocorre a necessidade de definir e diferenciar os dois conceitos acima mencionados.

2.2. NZEB – “*Nearly Zero Energy Building*” e nZEB – “*net Zero Energy Building*”

O conceito NZEB – “*Nearly Zero Energy Building*” ganha mais atenção desde a publicação da nova Diretiva EPDB em 2010, e vai obrigar todos os edifícios novos, construídos a partir de 2021, serem caracterizados por níveis mais elevados de desempenho energético, procurando explorar mais as fontes de energia renováveis disponíveis localmente numa base economicamente equilibrada e sem prejuízo para o conforto dos ocupantes. Esta nova publicação é transposta para a legislação nacional, que define um NZEB como um “edifício com necessidades quase nulas de energia” ou um “edifício com balanço de energia quase nulo”. Este conceito de edifício tem como objetivo diminuir o uso de energia e as consequentes emissões de GEE no sector da construção.

Uma vez que também é utilizado o conceito de “*Zero Energy Building*” - ZEB, é essencial diferenciar estes dois conceitos: O termo NZEB é utilizado para se referir a um edifício ligado a uma infraestrutura de redes elétricas.

A expressão “*net*” em nZEB, significa que existe um equilíbrio no balanço entre a energia que é fornecida ao edifício pelas redes de distribuição elétrica e a energia que o edifício devolve às mesmas redes. No entanto, nesta definição existe uma indefinição do termo “*zero*”, no qual Torcellini, et al. (2006) refere que, apesar do entusiasmo em torno do conceito “*zero energy*”, falta encontrar uma definição comum ou até mesmo a compreensão do que significa [46].

O mesmo autor indica que a definição do conceito ZEB pode ser construído de várias maneiras dependendo dos objetivos do projeto, das intenções do investidor, preocupação sobre as alterações climáticas e emissões de GEE para a atmosfera ou dos custos associados à energia.

Tendo em conta o exposto no parágrafo anterior, Torcellini et al. (2010) sugeriram as seguintes quatro definições sendo estas, atualmente mais comumente utilizadas para o efeito:

- *Net Zero Site Energy*: o edifício produz energia a partir de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, etc.) em quantidade suficiente para compensar as necessidades anuais (contagem efectuada no local);
- *Net Zero Source Energy*: o edifício produz energia em quantidade suficiente para compensar as necessidades anuais (contagem efectuada na fonte). "Source energy" pretende referir a energia primária requerida para produção de energia útil utilizada no local (a contabilização das necessidades deve entrar em conta com os coeficientes de conversão);
- *Net Zero Energy Costs*: o edifício produz (e vende) energia em quantidade suficiente para compensar os custos associados a aquisição de energia necessária para funcionamento/utilização do edifício, calculada numa base anual;
- *Net Zero-Energy Emissions*: o edifício produz energia "limpa" em quantidade suficiente para compensar a energia adquirida produzida a partir de fontes convencionais (associados a produção de CO₂), calculada numa base anual.

Note-se que todas as definições são válidas, o que difere entre cada uma são as vantagens e inconvenientes associados à sua utilização, como mostra o quadro 1.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de nZEB [46]

Definição	Vantagens	Desvantagens
Site NZEB	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de implementar; • Medições feitas no local; • Abordagem mais conservativa de NZEB; • Fatores exteriores não afetam o desempenho; • Fácil de entender e comunicar; • Encoraja o projeto de edifícios eficientes do ponto de vista energético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de mais módulos fotovoltaicos para compensar a utilização de gás natural; • Não considera os custos de todos os serviços; • Não tem em consideração os diferentes tipos de combustíveis; • Não conta com as diferenças não energéticas dos diferentes combustíveis (poluição, disponibilidade).
Source NZEB	<ul style="list-style-type: none"> • Equaciona os custos dos diversos tipos de energia existentes no local; • NZEB fácil de alcançar; • Maior impacto do sistema de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não conta com as diferenças não energéticas dos diferentes combustíveis (poluição, disponibilidade); • Conversão em energia primária muito generalizada; • Não considera todos os custos de energia (fator de conversão pode ser muito baixo); • Não necessita de definir um fator de conversão fonte-local, o que requer um número significativo de informação.
Cost NZEB	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de implementar e medir; • Mercado exige resultados equilibrados entre tipos de combustíveis diferentes; • Permite um controlo mais eficiente; • Verificado através das contas energéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode não se refletir na rede elétrica nacional, pois mais painéis fotovoltaicos podem ser mais importantes na redução dos consumos locais do que na venda de energia à rede; • Tipo de energia muito volátil o que torna difícil de controlar ao longo do tempo; • Necessita de acordos para que a energia produzida compense a energia consumida e os custos não energéticos.
Emissions NZEB	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor modelo de energia verde; • Conta com as diferenças não energéticas dos diferentes combustíveis (poluição, GEE); • NZEB fácil de alcançar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de fatores de emissões apropriados.

Por outro lado, a Agência Internacional de Energia (IEA) define os NZEBs como sendo edifícios que, em vez de obterem energia através da utilização de combustíveis fósseis, utilizam energia proveniente de fontes renováveis [35].

Os NZEB podem ser classificados segundo as seguintes definições [35]:

- *Zero net energy buildings*: edifícios que durante um espaço de tempo, nunca inferior a um ano, são neutros, ou seja, os edifícios fornecem tanta energia à rede de fornecimento como a que retira. Desta forma não existe a

necessidade de consumo de qualquer tipo de combustível fóssil para obter energia para aquecimento, arrefecimento, iluminação, equipamentos e para aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS), apesar de poderem utilizar energia da rede fornecedora;

- *Zero stand alone buildings*: edifícios que não requerem ligação à rede de abastecimento ou utilizam-na apenas em caso de falha. Os edifícios autónomos conseguem armazenar energia;
- *Plus energy buildings*: edifícios que produzem mais energia para a rede de abastecimento do que eles próprios consomem;
- *Zero carbon buildings*: edifícios que não usam energia obtida através de recursos que impliquem a emissão de dióxido de carbono. Ao longo do ano, estes edifícios são carbono neutro ou positivo, pois produziram energia livre de CO₂ suficiente para equilibrar o possível consumo de energias não livres de carbono.

A definição de NZEB é muito complexa e não é linear, uma vez que exige a interligação de vários conceitos. Existe uma interpretação unânime de um NZEB como um edifício com um desempenho energético elevado, capaz de gerar energia a partir de fontes renováveis, de modo a compensar a sua procura de energia [45] [10].

Segundo a EPBD de 2010, o desempenho energético de um edifício deverá ser determinado com base na energia anual estimada ou efetivamente consumida como forma de satisfazer as diferentes necessidades associadas à sua utilização típica e refletindo ainda as necessidades de energia de aquecimento e de arrefecimento como forma de manter as condições de temperatura previstas no edifício [25]. Em edifícios de comércio e serviços o desempenho energético é aferido pela determinação de um Indicador de Eficiência Energética, IEE, sendo que por sua vez este é determinado com base no somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área interior útil de pavimento [41]. O IEE deverá ser expresso em kWh/m², considerando o consumo durante um ano.

Um nZEB define um edifício cuja procura de energia primária, proveniente de fontes renováveis ou não-renováveis, é de 0 kWh/(m².ano). Embora não esteja explícito na definição, é importante esclarecer que um nZEB não é um edifício que não necessita

de energia de origem não-renovável para se sustentar, mas sim um edifício que é capaz de devolver à rede a quantidade de energia que lhe foi fornecida. Um nZEB é considerado um edifício “autossustentável”, mas não é um edifício independente da infraestrutura energética. Considera-se que é um edifício autossustentável, porque é capaz de devolver tudo aquilo que lhe foi “emprestado”, quando as condições são favoráveis [43].

O balanço anual de energia representa o conceito base da definição de um nZEB e pode ser representado esquematicamente como na figura 4.

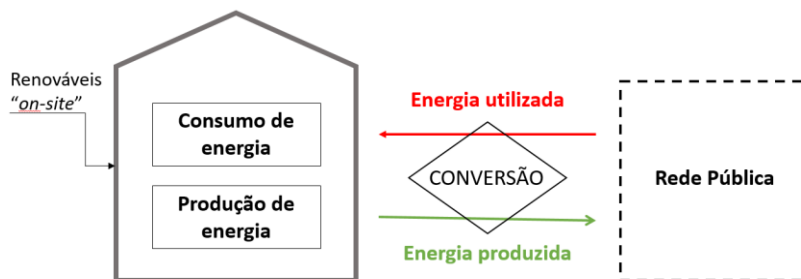


Figura 4 – Representação esquemática do balanço energético nulo (nZEB) (Adaptado de [45])

De acordo com a figura 4, os edifícios de balanço de energia zero trocam energia com a rede elétrica, que é convertida em energia primária utilizando para o efeito fatores de conversão. Consequentemente, o equilíbrio entre a energia fornecida ao edifício e a produzida pelo mesmo pode ser escrita através da seguinte expressão:

$$\text{Balanço energético} = \text{energia produzida} - \text{energia utilizada} \quad (1)$$

Assim, um edifício é considerado um nZEB quando a expressão (1) é igual a zero, ou seja, quando a energia produzida iguala a energia utilizada num determinado intervalo de tempo. Analisando a equação (1) é possível concluir que há três cenários possíveis, dependendo do valor do balanço energético. No cenário de um balanço de energia anual nulo o edifício é designado como um “*net Zero*” (nZEB) ou de “balanço nulo”. No cenário em que o balanço é positivo, o edifício é um “*Plus ZEB*” ou de “balanço positivo”. Finalmente, se o balanço diminui ligeiramente abaixo do equilíbrio nulo o edifício é um “*Nearly Zero*” (NZEB) ou de “balanço quase nulo” [7].

Sempre que possível, um NZEB ou nZEB utiliza energia renovável gerada no local (*on-site*). No entanto, estas fontes são intermitentes, pelo que nem sempre estão reunidas as condições necessárias para gerar a quantidade de energia suficiente para

colmatar a carga energética do edifício. Assim, o edifício tem de recorrer à importação de energia da infraestrutura energética. Por outro lado, existem fases em que a produção de energia renovável local é superior à carga exigida pelo edifício, pelo que o excedente de energia renovável é exportado para as redes de energia, tentando devolver toda a energia pelo edifício importada [45].

É de salientar que a prioridade deve ser o aumento da eficiência energética, através de várias estratégias, como são exemplo as apresentadas na figura 5.



Figura 5 - Estratégias para melhorar o nível de eficiência energética de edifícios [29]

Apesar de existir consonância em relação ao conceito geral NZEB, não existe uma definição pormenorizada acordada internacionalmente. O conceito de NZEB foi deliberadamente apresentado de forma vaga, de modo a deixar espaço de manobra aos Estados-Membros para estabelecer a sua própria definição. São possíveis diferentes definições de acordo com os objetivos políticos e condições específicas de cada país [45]. Tendo em conta as diferentes condições climáticas, geográficas e económicas, não seria adequada uma definição comum com as mesmas exigências [25].

Conforme já referido, um dos principais pontos em que se assentam os NZEB é a produção local de energia proveniente de fontes renováveis. Desta forma, não seria justo comparar um país que reúne condições climáticas e geográficas favoráveis ao aproveitamento de energias renováveis, tal como elevada radiação solar, elevado número de horas de sol e zonas com bastante vento, com outro país mais carentes dessas

condições. Também não seria justo comparar dois países em situações económicas díspares, uma vez que as tecnologias de energia renovável têm um custo de investimento inicial muito elevado. Assim, um país que se encontre numa situação económica estável terá maior facilidade em apostar em tecnologias de energia renovável e de providenciar incentivos financeiros para aumentar o número de edifícios com produção de energia local. Por outro lado, um país que se encontre numa situação económica mais frágil não terá meios para criar incentivos e apostar nessas tecnologias, pelo que não seria justo que o grau de exigência fosse o mesmo [12].

Assim sendo, cada Estado-Membro deve adaptar a definição de NZEB às suas próprias condições específicas. Cada Estado-Membro deve fazer a sua avaliação e apresentar as suas escolhas: o tipo de balanço escolhido, as fronteiras do sistema consideradas, etc. É de notar que a escolha deve depender das metas nas agendas políticas nacionais e internacionais e não ser exclusivamente conduzida pela viabilidade de projetos de NZEB ou minimização de custos, ou seja, não se deve optar por determinado método ou por determinado tipo de balanço apenas porque dessa forma será mais fácil alcançar o requisito de NZEB [12].

Após a tentativa de implementação do conceito de NZEB, chegou-se à conclusão que muitos locais não reuniam condições suficientes para a construção de edifícios capazes de produzir a mesma quantidade de energia que lhes é fornecida, quer a nível climático e/ou geográfico, por terem pouca disponibilidade de fontes de energia renováveis no local, quer a nível económico, por terem condições económicas frágeis, que impossibilitam o investimento neste tipo de projetos.

Os NZEB não são ainda financeiramente viáveis, o que levou a uma definição mais correta: “edifícios com necessidades quase nulas de energia” ou “edifícios de balanço energético quase nulo”. O NZEB passou a constituir o requisito para novas construções a partir do final de 2020, ou do final de 2018 no caso de edifícios novos de entidades públicas, bem como a referência para as grandes intervenções no edificado existente [17] [25].

Pela Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios um NZEB é “*um edifício com um desempenho energético muito elevado. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de*

fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades” [25].

Se o conceito de nZEB já era ambíguo e pouco claro em termos científicos, este novo conceito de NZEB é ainda mais. Além de todos os problemas de imprecisão associados ao conceito de NZEB já descritos, acrescenta-se ainda a imprecisão de expressões como “*desempenho energético muito elevado*” e “*necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas*”.

A reformulação da Diretiva EPBD exige um balanço de energia quase nula, mas não fornece quaisquer requisitos mínimos ou máximos nem detalhes de cálculo do desempenho energético, pelo que ficará a cargo de cada Estado-Membro definir o que para eles significa cada uma destas expressões e definir os seus próprios limites, conforme as suas condições [43].

Assim sendo, os princípios para uma definição NZEB devem ter em conta todos os aspetos financeiros, legais, técnicos e ambientais e respeitar os atuais e futuros desafios e benefícios.

O Instituto Europeu do Desempenho dos Edifícios (BPIE) criou três princípios sob os quais os conceitos ZEB devem ser definidos, sendo estes princípios baseados nas três principais razões e objetivos para o sector da construção: redução das necessidades energéticas, utilização de energias renováveis e redução da emissão de GEE para a atmosfera [12]. Na figura 6 encontra-se uma adaptação do diagrama apresentado pelo BPIE.



Figura 6 – Princípios do nZEB (Adaptado de [12])

Cada Estado-Membro deve estabelecer a sua própria definição de nZEB, definindo, pelo menos, um valor limite para o indicador numérico de utilização de energia primária [43].

2.3. Principais passos para alcançar o requisito NZEB

O processo para o edifício alcançar o balanço energético nulo, ou seja, o requisito NZEB, é dado pelo balanço entre duas ações: o aumento da eficiência energética e o aumento da produção de energia proveniente de fontes renováveis. No entanto, é de salientar que a prioridade deve ser o aumento da eficiência energética [45].

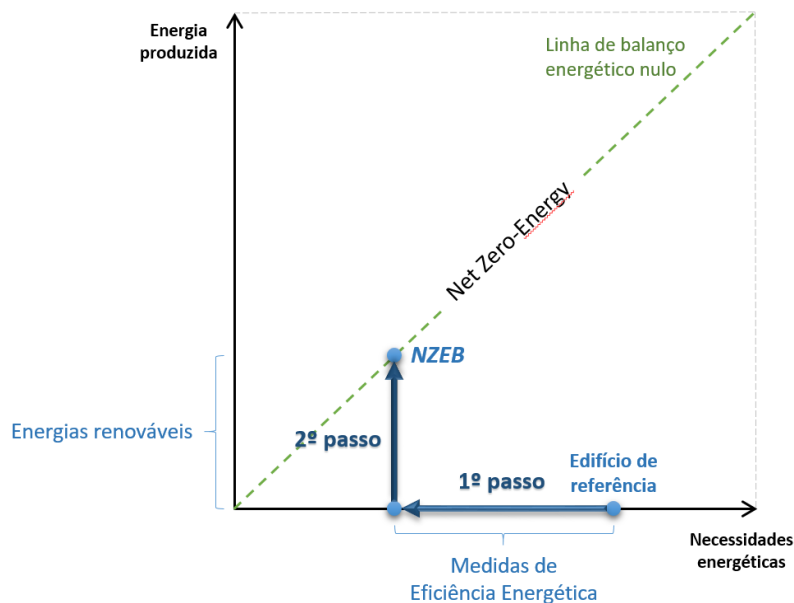


Figura 7 - NZEB: balanço entre duas ações (Adaptado de [45])

O edifício de referência (figura 7) representa o desempenho de um edifício novo construído de acordo com os requisitos mínimos das normas nacionais ou de um edifício existente antes de ser submetido a obras de reabilitação [45].

Partindo do edifício de referência, o primeiro passo é reduzir as suas necessidades energéticas, implementando medidas de eficiência energética adequadas, que por sua vez começa pela integração de sistemas passivos e continua com a utilização de sistemas energeticamente eficientes. Somente depois devem ser adotadas as medidas para a produção de energia através de sistemas de captação das energias renováveis [7].

Caso este procedimento não seja cumprido por esta ordem, ou seja, caso não se proceda primeiro à minimização das necessidades energéticas, isto é, na ausência de aplicação de medidas relevantes de eficiência energética, a potência exigida será muito superior, havendo o risco de instalação de sistemas de produção de energia sobredimensionados, o que vai contra o conceito de NZEB. De forma a evitar que

edifícios ineficientes atinjam o estatuto de NZEB através de sistemas sobredimensionados, uma definição de NZEB deve impor requisitos mínimos de eficiência energética [45].

Assim, é possível concluir que o sucesso para alcançar um balanço energético nulo depende principalmente das necessidades energéticas do edifício, de um design inteligente do edifício baseado principalmente em estratégias passivas, consoante as condições climáticas do local onde o edifício se encontra implementado [7].

2.4. Aplicação do conceito NZEB

Embora não exista nenhuma abordagem exata para a conceção e realização de edifícios de balanço energético nulo, existe um consenso que esta meta pode ser alcançada na sequência da implementação de um design passivo [4] [5]. Estão então na sua génese estratégias bioclimáticas, que pela sua própria definição promovem as condições do clima local a interagirem (através de estratégias) positivamente com o edifício, ajudando a criar as condições de conforto térmico adequadas a cada espaço. Sendo o Sol e a sua radiação fundamental nesta relação, e ainda através de sistemas passivos, ou seja, utilizando dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objetivo é o de contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento natural, que a maior parte dos edifícios de balanço energético nulo são hoje concebidos [27].

O tema NZEB/nZEB tem vindo a ser abordado, quer a nível nacional quer a nível internacional, em seminários e conferências, visando a partilha de conhecimentos e experiências, e manifestando a necessidade de convergência de conceitos e metodologias comuns. O grupo de trabalho *Task SHC 40 – ECBS Annex 52 “Towards Net Zero Energy Solar Buildings”* da Agência Internacional de Energia (AIE), elaborou um relatório em 2014 sobre 30 edifícios de elevado desempenho energético compatíveis com nZEB, residenciais e não residenciais e em climas distintos, onde se descrevem as soluções técnicas preconizadas, custos específicos de construção, metas de desempenho energético definidas, e monitorizações de desempenho real, para avaliar desvios relativamente à conceção inicial e corrigir os consumos de energia com a experiência adquirida através do funcionamento dos edifícios. O resultado pretendido pelo grupo de

trabalho é o de apoiar a transformação do conceito NZEB para uma realidade prática no mercado [32].

Além das condições ambientais, a eficiência energética dos edifícios também depende do tipo de edifício e da sua utilização. No caso particular dos edifícios não residenciais, tipicamente grandes consumidores de energia, estes incluem uma grande variedade de edifícios com necessidades energéticas muito distintas, nomeadamente, edifícios de escritórios, comércio, escolas, hotéis, hospitais, etc. Na maioria deles, a eficiência energética depende fundamentalmente dos ganhos internos de energia, mais do que das condições climáticas. Avaliar corretamente a eficiência energética de sistemas de equipamentos de edifícios, assim como definir prioridades de uso dos mesmos durante a utilização para atingir níveis de eficiência enquadrados nos padrões nZEB, é uma tarefa extremamente complexa [7].

Na figura 8 apresenta-se o exemplo de um dos casos de estudo de edifícios de balanço energético nulo corretamente dimensionados, que estão disponíveis na base de dados da AIE, *SHC Task 40 ECBCS Annex 52*.



Figura 8 - Edifício Solar XXI, Portugal (Fonte: LNEG)

O Edifício Solar XXI do LNEG, inaugurado em 2006 em Lisboa, é um dos símbolos nacional e internacional de edifícios NZEB, com um balanço de energia quase “zero”. Este edifício foi concebido de maneira a que as condições de conforto térmico no seu interior fossem satisfeitas durante todo o ano com a adoção de dois princípios básicos:

1. Otimizar a qualidade térmica da envolvente;
2. Potenciar a captação de ganhos solares.

O edifício apresenta as seguintes estratégias [28]:

- Otimização térmica da envolvente;
- Aumento da área de captação de ganhos solares - fachada solar a Sul, como um sistema de ganho direto para aquecimento;
- Dispositivos de sombreamento exteriores nos vãos orientados a Sul;
- Fachada fotovoltaica, para aproveitamento elétrico (100 m² e 12 kWp);
- Recuperação de calor por convecção natural na fachada fotovoltaica para aquecimento ambiente;
- Coletores solares para aquecimento ambiente;
- Sistema de arrefecimento passivo por tubos enterrados;
- Iluminação natural.

O edifício “Solar XXI” é um dos principais projetos pioneiros no uso de energias renováveis, com a integração de estratégias passivas, na região do Sul da Europa e está atualmente sob atualização para alcançar um desempenho energético nulo [3] [28].

2.5. Estratégias para melhorar a eficiência energética

A forma do edifício tem um forte impacto na sua eficiência energética. A necessidade de aquecer um edifício no Inverno advém do facto do calor gerado no seu interior ser continuamente transmitido para o exterior através de paredes, janelas e coberturas, ou seja, através das superfícies externas do edifício (designado por “*envelope*” em inglês).

Por outro lado, a localização do edifício é muito importante no que respeita às necessidades térmicas do espaço interior. No Despacho nº 15793-F/2013 de 3 de dezembro pode ser consultado o mapa climático de Verão e de Inverno para ter uma ideia das condições climáticas do País. O mesmo mapa climático encontra-se representado na figura 9.

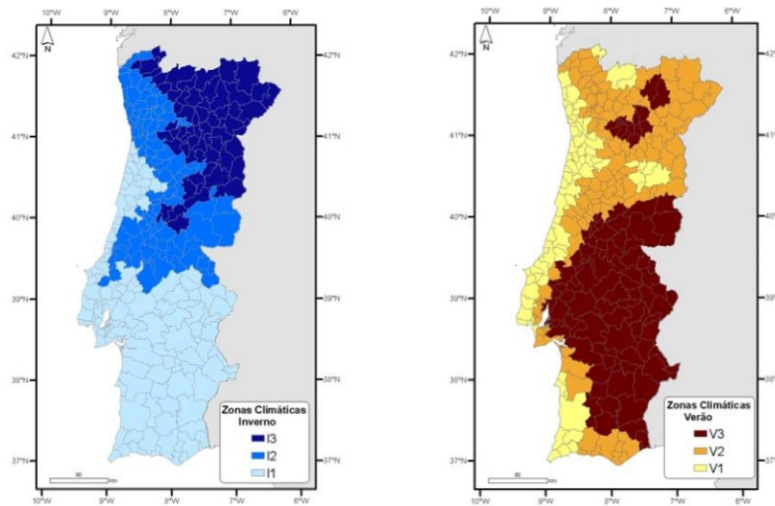


Figura 9 - Zonas Climáticas em Portugal Continental de Inverno (esq.) e de Verão (dir.) [31]

As zonas classificadas como I1 correspondem a locais com menores necessidades de aquecimento no Inverno, enquanto que as zonas I3 terão necessidades mais elevadas. Da mesma forma, no Verão, as zonas V3 terão maiores necessidades de arrefecimento do que as regiões V1 [31].

Para além da zona climática, também se deve verificar se o edifício está localizado numa área com boa ventilação, mas sem estar diretamente sujeito a ventos fortes [31].

2.5.1. Otimização da envolvente

O ambiente exterior influencia diretamente as condições resultantes no espaço interno do edifício relacionado com as necessidades de aquecimento, arrefecimento e iluminação e, por isso, a sua conceção deve tirar o máximo de partido das condições climáticas envolventes, respeitando as condições de conforto dos ocupantes.

O principal objetivo na redução das necessidades energéticas de um edifício é a limitação de trocas de calor entre o exterior e o interior. Os fluxos ocorrem tanto no Inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, como no Verão, em que o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se e estar-se-á numa situação de ganhos térmicos. A transmissão de calor por condução realiza-se maioritariamente pela envolvente do edifício, pelo que a otimização da envolvente é de extrema importância, a fim de evitar situações de desconforto para os ocupantes.

Para minimizar estes efeitos nas duas estações, deve aumentar-se a resistência térmica dos elementos construtivos, o que se consegue do seguinte modo [27]:

- No caso da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), através da incorporação de materiais isolantes, de que são exemplo a cortiça, o poliestireno expandido (EPS) e extrudido (XPS), aglomerado de cortiça expandida (ICB) e as lãs minerais (MW).
- No caso da envolvente envidraçada, através da seleção de janelas cujo conjunto “vidro/caixilho/persiana” apresente valores de resistência térmica mais elevados, por exemplo, vidros duplos e caixilho com corte térmico.

De forma a controlar as fontes de calor por radiação solar, principalmente nos países a sul da Europa, é fundamental aplicar sistemas de sombreamento em ambas as envolventes. Estes sistemas podem ser aplicados através da utilização de árvores, arbustos, estores, persianas, cortinas ou toldos.

2.5.1.1. Envolvente opaca

A quantidade de calor necessária para manter o interior do edifício à temperatura de conforto depende do seu nível de isolamento térmico, que previne a transferência de calor por condução entre o interior e o exterior de um edifício. Um edifício mal isolado acarreta maiores custos com o aquecimento, pois consome mais energia. No Inverno arrefece rapidamente podendo ocorrer condensações no seu interior, e no Verão aquece mais e num curto espaço de tempo. Por esta razão é essencial diminuir as perdas e os ganhos de calor utilizando técnicas de isolamento adequadas nos edifícios. Pequenas intervenções de melhoria no isolamento de edifícios podem conduzir a economias energéticas avultadas, evitando custos desnecessários no aquecimento e na refrigeração de espaços [50].

Os isolantes térmicos são geralmente materiais porosos e de baixa densidade e, consoante os casos, são utilizados materiais soltos ou sob a forma de espuma, placas compactas, tapetes ou placas de feltro. A sua escolha depende do clima da zona, ou seja, do grau de isolamento que se pretende alcançar, e de quaisquer restrições de construção da área visada [50].

O sistema de isolamento pode ser aplicado pelo exterior, pelo interior ou na caixa de ar de uma parede de dois panos. A solução mais eficaz consiste na aplicação de

placas de material isolante ou aplicação contínua de uma espuma pelo exterior, cobrindo-o com um revestimento/reforço/reboco, que posteriormente pode ser pintado ou revestido de outros materiais, obtendo-se assim uma aparência tradicional. Este sistema de isolamento pelo exterior é designado por ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) e oferece vantagens significativas em termos de capacidade de aquecimento do edifício. Sendo o isolamento externo ininterrupto, as pontes térmicas são quase na sua totalidade eliminadas. Este nível de isolamento dificilmente se consegue obter através de isolamentos interiores ou de enchimento nas caixas-de-ar. No entanto o custo deste tipo de intervenções é tão elevado, que só é recomendado nos casos em que a fachada do edifício tenha de ser reabilitada [31].

A resistência térmica do edifício é influenciada também pelo isolamento da cobertura. As coberturas dos edifícios são elementos construtivos, que estão sujeitos a grandes amplitudes térmicas, de modo que a intervenção ao nível da sua eficiência energética é de elevada importância face aos benefícios imediatos em termos da diminuição das necessidades energéticas, e por se tratar de uma medida simples e pouco dispendiosa [31].

A melhor solução para as coberturas planas e horizontais é a cobertura invertida, em que a aplicação do isolante térmico é realizada pelo exterior, conforme se pode verificar na figura 10. Esta solução permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas, além de que, aquando a sua aplicação permite aproveitar a impermeabilização já existente [31].

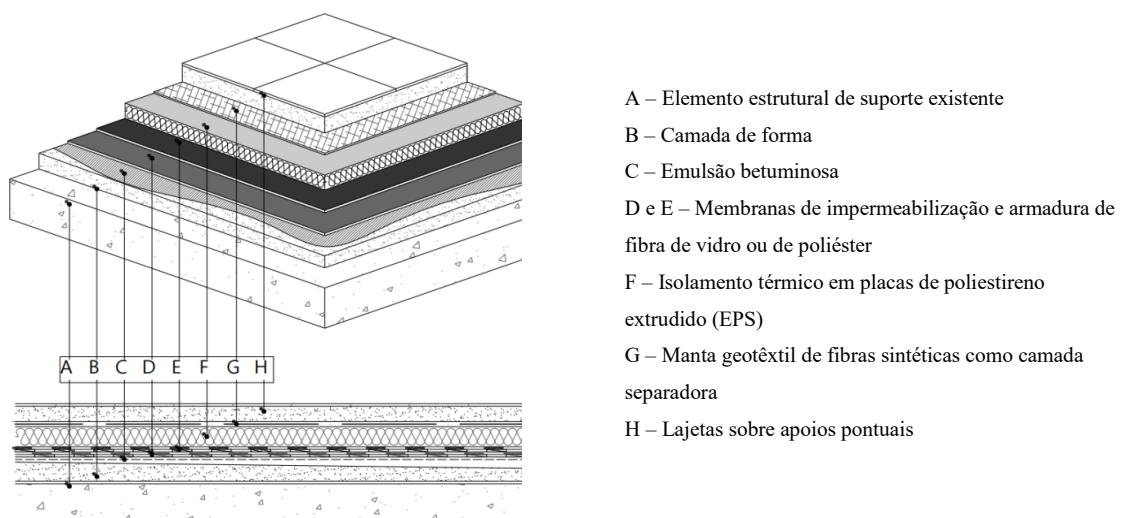


Figura 10 - Cobertura invertida acessível a pessoas (Fonte: Imperialum)

2.5.1.2. Envolvente envidraçada

Os vãos envidraçados desempenham um papel muito importante no domínio da eficiência térmica e na iluminação do edifício. Vãos envidraçados eficientes devem ser bem posicionados, dimensionados e protegidos do calor do verão através de adequados níveis de sombreamento. Se, por um lado, estes podem contribuir para a entrada de calor sem custos, por outro, podem ser saídas através das quais o calor se dissipa, quando não são construídas e montadas de uma forma apropriada. A intervenção ao nível das janelas deve ser feita com o intuito de reduzir as infiltrações de ar não-controladas, aumentar a captação de ganhos solares no Inverno, reforçar a proteção da radiação solar durante o Verão e melhorar as condições de ventilação natural. Estima-se que entre 25 a 30% das nossas necessidades de aquecimento são devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados [50].

A orientação dos vãos envidraçados determina a escolha do tipo de vidro. Os envidraçados orientados a Norte devem evitar as perdas de calor para o exterior e os expostos a Sul devem reduzir a entrada da radiação solar.

As propriedades a ter em conta na escolha de um envidraçado são o seu coeficiente de transmissão térmica (U) e o seu fator solar, e os seus valores de referência variam consoante a zona climática de Portugal. Quanto menor for o valor de U , menor será a transmissão de calor que ocorre através do vidro. É igualmente importante considerar o fator solar do vidro, pois no Verão permite reduzir a quantidade de calor que entra pelo envidraçado através da radiação solar. Quanto maior for este fator, maior será a energia solar que atravessa o envidraçado. Para prevenir a entrada de radiação solar em excesso no Verão, o vidro exterior pode ser refletor ou tingido. Também podem ser utilizadas proteções exteriores, como por exemplo as portadas, as persianas de régua ou venezianas, e proteções interiores opacas.

As janelas que possuem vidros duplos têm maior capacidade de isolamento do que os vidros simples, uma vez que o espaço entre os dois vidros reduz a perda de calor. Quanto maior a espessura do espaço de ar, mais isolante se torna a janela. O espaço entre os dois vidros pode ser preenchido por um gás de baixa condutibilidade, como são exemplo o argón, o cripton e o xénon, permitindo reduzir significativamente as transferências de calor por condução. Na figura 11 encontra-se um exemplo de uma janela com vidro duplo.

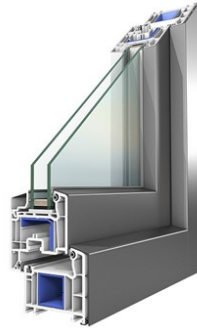


Figura 11 - Janela com vidro duplo [Fonte: Novo Projecto]

O isolamento térmico de uma janela depende, não só da qualidade do vidro, mas também do tipo de caixilharia utilizado. As caixilhariarias em madeira, PVC e alumínio com corte térmico são as que apresentam melhores propriedades térmicas. Na escolha da caixilharia os aspetos mais importantes a ter em conta são a transmissão térmica e acústica, a ventilação e as aberturas de drenagem das águas da chuva.

2.5.2. Sistemas passivos

Os Sistemas Passivos consistem em soluções construtivas integradas num edifício que possibilitam o seu aquecimento ou arrefecimento natural. No caso de arrefecimento na estação quente, pretende-se tirar partido de fontes frias que permitirão arrefecer o edifício. No caso de aquecimento, na estação fria, estes sistemas pretendem maximizar a captação do sol no Inverno, através de vãos envidraçados bem orientados e dimensionados, aos quais se podem associar elementos massivos, que permitirão o armazenamento da energia solar e sua utilização em horas posteriores [27].

2.5.2.1. Sistemas passivos de arrefecimento

As estratégias dos sistemas de arrefecimento passivo podem eliminar ou diminuir consideravelmente a necessidade de um sistema de climatização convencional. Os exemplos destes sistemas são [27]:

- 1) Ventilação natural;
- 2) Arrefecimento pelo solo;
- 3) Arrefecimento por radiação;
- 4) Arrefecimento por sombreamento.

1) Ventilação natural

A ventilação natural é um processo que promove o arrefecimento da temperatura interior do edifício, através das diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, frinchas e chaminés, quer por origem na diferença de temperaturas interior-exterior, quer por ação direta do vento sobre o edifício [27].

Torna-se, portanto, importante o correto posicionamento e dimensionamento das aberturas, que podem ter inúmeras configurações, dividindo-se em duas categorias: a ventilação transversal e a ventilação unilateral. A ventilação cruzada, é uma estratégia muito eficiente e pode ser conjugada com o efeito de chaminé [27]. Na figura 12 é possível observar-se os vários exemplos deste tipo de sistemas.



Figura 12 - Ventilação natural (Fonte: LNEG)

De forma a potencializar a ventilação natural, cada divisão deve ter duas aberturas, uma de admissão de ar e outra de exaustão, que deve ser colocada numa posição mais elevada. Evitando que a ventilação entre as duas aberturas seja direta, permite uma maior ventilação no interior. As portas interiores não devem ser estanques de forma a permitirem a circulação de ar no interior do edifício. Este sistema é uma boa estratégia para ser implementado em edifícios em Portugal, uma vez que as amplitudes térmicas diárias são significativas, permitindo, assim, a ventilação durante a noite [31].

2) Arrefecimento pelo solo

Na estação quente o solo apresenta temperaturas inferiores à temperatura exterior, pelo que este constitui uma importante fonte fria. Este processo pode ocorrer por contacto direto ou indireto com o solo. No primeiro caso, o arrefecimento ocorre através do contacto direto do solo com a envolvente do edifício, através do pavimento, paredes ou cobertura. No segundo caso, o arrefecimento do interior do edifício é feito através de condutas

subterrâneas colocadas entre 1 e 3 metros de profundidade, conforme se pode observar na figura 13 [27].

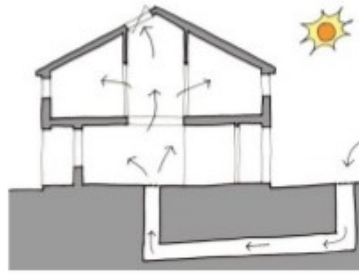


Figura 13 - Arrefecimento pelo solo (Fonte: LNEG)

3) Arrefecimento por radiação

As perdas por radiação acontecem do interior para o exterior do edifício durante todo o dia, mas é no período da noite que se faz mais sentir esta perda, em resultado da ausência de radiação solar. Geralmente a cobertura do edifício é o elemento mais utilizado neste sistema, por ser o elemento com maior exposição solar, favorecendo assim as trocas radioativas. São as coberturas horizontais os componentes privilegiados neste tipo de sistema. Como à cobertura, geralmente são aplicados isolamentos térmicos de forma a minimizar as perdas de calor no Inverno e os ganhos no Verão, há uma redução do potencial de arrefecimento radioativo noturno [27].

4) Arrefecimento por sombreamento

O desenho de elementos de sombreamento é uma estratégia bioclimática, pois a sua aplicação procura melhorar a edificação a nível de eficiência energética e conforto, tirando partido das condições locais e climáticas, de um modo passivo, através da incorporação de equipamentos. Perante as condições solares, o sombreamento e a iluminação são uma necessidade para o conforto e eficiência energética do edifício. Os parâmetros que avaliam e quantificam estas necessidades são apresentados de forma a encontrar um equilíbrio entre a necessidade de evitar a entrada do sol indesejado e a consequente privação de iluminação natural. No desenho de um sistema de sombreamento é, por isso, necessário controlar a radiação solar, evitando a sua entrada quando indesejada, proporcionar luminosidade adequada à atividade a que o espaço se destina e garantir equilíbrio entre o fluxo luminoso incidido e refletido e evitar o ofuscamento [27].

O tipo de sombreamento a aplicar no edifício depende de algumas variáveis: a localização e envolvente, a orientação solar e até a própria geometria do edifício.

A localização geográfica e a orientação do edifício são os principais parâmetros a considerar para a disposição da área envidraçada do edifício, no entanto no período do Verão, dificilmente se consegue evitar a excessiva radiação solar sem o recurso a sistemas de sombreamento. Nos climas quentes estes sistemas devem procurar reduzir os ganhos de calor, sendo a orientação mais problemática a sul e a nascente/poente, pois o sol encontra-se mais baixo e, por isso, a radiação é direta, optando-se por vezes pela redução da área destes vãos [27].

O sombreamento como estratégia de arrefecimento é sobretudo utilizado no clima do sul da Europa, pois além de trazer grandes benefícios a nível do conforto, permite a redução ou até eliminação do arrefecimento por meios mecânicos e consequentemente a redução do consumo energético.



Figura 14 - Proteção exterior horizontal de sombreamento (Fonte: Alumínios Amiense)

Os diversos sistemas de sombreamento são classificados em função da sua respetiva localização no edificado, exterior ou interior e ainda subdivididos em função da possibilidade de manuseamento, fixos (palas horizontais e verticais) ou móveis (estores, telas, portadas e toldos). É ampla a diversidade deste tipo de sistemas e com a evolução tecnológica é ainda distinguido o sistema avançado de vidros de controlo solar. O sombreamento pode ainda ser providenciado por elementos naturais, com recurso a vegetação, árvores e sebes. Na figura 14 encontra-se representado um dos exemplos de proteção horizontal pelo exterior.

2.5.2.2. Sistemas passivos de aquecimento

Os sistemas destinados ao aquecimento passivo podem ser caracterizados como aqueles que desempenham o papel de coletores solares e acumuladores da energia solar neles incidentes e ainda de agente de distribuição da energia-calor por processos naturais de transferência. Todos os sistemas solares passivos devem ter em conta a superfície envidraçada a sul, ou no quadrante sudeste-sudoeste, para captação da radiação solar; e massa térmica para absorção, armazenamento e distribuição de calor.

Este tipo de sistemas pode ser dividido [27]:

1) Ganho direto

O sistema de ganho direto é o mais simples e mais utilizado, e é eficiente quando o espaço a aquecer dispõe de vãos envidraçados grandes bem orientados, a Sul, de forma a possibilitar a incidência da radiação no espaço e nas envolventes (paredes e pavimentos). É importante conseguir o equilíbrio entre massa térmica, isolamento e área de vãos, consoante o tipo de edifício e a sua localização. Durante o período diurno, a massa térmica absorve o calor resultante da incidência direta da radiação solar e, durante o período noturno, devolve-o ao espaço. Deve-se ter em atenção o isolamento dos elementos da envolvente exterior, de forma a minimizar a influência das solicitações climáticas exteriores [27]. Na figura 15 encontra-se exemplificado o sistema de ganho direto no verão e no inverno.

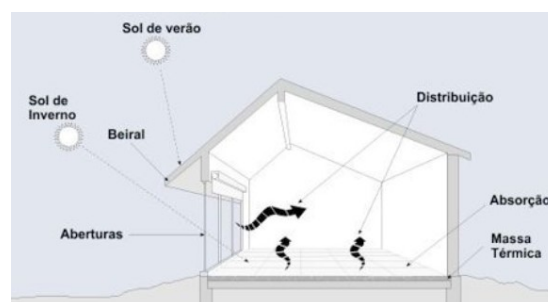


Figura 15 - Sistema de ganho direto (Fonte: Blog Construir)

2) Ganho indireto

O sistema de ganho indireto é muito eficiente energeticamente, mas nem sempre é fácil executar na reabilitação. Este sistema é feito através da colocação de um elemento construtivo com elevada inércia térmica entre a superfície de incidência da radiação solar e o espaço a aquecer. Esse elemento absorve a energia solar que nele incide, transformando-a

em energia térmica, sendo posteriormente transferida para o espaço interior. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação de ar adotada.

O sistema de ganhos indiretos mais comum é a Parede de Trombe, que têm a capacidade de acumular o calor absorvido durante os dias de inverno, e apenas transmiti-lo para o interior do edifício durante a noite. A Parede de Trombe é um sistema composto por um vão envidraçado devidamente orientado, no qual se coloca interiormente uma parede maciça, com aberturas ou não, geralmente pintada exteriormente de cor escura, aumentando assim a captação da radiação solar incidente. Cria-se, assim, um sistema no qual predomina o efeito de estufa, atingindo temperaturas muito elevadas na caixa-de-ar. As Paredes de Trombe são sempre orientadas a Sul, porque apenas nesta posição é possível captar a maior intensidade da radiação solar. Esta orientação favorece a baixa altitude solar no Inverno, sem prejudicar o conforto com ganhos indiretos excessivos durante o Verão [27]. Na figura 16 encontra-se representado o funcionamento da Parede de Trombe nas quatro estações do ano.

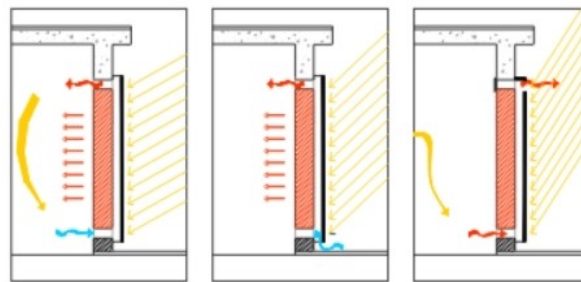


Figura 16 - Parede de Trombe no Inverno (esq.), Outono/Primavera (centro), Verão (dir.) (Fonte: CAD, Companhia de Arquitectura e Design)

2.5.3. Energias renováveis

As fontes de energia renováveis são todas aquelas a que se pode recorrer de forma permanente, porque são inesgotáveis, como por exemplo a energia Solar, Eólica e Geotérmica. As energias renováveis caracterizam-se igualmente por terem um impacto ambiental nulo na emissão de gases que provocam o efeito de estufa [2].

Em Portugal, existem programas, que têm como principal objetivo promover a substituição do consumo de energia não renovável por energia renovável através de uma maior facilidade no acesso a tecnologias de micro-geração e de aquecimento solar. O uso

generalizado das energias renováveis não se justifica apenas por uma poupança de energia e rentabilidade económica, mas também para melhorar o meio ambiente [2].

2.5.3.1. Energia solar

A energia solar é uma energia renovável e inesgotável, que pode ser aproveitada para a iluminação e aquecimento do interior de um edifício, conforme acima mencionado, e pode também ser aproveitada para produção de energia. Essa geração de energia constitui atualmente a fonte de energia renovável mais atraente e pode ser dividida em dois grupos [30]:

- 1) Energia solar térmica, obtida através de coletores solares e usada no aquecimento de águas sanitárias (AQS);
- 2) Energia fotovoltaica, obtida através da instalação de painéis fotovoltaicos que permitem a produção de eletricidade.

Este tipo de sistemas permite realizar uma poupança de energia primária na ordem dos 80% no que diz respeito ao aquecimento de água e 30% no que diz respeito aos sistemas de aquecimento e refrigeração da temperatura ambiente [2].

1) Energia solar térmica

A energia solar térmica é conseguida através de coletores solares térmicos que são equipamentos capazes de converter a radiação solar neles incidentes em energia térmica, aproveitando-a para o aquecimento de águas sanitárias (AQS). A sua principal aplicação é a produção de AQS, no entanto, pode ser um interessante complemento de apoio ao aquecimento, sobretudo para sistemas que utilizem água a menos de 60°C, tal como sucede com os sistemas de piso radiante. Em todos os casos, os sistemas de energia solar térmica necessitam de um apoio de sistemas convencionais para produção de água quente (caldeira a gás, caldeira a gasóleo, etc.) [2].

Um coletor solar térmico é constituído por um painel, que é responsável pela conversão da energia solar em energia térmica, por um permutador no qual o fluido de aquecimento circula e por um depósito onde a água quente é armazenada. O correto dimensionamento do sistema e uma manutenção adequada, garantem uma elevada produção e uma durabilidade significativa, sempre com um bom desempenho [2].

Os sistemas solares térmicos estão subdivididos em dois sistemas: sistema de circulação natural ou de termossifão e sistema de circulação forçada, que se encontram representados na figura 17.

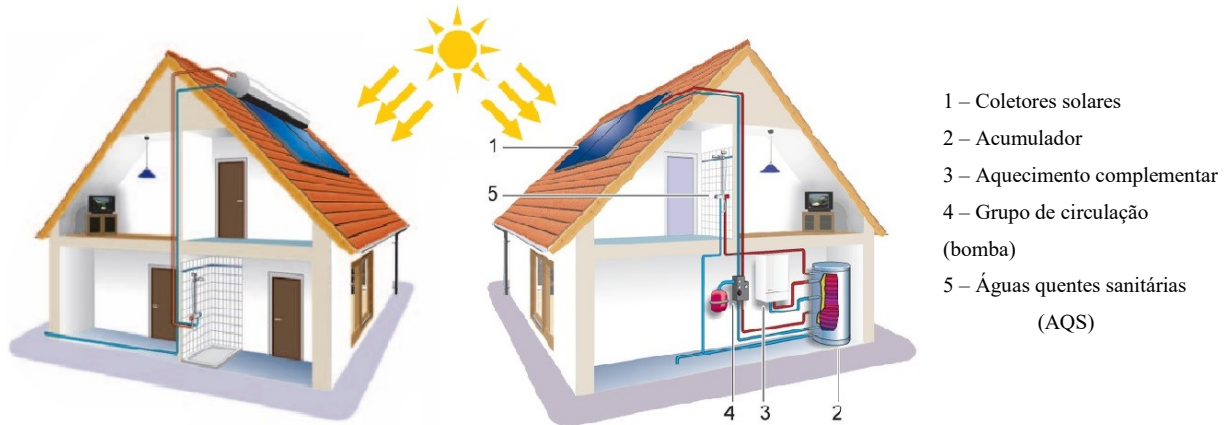


Figura 17 - Sistema de termossifão (esq.) e sistema de circulação forçada (dir.) (Adaptado de [26])

No sistema de circulação natural ou de termossifão a circulação faz-se por convecção natural, em que o fluido térmico aquece e, ao tornar-se menos denso, sobe do coletor para o depósito. Ao arrefecer, o fluido desce novamente para o coletor. O processo é contínuo desde que haja radiação solar disponível e a temperatura no coletor for superior à do acumulador. Este sistema é altamente sensível a perdas de carga, os seus coletores operam com menor rendimento, pelo facto do seu caudal ser regulado pela radiação incidente e comparativamente com o sistema de circulação forçada, possui maiores perdas térmicas e menor durabilidade do acumulador. Na figura 18 encontra-se esquematizado este sistema.

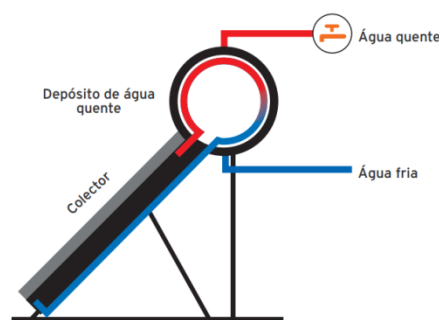


Figura 18 - Esquema de funcionamento do termossifão (Fonte: Sonnenkraft)

No sistema de circulação forçada a circulação do fluido térmico é gerada através do auxílio de uma bomba que força a circulação do fluido térmico nos coletores. Esta bomba é comandada por uma unidade de controlo que, em sistemas simples, reage à diferença de temperatura entre a água à saída dos coletores e a água na parte mais baixa do depósito. Este

sistema é mais complexo na sua instalação e, apesar de não serem significativos, tem consumos elétricos associados. Na figura 19 encontra-se esquematizado este sistema.

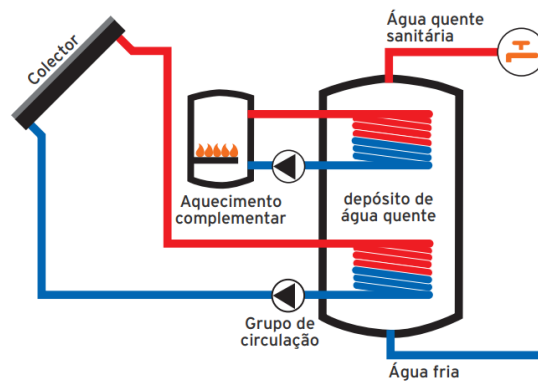


Figura 19 - Esquema de funcionamento de um sistema de circulação forçada (Fonte: Sonnenkraft)

Os sistemas solares térmicos devem obedecer a algumas regras para maximizar o seu rendimento [31]:

- Os coletores devem ser orientados para sul;
- O ângulo dos coletores relativamente à linha horizontal deve ser o correspondente à latitude do local;
- As tubagens devem ser isoladas de forma a reduzir as perdas de calor desde o coletor até ao ponto de utilização;
- O acesso para manutenção e limpeza deve ser fácil.

2) Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica é obtida através de painéis fotovoltaicos, sendo estes capazes de converter energia solar em eletricidade. O módulo fotovoltaico é composto por um material semicondutor, geralmente o silício, que quando submetido à radiação solar carrega-se eletricamente. Cada módulo fotovoltaico é constituído por células fotovoltaicas, que podem ser ligadas em série ou em paralelo. Nas extremidades de cada módulo existem ainda peças metálicas que são responsáveis pela absorção dos eletrões livres para permitir armazenar a energia. O desempenho energético dos painéis fotovoltaicos varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo a eficiência de conversão na ordem dos 15%. Portugal, devido às suas características climáticas, possui excelentes condições para a conversão fotovoltaica, com índices de produção entre 1 e 1,7 kWh por ano, por cada Wp instalado [31].

Na figura 20 encontram-se apresentados vários exemplos de aplicação dos painéis fotovoltaicos.



Figura 20 – Exemplos de aplicação de painéis fotovoltaicos (Fonte: EDP)

A corrente obtida pelos módulos fotovoltaicos é uma corrente contínua, que não podendo ser utilizada diretamente, é transformada por um inversor em corrente alternada. Caso o sistema não seja ligado à rede pública é necessário prever o armazenamento da energia e, para tal, devem fazer parte do sistema mais dois componentes: as baterias que permitem armazenar a energia produzida, e os controladores de carga que protegem a bateria de sobrecargas ou descargas totais. Quando se pretende proceder ao armazenamento de energia sob esta forma, o custo do sistema cresce de forma acentuada [31].

A aplicação de sistemas fotovoltaicos apresenta as seguintes vantagens [31]:

- Alta fiabilidade – não possui peças móveis o que constitui um facto muito útil nas aplicações em locais isolados;
- Adaptabilidade dos módulos – permite uma montagem simples do sistema adaptando-os para várias potências;
- Custo de operação reduzido – a manutenção é quase inexistente;
- Possibilidade de armazenamento da energia produzida em baterias para usar posteriormente.

Apesar de ser uma vantagem, a possibilidade de armazenamento é também uma desvantagem, isto porque este armazenamento só é possível através de aquisição de baterias,

o que encarece consideravelmente o sistema. A desvantagem mais relevante é o custo de investimento ainda ser muito elevado [31].

De forma a maximizar o rendimento do sistema fotovoltaico é necessário orientar e inclinar os painéis solares na orientação com maior incidência de radiação solar, no caso da Europa a orientação preferencial é a Sul. Com o intuito de maximizar esse ganho, existem já sistemas no mercado que, ao longo do dia, vão rodando o painel na direção do sol.

2.5.3.2. Energia eólica

A energia eólica é a energia que o vento possui e que pode ser aproveitada para a produção de energia elétrica. Esse sistema converte a energia eólica em energia elétrica, uma vez que o vento ao incidir nas pás da turbina provoca a sua rotação e conseqüentemente a rotação de um eixo que gera energia mecânica, e que põe em funcionamento o gerador, no qual os campos magnéticos convertem essa energia em eletricidade [31].

Existem turbinas de vários tamanhos e de várias potências. Os aerogeradores que atualmente existem no mercado para uso doméstico, com potências inferiores a 10kW, podem servir para alimentar edifícios e são utilizados normalmente para bombear água ou como mini-geradores eólicos para produção de energia elétrica, desde que existam condições favoráveis à sua aplicação. Estes mini-aerogeradores produzem um baixo nível de ruído, podendo assim ser instaladas em centros urbanos sem perturbar os habitantes [2]. Na figura 21 encontra-se o exemplo de um mini-aerogerador instalado numa habitação.



A – Aerogerador: gera eletricidade através da força do vento. A sua potência deverá ser de acordo com as necessidades de consumo.

B – Bateria: armazena energia gerada pelo aerogerador para o seu posterior consumo.

I – Inversor: transforma a eletricidade armazenada em forma de corrente contínua em eletricidade para uso doméstico, ou seja, corrente alternada a 220V.

R – Regulador: controla a eletricidade gerada pelo aerogerador e o estado da bateria. Previne a sobrecarga e descarga das baterias.

Figura 21 – Mini-aerogerador (Fonte: Bornay)

Quando os aerogeradores são colocados em regiões ventosas, onde a velocidade média anual do vento é superior aos 13 km/h, estes são capazes de produzir entre 400 a 3200W [31].

2.5.3.3. Energia geotérmica

A terra possui uma elevada inércia térmica, que constitui um enorme acumulador de energia solar que se acumula sob a forma térmica e que poderá ser aproveitada para satisfazer as necessidades dos edifícios, não só no que diz respeito à produção de AQS, mas também em relação à climatização dos espaços interiores [31].

No sector dos edifícios o sistema de aproveitamento é constituído por um circuito de tubagens enterrados onde circula um fluido de transferência responsável pela captação da energia (em regra geral, água com um aditivo anticongelante) e por uma bomba de calor que na estação fria liberta a energia absorvida pelas tubagens para aquecer o espaço interior e na estação quente realiza o processo inverso, absorve o calor existente no ambiente interior e transfere-o, através do circuito, para o solo [31].

O aproveitamento geotérmico não é igual em todos os locais, sendo que quanto maior for o gradiente entre a temperatura do fluido e a do meio exterior, maior será a eficiência do sistema.

2.5.4. Iluminação

A iluminação faz parte da nossa vida. Por esta razão é uma das necessidades energéticas mais importantes nos edifícios, representando cerca de 20% da eletricidade consumida num edifício. A iluminação natural é o sistema mais eficiente energeticamente, mas de forma a contribuir para o bem-estar e a eficiência em tarefas executadas pelo ser humano, é necessário recorrer-se à iluminação artificial no edifício. Independentemente do tipo de lâmpadas a escolher, é importante ter bem definida uma estratégia para a iluminação artificial. Podem-se conseguir poupanças energéticas na ordem dos 30%, criando-se sectores de iluminação para que se acendam somente as luzes do espaço onde se encontra. Nas zonas de passagem, como escadas ou halls, é importante utilizar sistemas temporizados ou detetores de presença que acionem automaticamente as luzes. É necessário analisar as

necessidades de cada divisão, uma vez que nem todos necessitam da mesma quantidade de luz, pois essa necessidade varia consoante o seu tamanho e a localização das janelas. A utilização de cores claras nas paredes e tetos proporciona melhor proveito da iluminação natural, podendo reduzir a artificial [2].

Para além disso, o uso de lâmpadas de baixo consumo permite uma grande poupança, quando comparadas com as lâmpadas incandescentes. As lâmpadas convencionais incandescentes só aproveitam em iluminação cerca de 5% da energia elétrica que consomem, os restantes 95% são transformados em calor, sem aproveitamento luminoso [2].



Figura 22 - Lâmpadas tubulares LED (Fonte: Aquaflux)

Atualmente a tecnologia mais eficiente em termos de iluminação artificial é a tecnologia LED. Esta tecnologia, considerada como o futuro do sistema de iluminação, permite uma economia até 90% em relação às lâmpadas incandescentes e têm um maior período de vida útil. Apesar do seu custo inicial ser elevado, esta tecnologia veio proporcionar enormes vantagens, tornando o investimento rapidamente amortizado [2]. Na figura 22 encontram-se lâmpadas tubulares LED.

2.5.5. Equipamentos

A aquisição de um equipamento eficiente é uma medida fundamental para reduzir o consumo, e fácil de identificar, graças à nova etiqueta energética. A Etiqueta Energética da União Europeia tem por objetivo fornecer ao consumidor informações precisas, reconhecíveis e comparáveis no que respeita ao consumo de energia, ao desempenho e a outras características essenciais dos produtos. A Etiqueta Energética permite que o consumidor conheça o nível de eficiência energética de um produto e que avalie o potencial de redução de custos de energia que este proporciona [2].

A etiqueta é idêntica para todos os produtos de uma mesma categoria e por isso permite que o consumidor compare facilmente as várias características dos produtos, tais como o consumo de água ou de energia ou a sua capacidade, conforme se pode observar na figura 23. Toda a informação que consta na etiqueta é baseada em ensaios normalizados, tal como prevê a legislação. A etiqueta começou por classificar os produtos de A a G, sendo A a classe energética mais eficiente e G a menos eficiente. Atualmente, a nova Legislação Europeia introduziu novas classes, até A+++, para adaptar a informação à evolução tecnológica e para permitir uma maior diferenciação do produto em termos de eficiência energética [2].

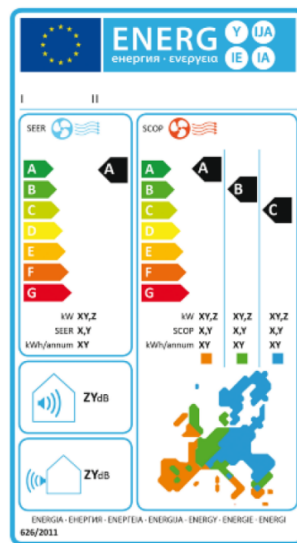


Figura 23 – Etiqueta Energética da União Europeia de um Sistema AVAC [2]

Alguns dos equipamentos que têm estabelecida a etiquetagem energética são:

- Frigoríficos;
- Máquinas de lavar loiça ou roupa;
- Televisores;
- Lâmpadas;
- Aparelhos de ar condicionado;
- Aquecedores de ambiente;
- Aquecedores de Água;
- Sistemas AVAC.

Devido às limitações que a etiquetagem europeia apresenta, a ADENE desenvolveu um sistema que pretende colmatar as limitações existentes e aumentar a gama de produtos etiquetados. Com um perfil especialmente dirigido para o setor da construção, o SEEP - Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos é um sistema de marcação ou etiquetagem

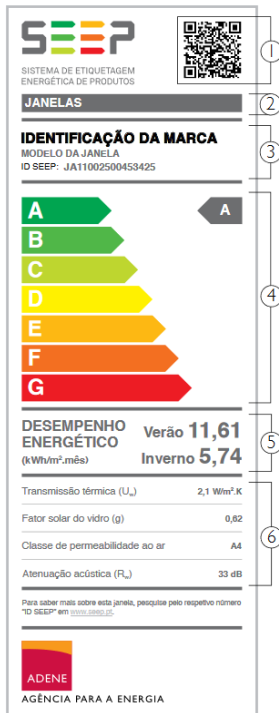
voluntário que permite ao consumidor comparar o desempenho energético de produtos pela sua classificação, servindo como um instrumento de incentivo à melhor escolha de produtos e a uma maior poupança económica. Além da classificação energética, a etiqueta SEEP inclui ainda parâmetros técnicos que correspondem exclusivamente ao produto etiquetado, possibilitando o acesso a informação mais detalhada sobre o produto. Os primeiros produtos etiquetados com etiquetas SEEP foram as janelas, posteriormente foram os elevadores e, no futuro, serão os isolamentos, as alvenarias e as tintas [2].

No quadro 2, pode observar-se o valor aproximado em percentagem da redução do consumo de energia associado às janelas, quando comparado com uma janela com vidro simples, classe F, assumindo que o edifício é climatizado. A substituição desta janela por uma da classe A pode permitir uma redução do consumo de energia associado à janela em cerca de 50% [2].

Quadro 2 - Redução do consumo de energia associado às janelas [2]

CLASSE	REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ASSOCIADO ÀS JANELAS*
A	50%
B	40%
C	30%
D	20%
E	10%
F	0%
G	não aplicável

Na figura 24 apresenta-se a etiqueta energética com a descrição da informação constante na mesma.



1 - QR Code: permite a recolha de informação adicional sobre o produto.

2 - Tipo de Produto/Subsistema.

3 - Identificação do Produto: onde consta o Fabricante, Referência do modelo, tipo de produto e ainda a referência do produto.

4 - Desempenho Energético do Produto: mostra as 7 classes energéticas de A a G. Semelhante aos eletrodomésticos.

5 - Energia expressa em kWh/m². mês, representa a quantidade de energia que passa através da janela no verão e no inverno.

6 - Características Técnicas: Transmissão térmica (U_w); fator solar do vidro(g); classe de permeabilidade ao ar e atenuação acústica (R_w).

Figura 24 - Etiqueta Energética de Produtos SEEP [2]

As etiquetas *Energy Star* e *EU Ecolabel*, apresentadas na figura 25, são utilizadas em equipamentos de escritório e na eletrónica de consumo e são destinados a identificar e promover produtos energeticamente eficientes para reduzir a energia consumida, reduzindo custos e a consequente emissão de gases de efeito de estufa. As etiquetas *Energy Star* foram lançadas pelos Estados Unidos da América em 1992. As etiquetas *EU Ecolabel* foram implementadas também em 1992 pela Comissão Europeia.



Figura 25 - Etiquetas "Energy Star" (esq.) e "EU Ecolable" (dir.) (Fonte: Ecolable Index)

3. CASO DE ESTUDO – EDIFÍCIO DE SERVIÇOS EM LISBOA

Neste capítulo será efetuado o estudo de um edifício construído, de modo a avaliar quais as soluções tecnológicas adequadas para o transformar num NZEB, isto dentro dos seus constrangimentos construtivos e de utilização. Inicialmente será feita uma exposição pormenorizada dos elementos existentes atualmente no edifício e uma análise aos seus consumos energéticos anuais. Posteriormente serão implementadas algumas medidas por forma a reduzir as necessidades energéticas e aumentar a eficiência energético do edifício. Espera-se também que ao diminuir o consumo de energia elétrica, resultando em menores emissões de GEE, sejam também reduzidos os custos de energia anuais.

3.1. Caracterização do edifício

3.1.1. Localização

O edifício encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Lisboa, e segundo o Despacho nº 15793-F/2013 de 3 de dezembro, corresponde à zona climática II V2 com 1190°C.dias, uma duração da estação de aquecimento de 5,3 meses, implantado à cota de 55 m e uma distância à costa marítima de 11,50 km.

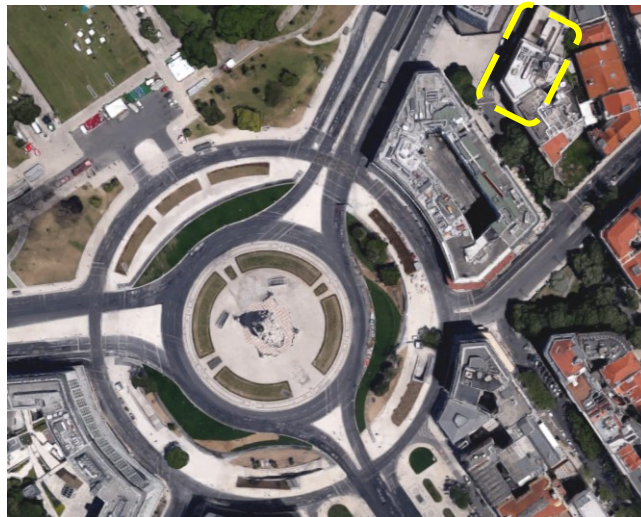


Figura 26 - Localização do edifício em Lisboa (Fonte: Google Maps)

O edifício não se encontra isolado, sendo confinante com outras edificações e possui fachadas com orientação Sudoeste, Noroeste e Nordeste, sendo que a fachada principal do edifício está orientada a Sudoeste, conforme figuras 26 e 27.

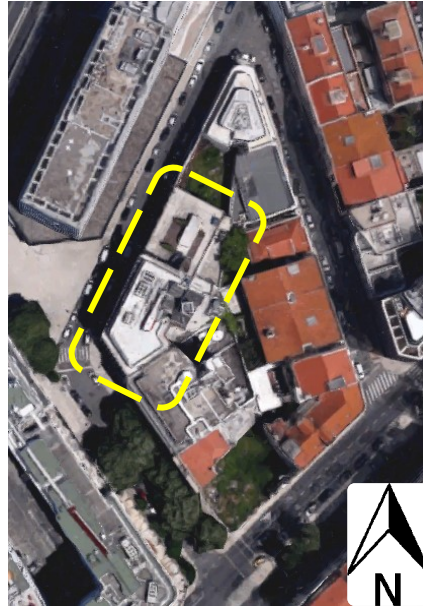


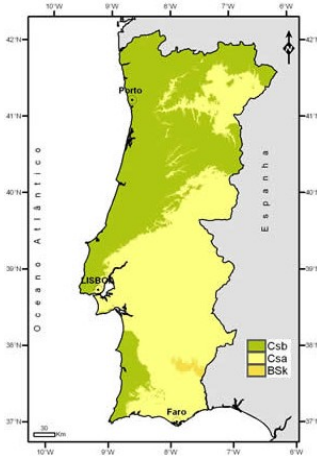
Figura 27 - Localização do edifício em Lisboa (Fonte: Google Maps)

3.1.2. Caracterização climática do local

Através da observação e comparação dos valores de elementos climáticos médios de uma dada região, num período de 30 anos, é possível caracterizar climaticamente a região em estudo. Esta convenção é determinada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), designando-se valor normal de um elemento climático é designado por valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que o mesmo representa o valor predominante daquela região. Estes valores designam-se por normais climatológicas e têm início no primeiro ano de cada década (1901-1930, 1931-1960, etc.). Apesar de existirem as normais climatológicas de referência, pode ainda utilizar-se normais climatológicas nos períodos intercalares, p. ex. 1981-2010. As normas em causa podem ser obtidas através do acesso à página de internet do Instituto Português do Mar e Atmosfera [Fonte: IPMA].

Para se proceder à caracterização do clima em Portugal, as normais climatológicas disponíveis são do período de 1981-2010, tendo sido adotada a classificação de Köppen-Geiger, correspondendo à última revisão de Köppen em 1936. Os resultados obtidos pela cartografia permitem a identificação do tipo de clima distribuído pelo território Nacional, que aparentemente apresenta um clima temperado, do Tipo C [Fonte: IPMA].

De seguida estão identificadas as seguintes variedades climáticas, podendo ser visualizadas na figura 28.



Csa – Clima temperado com Verão quente e seco nas regiões interiores do vale do Douro, bem como as regiões a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela (exceto no litoral Oeste do Alentejo e Algarve).

Csb – Clima temperado com Verão seco e suave em quase todas as regiões a Norte do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e nas regiões do litoral oeste do Alentejo e Algarve.

BSk – Clima árido numa pequena região do distrito de Beja.

Figura 28 - Identificação do tipo de clima em Portugal (Fonte: IPMA)

O edifício a ser estudado encontra-se localizado na cidade de Lisboa, que é do tipo Csa, clima temperado com verão quente e seco, como se pode concluir a partir da figura 28, cujos valores de temperatura são apresentados no quadro 3 e gráfico 1.

Quadro 3 - Temperatura do ar, normais climatológicas - Lisboa, 1981-2010 (Fonte: IPMA)

Temperatura do ar, normais climatológicas - Lisboa (1981-2010)												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temp. Máx (°C)	22,6	24,8	29,4	32,2	34,8	41,5	40,6	41,8	37,3	32,6	25,3	23,2
Temp. Min (°C)	1,0	1,2	0,2	5,5	6,8	10,4	14,1	14,7	12,1	9,2	4,3	2,1
Média Temp. Máx (°C)	14,8	16,2	18,8	19,8	22,1	25,7	27,9	28,3	26,5	22,5	18,2	15,3
Média Temp. Min (°C)	8,3	9,1	11,0	11,9	13,9	16,6	18,2	18,6	17,6	15,1	11,8	9,4
Média Temp. Média (°C)	11,6	12,7	14,9	15,9	18,0	21,2	23,1	23,5	22,1	18,8	15,0	12,4

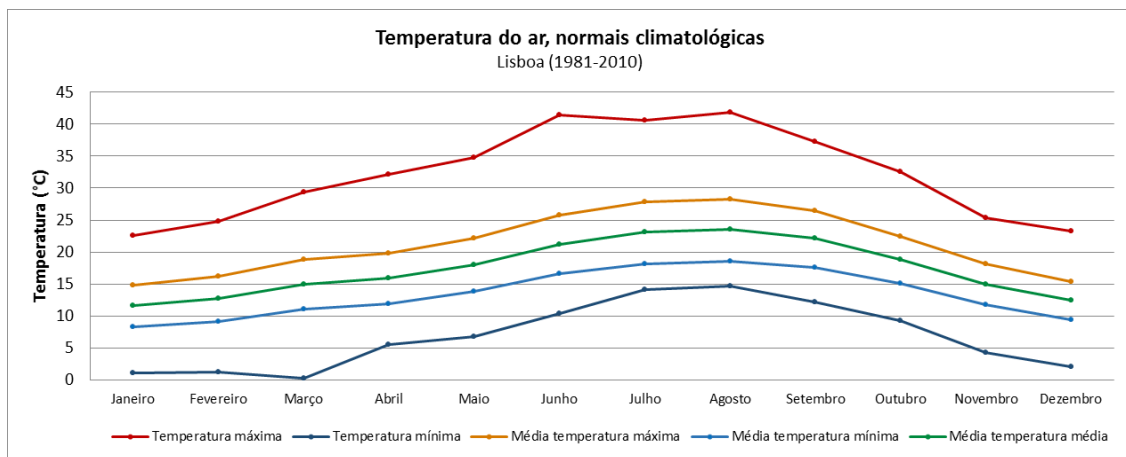


Gráfico 1 - Temperatura do ar, Lisboa 1981-2010 (Fonte: IPMA)

Da análise do quadro 3 e do gráfico 1 pode concluir-se que a média das temperaturas variam entre 11,6°C e 23,5°C.

3.2. Descrição do Edifício

O edifício em estudo é constituído por 8 pisos acima do solo e 5 abaixo. No piso 0 existe a receção do edifício, assim como uma sala polivalente, sendo que a restante área é dividida por gabinetes. Cada um dos restantes pisos tem ainda presente, uma pequena copa de utilização interna e uma sala de bastidores. No piso SL (sobre loja), salienta-se a existência de uma copa e de uma área de repouso que inclui uma divisão reservada a fumadores. Os pisos SL (“Sobre Loja”), 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são destinados a serviços administrativos e caracterizados por áreas do tipo “*open space*” assim como por alguns gabinetes. Existem ainda 5 pisos em cave destinados a estacionamento, armazém e salas técnicas (transformadores de energia, sala do Quadro Geral de Baixa Tensão, grupo gerador e bombagem de água, sala de servidores, UPS, sala de gestão técnica centralizada).

Foi considerada a tipologia de escritórios (4305,07 m²), com inércia média, com os espaços complementares: garagem (2780,32 m²) e armazém (284,75 m²) [23].

Os espaços não úteis encontrados neste edifício foram os seguintes: casas das máquinas do monta-cargas; armazéns no piso -1; escadas de emergência; garagem e salas técnicas de acesso único pela garagem e não climatizadas.

A única forma de energia utilizada neste edifício é através de energia elétrica provinda da rede. O período de funcionamento do edifício tem início por volta das 08h00 até às 18h00, de 2^a a 6^a feira [23].

3.2.1. Caracterização da envolvente exterior e interior opaca

Para a caracterização da envolvente exterior e interior opaca e envidraçada, por falta de elementos sobre as soluções construtivas utilizadas no edifício recorreu-se, sempre que possível, às simplificações propostas pela Nota Técnica NT-SCE-01 e pelo ITE 50. Estas simplificações estão em consonância com as soluções utilizadas na elaboração do Certificado Energético (Anexo A). As soluções construtivas são as seguintes [23]:

PE 1 – Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco/vidro e pelo interior a reboco (posterior a 1960), com espessura total de 25 cm ou 29 cm. Coeficiente de transmissão térmica de 1,3 W/m².°C (de acordo com NTSCE01).

PS 1 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total entre 18 cm e 20 cm de constituição desconhecida, revestimento interior e

exterior em reboco. Coeficiente de transmissão térmica de $1,47 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NT-SCE01).

PS 2 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total de 47 cm de constituição desconhecida e revestimento em reboco. Coeficiente de transmissão térmica de $0,88 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NTSCE01).

PS 3 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total de 15 cm de constituição desconhecida. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada interiormente e exteriormente com uma espessura média de 2 cm. Coeficiente de transmissão térmica de $1,78 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com ITE 50).

Cob. Ext. 1 – Cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30cm e teto falso. Coeficiente de transmissão térmica de $1,68 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NT-SCE01 incluindo a contribuição da caixa-de-ar).

Cob. Ext. 2 – Cobertura exterior pesada horizontal. Coeficiente de transmissão térmica de $2,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NT-SCE01).

Cob. Int. – Cobertura interior pesada horizontal com acabamento interior com caixa de- ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e teto falso. Coeficiente de transmissão térmica de $1,52 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NT-SCE01 com a correção para cobertura interior e incluindo a contribuição da caixa-de-ar).

Pav. Int. – Pavimento interior pesado sobre espaço não aquecido. Coeficiente de transmissão térmica de $2,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ (de acordo com NT-SCE01).

3.2.2. Caracterização da envolvente envidraçada

Envidraçado E1 – Vão simples inserido nas fachadas Sudeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção solar constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $4,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ e com fator solar de 0,29.

Envidraçado E2 – Vão simples inserido na fachada Sudeste, Sul, Nordeste, Oeste, Noroeste e Este com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com

proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $3,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,34.

Envidraçado E3 – Vão simples inserido na fachada Sudeste, Noroeste, Nordeste, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,34.

Envidraçado E4 – Vão simples inserido na fachada Sudeste, Nordeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,55.

Envidraçado E5 – Vão simples inserido na fachada Sudeste, Noroeste e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina interior opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $3,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,27.

Envidraçado E6 – Vão simples inserido na fachada Noroeste, Sudeste e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina interior opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,27.

Envidraçado E7 – Vão simples inserido na fachada Sudoeste, Sudeste, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $3,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,29.

Envidraçado E8 – Vão simples inserido na fachada Sudoeste, Este, Oeste e Nordeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e com fator solar de 0,29.

Envidraçado E9 – Vão simples inserido na fachada Sul e Nordeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não

especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C) e com fator solar de 0,55.

Envidraçado E10 – Vão simples inserido na fachada Noroeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C) e com fator solar de 0,28.

Envidraçado E11 – Vão simples inserido na fachada Sudeste com caixilharia metálica giratório, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m².°C) e com fator solar de 0,28.

Envidraçado E12 – Vão simples inserido na fachada Sudeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,5 W/(m².°C) e com fator solar de 0,28.

Envidraçado E13 – Vão simples inserido na fachada Nordeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com proteção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,5W/(m².°C) e com fator solar de 0,27.

Envidraçado E14 – Vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com proteção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,9 W/(m².°C) e com fator solar de 0,23.

Envidraçado E15 – Vão simples inserido na fachada Norte, Sul com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m².°C) e com fator solar de 0,60.

Envidraçado E16 – Vão simples inserido na fachada Noroeste, Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não

especificado (espessura de 6mm), proteção interior constituída por cortina transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m².°C) e com fator solar de 0,27.

Envidraçado E17 – Vão simples inserido na fachada Noroeste e Este com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0W/(m².°C) e com fator solar de 0,32.

Envidraçado E18 – Vão simples inserido nas fachadas Noroeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com proteção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m².°C) e com fator solar de 0,23.

3.2.3. Climatização

Descrição

O sistema centralizado de climatização do edifício é constituído por 3 *chillers*, bomba de calor, que climatizam a maior parte do edifício através dos ventiloconvectores a 4 tubos e de uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN) [23]. Os *chillers* estão localizados no terraço do piso 7 e orientados a nordeste, conforme figuras 29 e 30. Cada *chiller* apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais.



Figuras 29 e 30 – Chillers/Bombas de Calor (Fonte: autor)

No circuito primário de cada *chiller* existe uma bomba circuladora “*in-line*” equipada com motor elétrico de rotor seco. A distribuição de cada coletor, respetivamente, de água fria e de água quente aos consumidores (UTAN e ventiloconvectores) é feita por uma bomba monocelular centrífuga controlada eletronicamente por um variador de frequência e uma

bomba circuladora “in-line” do tipo rotor seco. A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pela UTAN, localizada no terraço, conforme figura 31 [23].



Figura 31 – UTAN (Fonte: autor)

A UTAN existente é constituída pelos seguintes módulos no sentido de insuflação de ar: módulo de admissão de ar, filtro de ar plano, recuperador de calor de fluxos cruzados, filtro de ar de sacos, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação. A montante do ventilador de extração existe um filtro de ar plano. Ambos os ventiladores de insuflação e de extração têm motor de transmissão direta e variador de velocidade. Todos os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros [23].

Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no teto falso de cada piso. Tal como para a insuflação, as grelhas de extração estão localizadas no teto falso dos pisos, conforme figuras 32 e 33.



Figuras 32 e 33 – Insuflação (esq.) e Extração (dir.) do teto falso (Fonte: autor)

No piso SL existe uma zona reservada a fumadores que possui um sistema independente do sistema centralizado de ventilação. A admissão de ar novo para este espaço é assegurada por um ventilador de insuflação de ar novo com um filtro incorporado a montante e um outro de extração, localizados no terraço do piso1, conforme figura 34.



Figura 34 – Ventiladores de insuflação (esq.) e de extracção (dir.) [23]

Todos os pisos são climatizados. Nos pisos de garagem apenas algumas das salas são climatizadas através de unidades de expansão direta do tipo *split*, conforme figura 25.



Figura 35 – Split (Fonte: autor)

Nos quadros 4, 5, 6, 7 e 8 estão indicadas as características dos vários equipamentos de climatização existentes e os pisos/frações que servem.

Quadro 4 - Características dos chillers [23]

Chillers		
Quantidade [un]	2	1
Localização	Cobertura	Cobertura
Marca	Daikin	Daikin
Modelo	EUWYN070CZ6YL	EWYQ180DAYNN-Q
Capacidade de arrefecimento [kW]	166	183
Potência eléctrica de arrefecimento [kW]	72	64
EER	2	3
Capacidade de aquecimento [kW]	167	199
Potência eléctrica de aquecimento [kW]	71	68
COP	2	3
Tipo de refrigerante	R407C	R410A

Quadro 5 - Características da UTAN [23]

UTAN	
Localização do equipamento	Cobertura
Marca	TROX
Tipo/N.º Série	ECS 14561
Caudal de ar insuflado [m ³ /h]	12 020
Caudal de ar extraído [m ³ /h]	10 080
Capacidade de aquecimento [kW]	127
Capacidade de arrefecimento [kW]	81
Potência do motor Insuflação [kW]	8
Potência do motor Extracção [kW]	3

Quadro 6 - Características das bombas do circuito primário [23]

Bombas Circuito Primário		
Quantidade [un]	2	1
Marca	Grundfos	Grundfos
Modelo	TP 80-90/4 A-F-A-BAQE	TP 90-90/4 A-F-A-BAQE
Localização	Cobertura	Cobertura
Potência máxima [kW]	2	2
Velocidade Correspondente [r.p.m.]	1 445	1 445

Quadro 7 - Características das bombas de circulação de água aquecida [23]

Bombas Circulação água aquecida		
Quantidade [un]	2	1
Marca	Grundfos	Grundfos
Modelo	TPE 100-240/2 A-F-A-BAQE	n.d.
Localização	Cobertura	Cobertura
Potência máxima [kW]	8	n.d.
Velocidade Correspondente [r.p.m.]	2 880	n.d.

Quadro 8 - Características das unidades individuais de climatização [23]

Quantidade [un]	Splits				
	1	1	1	1	2
Marca	Panasonic	Panasonic	Panasonic	Daikin	Sanyo
Modelo Unidade interior	CS-W28BKP5	CS-W18CTP	CS-W18CTP	FTXS35CVMB	SAP-KR228EH
Modelo Unidade exterior	CU-W28BKP5	CU-W18CTP5	CU-W18CTP5	RXS35BVMB	SAP-C228EH38
Local Interior	Casa das máquinas	Sala Gestão Técnica	Sala Telecomunicações	Sala UPS	Sala de servidores
Capacidade de arrefecimento [kW]	7,9 - 7,8	5	5	4	6
Potência eléctrica absorvida arref. [kW]	2,93 - 2,95	2	2	1	3
EER	2,70 - 2,64	3	3	3	2
Capacidade de aquecimento [kW]	9,2 - 9,1	6	6	5	7
Potência eléctrica absorvida aquec. [kW]	3,50 - 3,48	2	2	1	3
COP	2,63 - 2,61	3	3	4	3
Tipo de refrigerante	R407C	R410A	R410A	R410A	R22

Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT). No SGT é feito o seguinte controlo [23]:

- Estado de funcionamento dos *chillers*, das bombas do circuito primário e das bombas de circuito secundário;
- Estado de abertura das válvulas de modelação associadas;
- Valores de temperatura da água nos vários circuitos de água, nomeadamente: entrada e saída de cada *chiller* e nos coletores de água fria e água quente;
- *Set point* de temperatura da água de retorno aos *chillers* no Inverno e verão;
- Horário de funcionamento dos *chillers*, bombas e dos ventiladores;
- *Set point* de temperatura e de pressão da UTAN;
- Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias da UTAN;
- Visualização dos valores de temperatura do ar de insuflação, extração e ar novo.

Medições Elétricas

Com o objetivo de analisar o perfil de consumo da instalação coletiva de climatização, efetuou-se uma medição no QGBT na saída geral de AVAC.

No gráfico 2 apresenta-se a evolução da potência absorvida pela alimentação anteriormente referida.

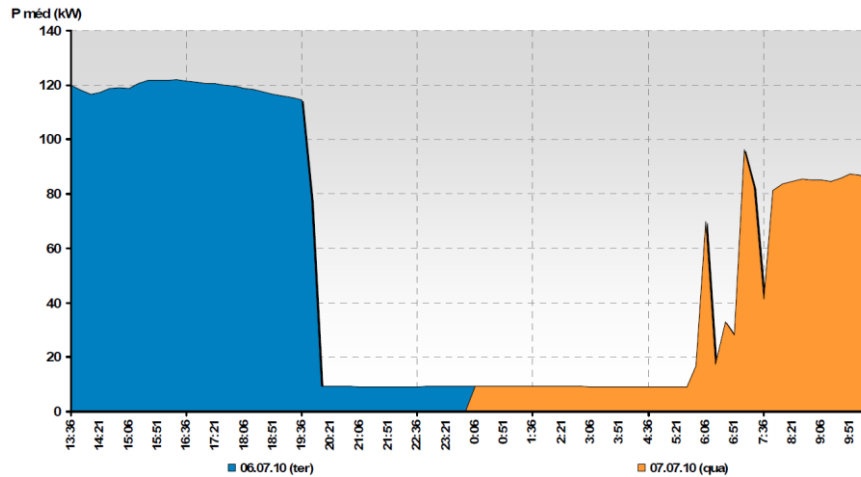


Gráfico 2 – Potência absorvida - Q AVAC [23]

Verifica-se que os equipamentos de climatização alimentados por este quadro elétrico funcionam entre as 8h00 e as 20h00. Durante este período a potência tomada apresentou um valor médio de 56,3kW. Fora deste período a potência apresentou um valor constante de 9,2kW. O valor máximo de potência foi de 121,6 kW. A potência absorvida apresenta valores relativamente altos uma vez que as medições foram realizadas em julho e as temperaturas exteriores eram bastante altas [23].

Consumo de Energia

A climatização do edifício apresenta-se como o segundo maior consumidor de energia do edifício, ou seja, cerca de 238 MWh/ano o que representa 40,2% do consumo total do edifício [23].

3.2.4. Iluminação

Descrição

O tipo de iluminação existente é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes com balastro eletrónico. Existem ainda um número considerável de lâmpadas fluorescentes compactas, também com balastros eletrónicos, assim como lâmpadas de halogéneo. Todas as fachadas são munidas de envidraçados, que garantem uma boa iluminação natural.

Os horários de funcionamento da iluminação correspondem ao do funcionamento dos escritórios, com início por volta das 08h00 até às 18h00, de 2.^a a 6.^a feira, sendo que em cada piso existem junto às janelas células fotoelétricas que permitem efetuar regulação de fluxo da iluminação de teto mediante o nível de iluminação natural permitindo uma gestão mais eficiente da iluminação [23].

Levantamento da Iluminação

Com o objetivo de avaliar o consumo de energia relativo à iluminação realizou-se um levantamento detalhado de toda a iluminação existente. Nos quadros 9 e 10 encontram-se indicados resumidamente o tipo e a quantidade de lâmpadas existentes por zona.

Quadro 9 - Levantamento da iluminação [23]

LOCAL	Horas Funcion/ano	Ledx3	F1x8	F1x21BE	F1x28BE	F1x36	F2x18	F1x35BE	F2x28BE	F1x58BE	F2x36 BE
Caixa de escadas	780		55		1					1	
Garagem	2 600		9		6			78			1
Garagem - Zonas Técnicas	52		2		1				6	7	
Garagem - Zonas Climatizadas	260								3		
Garagem - WC's	52				3						
Piso -1 - Circulação	3 380		3		2				10		
Piso -1 - Arrumos	52								16		
Piso -1 - Armazéns	52		1		12				26		
Piso -1 - Zonas Climatizadas	260								7		
Piso -1 - WC's	260				2						
Piso 0 - Circulação	3380		3	1	13			6			
Piso 0 - Recepção	3 380										
Piso 0 - Salas	3380	3			10			19	27		
Piso 0 - WC's	260				3			2			
Piso SL - Circulação	3380	3	2		7						
Piso SL - Bar	3 380							2			
Piso SL - Salas	3380		2		4				54		
Piso SL - WC's	260			4	4						
Piso 1 - Circulação	3380		2					4	2		1
Piso 1 - Bar + WC's	260								2		
Piso 1 - Salas	3380								85		
Piso 2 - Circulação	3 380		2						2		
Piso 2 - Bar + WC's	260								1		
Piso 2 - Salas	3 380								81		
Piso 3 - Circulação	3380		2					4	3		
Piso 3 - Bar + WC's	260								1		
Piso 3 - Salas	3380								50		
Piso 4 - Circulação	3 380		3					4	2		
Piso 4 - Bar + WC's	260								1		
Piso 4 - Salas	3 380		1				1		50		1
Piso 5 - Circulação	3380		3					3	2		
Piso 5 - Bar + WC's	260				8			2	1		
Piso 5 - Salas	3380							22	12		
Piso 6 - Circulação	3 380		2		1			4	2		
Piso 6 - Bar + WC's	3380								1		
Piso 6 - Salas	3 380		2						40		
Cobertura - Zonas Técnicas	52					6					1
Exterior	3 690					4		1			1
Total		6	94	5	77	10	1	151	487	8	5

Nota: F - Fluorescentes tubulares; FC - Fluorescentes compactas; Hal - Halogéneo; I - incandescente; IM - Iodetos Metálicos; BE - Balastro Electrónico

Quadro 10 - Levantamento da iluminação (cont.) [23]

LOCAL	Horas Funcion/ano	F2x35BE	F4x18	F2x54BE	FCx9	FCx11	FCx18	FCx26	FC2x18	FC2x55	Hal20	I60	IM 150	Potência Instalada [kW]
Caixa de escadas	780					30								0,91
Garagem	2 600													3
Garagem - Zonas Técnicas	52													0,69
Garagem - Zonas Climatizadas	260	2												0
Garagem - WC's	52				4									0,14
Piso -1 - Circulação	3 380				5									1
Piso -1 - Arrumos	52											2		0,78
Piso -1 - Armazéns	52													1
Piso -1 - Zonas Climatizadas	260													0,29
Piso -1 - WC's	260					1						1		0
Piso 0 - Circulação	3380					13	15	3						1,21
Piso 0 - Recepção	3 380					14								0
Piso 0 - Salas	3380						26							2,7
Piso 0 - WC's	260					1	4							0
Piso SL - Circulação	3380					2	6		8					0,69
Piso SL - Bar	3 380					3	4		2					0
Piso SL - Salas	3380													2,36
Piso SL - WC's	260						2							0
Piso 1 - Circulação	3380						2							0,37
Piso 1 - Bar + WC's	260						10				2			0
Piso 1 - Salas	3380								4					3,63
Piso 2 - Circulação	3 380	4					2							0
Piso 2 - Bar + WC's	260						10				2			0,27
Piso 2 - Salas	3 380													3
Piso 3 - Circulação	3380						2							0,34
Piso 3 - Bar + WC's	260						10				2			0
Piso 3 - Salas	3380													2,05
Piso 4 - Circulação	3 380						3							0
Piso 4 - Bar + WC's	260						10				2			0,27
Piso 4 - Salas	3 380									2				2
Piso 5 - Circulação	3380		2								7			0,53
Piso 5 - Bar + WC's	260					2	4				4			1
Piso 5 - Salas	3380		2	12						8	6			4,02
Piso 6 - Circulação	3 380						2							0
Piso 6 - Bar + WC's	3380						8							0,19
Piso 6 - Salas	3 380													2
Cobertura - Zonas Técnicas	52													0,29
Exterior	3 690						11						2	1
Total		6	4	12	9	66	131	3	14	10	25	3	2	38,92

Nota: F - Fluorescentes tubulares; FC - Fluorescentes compactas; Hal - Halogéneo; I - Incandescente; IM - Iodetos Metálicos; BE - Balastro Electrónico

Em resumo apresentam-se os gráficos 3 e 4 com a repartição da potência instalada em iluminação, por tipo de lâmpada.

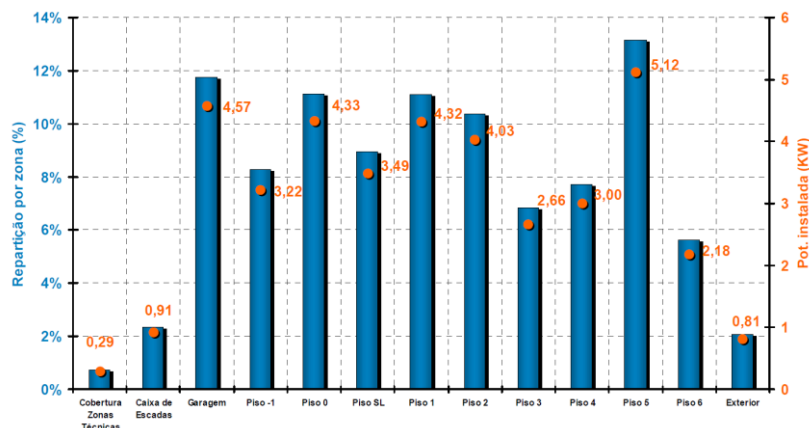


Gráfico 3 – Potência instalada e repartição por zona [23]

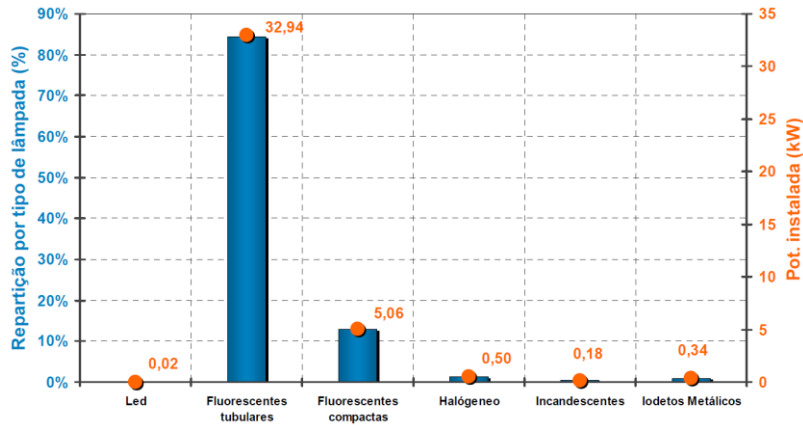


Gráfico 4 - Potência instalada e repartição por tipo de iluminação [23]

Medições elétricas

Com o objetivo de analisar o perfil de consumos do edifício foram efetuadas medições elétricas nas saídas do QGBT dos respetivos pisos durante um período mínimo de 24 horas [23].

➤ Quadro elétrico Piso 0

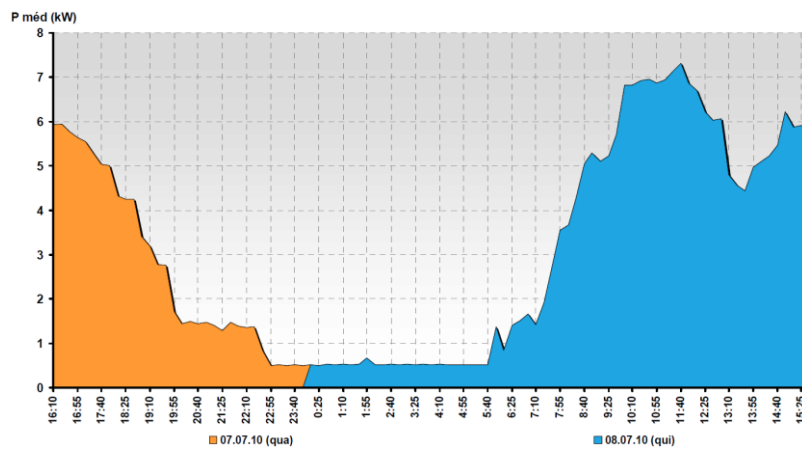


Gráfico 5 - Quadro elétrico Piso 0 [23]

A partir da análise do gráfico 5 conclui-se [23]:

- A potência tomada é superior entre as 08h00 e as 19h00, o que corresponde ao período de funcionamento dos escritórios;
- Durante a noite há uma potência absorvida que ronda os 500 W;
- A potência tomada apresenta um mínimo de 0,5 kW e um máximo de 7,3kW, sendo a média cerca de 3,1 kW.

➤ **Quadro elétrico Piso SL**

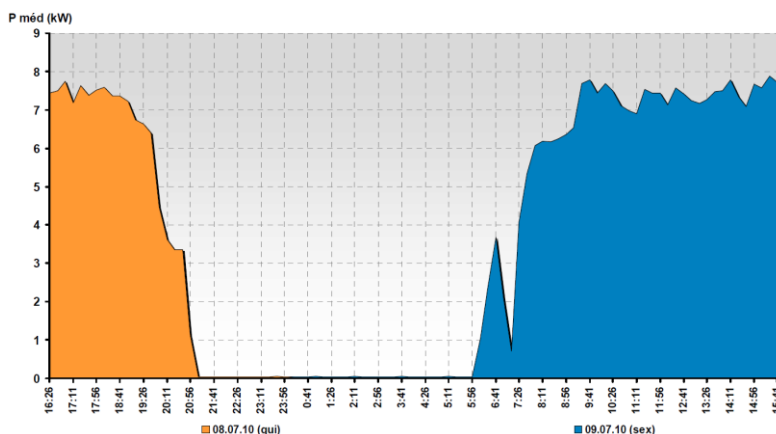


Gráfico 6 - Quadro elétrico Piso SL [23]

A partir da análise do gráfico 6 conclui-se [23]:

- A potência tomada é superior entre as 08h00 e as 19h00, o que corresponde ao período de funcionamento dos escritórios;
- Durante a noite não existe consumo algum;
- A potência tomada apresenta um mínimo de 0,05 kW e um máximo de 7,9 kW, sendo a média cerca de 4,0 kW.

➤ **Quadro elétrico Pisos 1 e 2**

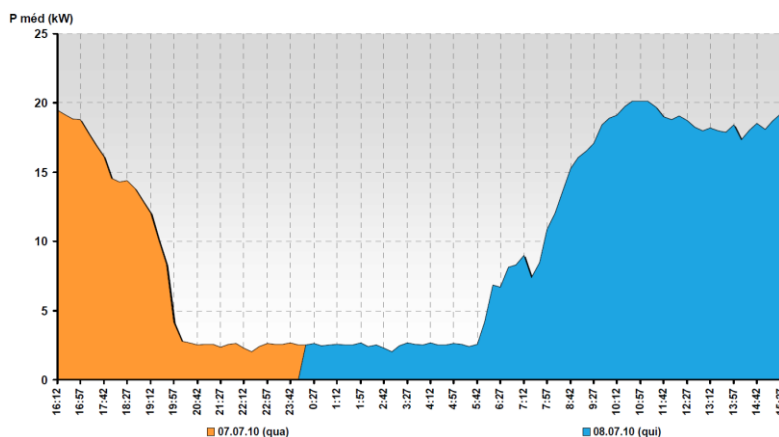


Gráfico 7 - Quadro elétrico Pisos 1 e 2 [23]

A partir da análise do gráfico 7 conclui-se [23]:

- A potência tomada é superior entre as 08h00 e as 19h00, o que corresponde ao período de funcionamento dos escritórios;
- Durante a noite há uma potência absorvida que ronda os 2500 W;
- A potência tomada apresenta um mínimo de 2,0 kW e um máximo de 20,1 kW, sendo a média cerca de 10,1 kW.

➤ **Quadro elétrico Pisos 3, 4, 5 e 6**

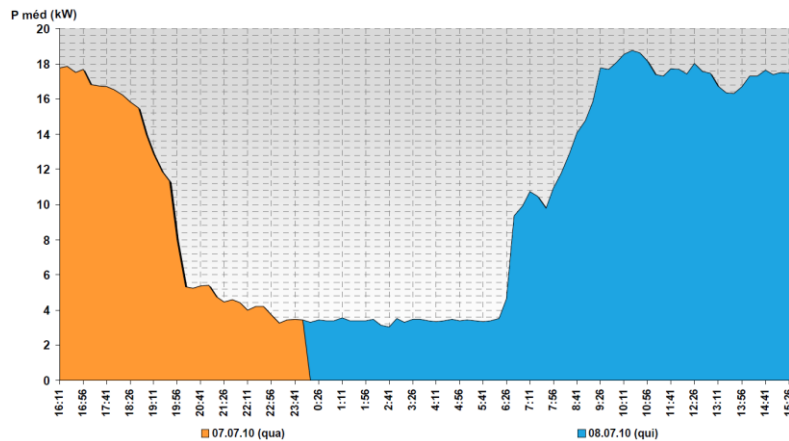


Gráfico 8 - Quadro elétrico Pisos 3, 4, 5 e 6 [23]

A partir da análise do gráfico 8 conclui-se [23]:

- Mais uma vez, a potência tomada é superior entre as 08h00 e as 19h00, o que corresponde ao período de funcionamento dos escritórios;
- Durante a noite há uma potência absorvida que ronda os 3,4 kW;
- A potência tomada apresenta um mínimo de 3,0 kW e um máximo de 18,8 kW, sendo a média cerca de 10,4 kW.

Após a análise conjunta de todos os gráficos respeitantes ao Quadros Parciais de piso, é possível referir que todos eles acompanham a mesma tendência.

Consumo de Energia

O sector da iluminação apresenta-se como o terceiro maior consumidor de energia neste edifício. Estima-se que o consumo anual da iluminação ronde os 107 MWh, o que representa cerca de 18 % do consumo total da instalação [23].

3.2.5. Equipamentos

Descrição

Neste capítulo incluem-se todos os equipamentos existentes para além dos equipamentos de climatização. Os equipamentos podem ser agrupados em três grupos [23]:

- Sistemas informáticos e de telecomunicações: computadores, monitores, impressoras, servidores, equipamentos ativos dos bastidores, entre outros;

- Três elevadores e um monta-cargas que, para além das escadas, garantem a comunicação entre os pisos;
- Restantes equipamentos: ventiladores de extração de instalações sanitárias; zonas técnicas e estacionamento, ventiladores de pressurização, máquinas de distribuição de comida/bebida (máquinas de *vending*), eletrodomésticos das copas (máquinas de café, frigoríficos, micro-ondas); bombagem de água.

3.2.5.1. Sistemas informáticos

Os servidores e bastidores deste edifício são alimentados através de uma unidade ininterrupta de energia, UPS. Para além deste sistema centralizado existem os equipamentos de informática e audiovisuais individuais, nomeadamente, computadores, monitores, impressoras, faxes, etc. No quadro 11 apresenta-se o levantamento dos equipamentos individuais de informática identificados [23].

Quadro 11 - Equipamentos de informática [23]

Equipamentos	Piso									Total
	-1	0	SL	1	2	3	4	5	6	
Computadores	9	19	42	52	54	29	27	7	13	252
Impressoras	2	3		7	2		3	3	2	22
Máquinas de triturar papel				1			1		1	3
Equipamento de fax				2	1	1	2			6
Projectores		1	2	2	1	1	1	1		9
Fotocopiadoras			3	3	4	1		1	1	13
Televisores		1	3	1		1	1			7

Medições elétricas

No gráfico 9 pode ver-se a evolução da potência absorvida pela UPS, entre as 13h09 do dia 6 de julho e as 10h24 do dia 7 de julho, com um período de integração de 15 minutos.

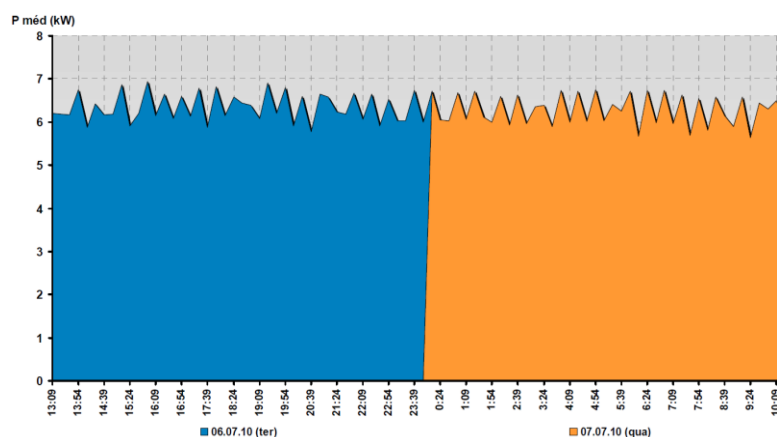


Gráfico 9 - Evolução da potência absorvida – UPS [23]

A partir da análise do gráfico conclui-se:

- A potência tomada é mais ou menos estável, não sendo perceptíveis alterações no horário de funcionamento, visto que a UPS não alimenta os computadores existentes no edifício;
- A potência tomada apresenta um mínimo de 5,6 kW e um máximo de 6,9 kW, sendo a média cerca de 6,3 kW.

3.2.5.2. Elevadores

Existem 3 elevadores e um monta-cargas que, para além das escadas, garantem a comunicação entre os pisos. As características dos elevadores encontram-se discriminadas no quadro 12. A sua alimentação elétrica é feita a partir do Quadro das diferentes Casas das Máquinas existentes; uma localizada na cobertura do ultimo piso do edifício, para os dois que circulam desde do piso -1 ao 6, outra localizada na cobertura da SL para o que circula do rés-do-chão até ao -5 (garagens) e finalmente para o monta-cargas cuja Casa das Máquinas se encontra localizada na cobertura do 2º Piso.

Quadro 12 - Características dos elevadores [23]

Elevadores	Pisos			
	-1 a 6	-1 a 6	-5 a r/c	-2 a 2
Marca	OTIS	KONE	OTIS	ZIEHL-ABEGG
Modelo	LTLA-160C	MOT1836	140VAT	ZUI60*
Quantidade [un]	1	1	1	1
Potência [kW]	10	5,7	3,3	5
Frequência [Hz]	50	50	50	50

* Monta Cargas

Medições elétricas

Nos gráficos 10 e 11 pode ver-se a evolução da potência absorvida pelos elevadores referidos, entre as 16h26m do dia 8 de julho e as 15h56 do dia 9 de julho, com um período de integração de 15 minutos. Apresentam-se as potências tomadas média e a máxima registadas durante a medição. Uma vez que os períodos de funcionamento dos elevadores são de duração reduzida, com a representação da potência máxima consegue-se evidenciar a potência real absorvida apenas durante o funcionamento destes equipamentos, sem ter em conta os tempos de paragem [23].

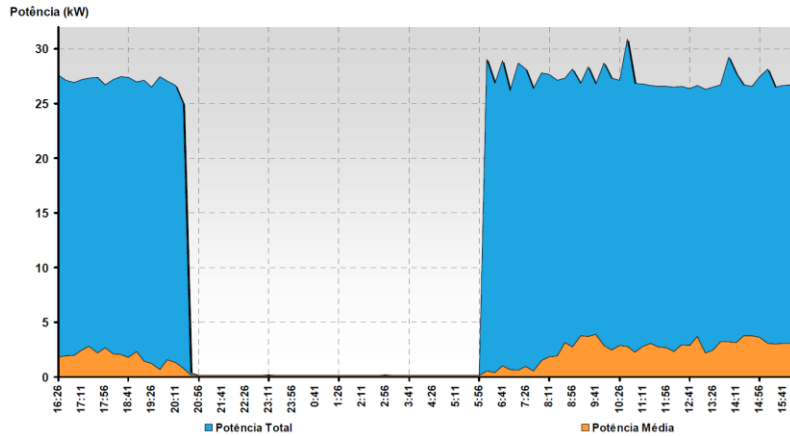


Gráfico 10 - Evolução da potência absorvida - Elevador principal [23]

Da análise do gráfico observa-se que:

- Os elevadores efetuam várias viagens durante o dia, embora existam períodos horários com tráfego mais intenso;
- O pico de potência tomada atingiu cerca dos 31 kW, embora os valores médios sejam muito mais baixos, o que significa que existem muitos períodos de paragem;
- No período noturno, como seria de esperar, não existe qualquer consumo.

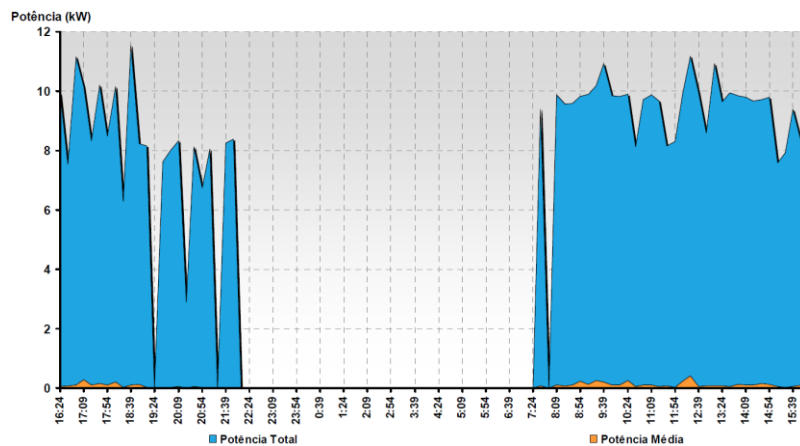


Gráfico 11 - Evolução da potência absorvida - Elevador garagens [23]

Da análise do gráfico observa-se que:

- O elevador efetua várias viagens durante o dia, embora existam períodos horários com tráfego mais intenso;
- O pico de potência tomada atingiu cerca dos 11,5 kW, embora os valores médios sejam muito mais baixos, o que significa que existem muitos períodos de paragem;
- No período noturno não existe qualquer consumo.

3.2.5.3. Restantes equipamentos

Para além dos equipamentos já referidos, existem ainda os equipamentos referidos nos quadros 13 e 14 e nas figuras 36 e 37:

Quadro 13 - Restantes equipamentos [23]

Equipamentos	Piso									Total
	-1	0	SL	1	2	3	4	5	6	
Máquina de café		1	1	1	1	1	1	1	1	8
Máquina de água		1	1	1	1	1	1	1	1	8
Frigorífico		1	1	1	1	1	1	1	1	8
Plataforma elevatória		1								1
Máquinas de vending			2	2	2		2			8
Microondas				1	1	1			1	4
Aquecedor de água				2	2	1	2	2	2	11
Ventoíinha								1		1

Quadro 14 - Características dos ventiladores de extração [23]

Ventiladores de extração			
Tipo	VE1	VE2	VE
Quantidade [un]	1	1	1
Local	I.S.	I.S.	Estacionam.
Marca	France Air	France Air	n.d.
Velocidade de rotação [rpm]	900	1100	n.d.
Potência ventilador [W]	0,756	0,370	n.d.

n.d. - não disponível



Figura 36 – Ventilador de extração das garagens [23]

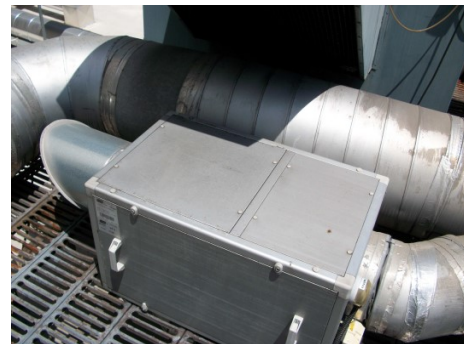


Figura 37 – Ventilador de extração das instalações sanitárias [23]

Como referido no quadro 13 podemos encontrar no piso 0 uma plataforma elevatória que possui as seguintes características:

Quadro 15 - Características da plataforma elevatória [23]

Plataforma Elevatória	
Quantidade [un]	1
Local	Piso 0
Marca	Hito Lift
Capacidade máxima [kg]	300
Nº Série	76396
Ano	2008
Tensão [V]	24

Existe ainda um grupo de bombagem (2 bombas) da marca Wilo, localizado no piso -1, que permite que todos os pisos sejam abastecidos de água [23].

Medições elétricas

No Gráfico 12 pode ver-se a evolução da potência absorvida pelas bombas, entre as 13h36m do dia 6 de julho e as 10h21 do dia 7 de julho, com um período de integração de 15 minutos [23].

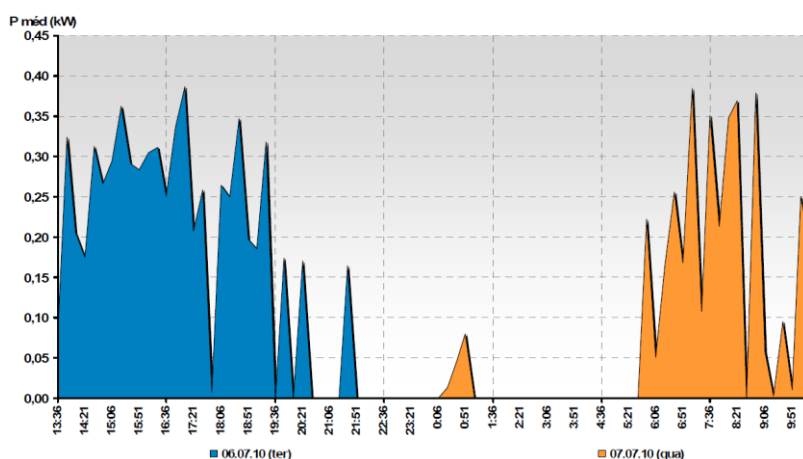


Gráfico 12 - Evolução da potência absorvida – Bombas [23]

Da análise do gráfico 12 observa-se que:

- As bombas ligam várias vezes durante o dia, embora existam períodos horários consumo mais efetivo, que coincide com o período de funcionamento dos escritórios;
- O pico de potência tomada média atingiu cerca dos 0,13 kW, embora os valores médios ainda sejam mais baixos, o que significa que existem muitos períodos de paragem.

Consumo de Energia

O sector dos Equipamentos apresenta-se como o maior consumidor de energia deste edifício em consequência do regime contínuo de funcionamento de maior parte dos equipamentos. O consumo deste sector é cerca de 248 MWh/ano, ao qual corresponde uma percentagem de 41,8% do consumo total [23].

3.2.6. Serviços elétricos

3.2.6.1. Alimentação de Energia

O fornecimento de energia elétrica ao edifício é feito através de uma alimentação em Média Tensão, a partir de um posto de transformação com dois transformadores de 500 kVA, existente na cave do edifício. Sendo que a partir do Quadro Geral de Entrada, localizado na cave, são alimentados todos os quadros parciais de piso. Refere-se ainda a existência de uma bateria de condensadores presente junto ao QGBT [23].

Nos quadros 16 e 17 apresentam-se as principais características do transformador de energia elétrica e da bateria de condensadores.

Quadro 16 - Características dos transformadores [23]

Transformador									
Marca	Quantidade	Potência [kVA]	Tensão [V]		Corrente [A]		Frequência [Hz]	Grupo Ligação	Ano
			Primário	Secundário	Primário	Secundário			
EFACEC	2	500	10 500	400	28,87	721,7	50	Dyn5	1983

Quadro 17 - Características da bateria de condensadores [23]

Bateria de Condensadores				
Marca	Potência [kVA]	Nº escalões	Tensão nominal [V]	Local
EFACEC	56	4	400	QGBT

3.2.6.2. Sistemas de Emergência

Unidade Ininterrupta de Energia

Os sistemas informáticos existentes no edifício, em virtude das suas especificidades e aplicações críticas, necessitam de uma alimentação de energia elétrica com qualidade e fiabilidade, sem eventuais falhas de energia, variações de tensão, sobrecargas, micro-cortes, picos de tensão, variações de frequência e transitórios [23].

As condições mencionadas são asseguradas com recurso a uma unidade ininterrupta de energia (UPS) numa sala localizada no piso -2. As características da UPS estão apresentadas no quadro 18 [23].

Quadro 18 - Características da UPS [23]

UPS	
Pisos	1
Marca	Merlin Gerin
Modelo	EPS 2000
Quantidade [un]	1
Potência [kVA]	120
Frequência [Hz]	50

Grupo de Emergência

Existe um grupo eletrogéneo de emergência com potência de 300 kVA, que se encontra na figura 38 e que garante o fornecimento de energia aos diversos circuitos em caso de falta da rede pública [23]. No quadro 19 encontram-se apresentadas as principais características do grupo de Emergência.

Quadro 19 - Características do grupo de emergência

Grupo de Emergência							
Marca	Modelo	Potência		Tensão [V]	Cos ϕ	Velocidade de rotação [rpm]	Frequência [Hz]
		Nominal [kVA]	Activa [kW]				
MOTOPE	46SVL12S	300	240	380	0,8	1500	50



Figura 38 - Grupo de emergência [23]

Medições elétricas

De seguida apresenta-se no quadro 20 com o resumo das medições elétricas realizadas e a contribuição, em percentagem, de cada equipamento medido, em relação ao consumo total do edifício.

Quadro 20 - Resumo dos resultados das medições efetuadas [23]

Medição	Início		Fim		Tempo de medição [horas]	Potência Activa [kW]	Energia Activa [kWh]	Energia Reactiva [kVARh]	Cos φ Méd	Repartição sobre Consumo Total
	Data	Hora	Data	Hora						
Grupo Hidroressor	06/jul/10	13:36	07/jul/10	10:21	20,9	0,037	0	0	-1,00	0,0%
G UPS	06/jul/10	13:09	07/jul/10	10:24	21,3	6,3	136	219	0,76	5,8%
Q. AVAC	06/jul/10	13:36	07/jul/10	10:21	20,9	56,3	1 183	666	0,92	50,5%
Q. Piso 0	07/jul/10	16:10	08/jul/10	15:40	23,5	3,1	74	10	0,70	2,8%
Q. Piso 1/2	07/jul/10	16:12	08/jul/10	15:42	23,5	10,1	240	0	0,98	9,1%
Q. Piso 3/4/5/6	07/jul/10	16:11	08/jul/10	15:41	23,5	10,4	247	0	0,29	9,4%
Q. Sobre Loja	08/jul/10	16:26	09/jul/10	15:56	23,5	4,0	94	1	0,96	3,9%
Q. Elev Principal	08/jul/10	16:26	09/jul/10	15:56	23,5	1,5	35	87	0,11	1,5%
Q. Elev Garagens	08/jul/10	16:24	09/jul/10	15:54	23,5	0,1	1	0	0,08	0,1%
Contador EDP	06/jul/10	13:39	07/jul/10	10:40	21,0		2 344			100,0%
Contador EDP	07/jul/10	16:10	08/jul/10	16:10	24,0		2 634			100,0%
Contador EDP	08/jul/10	16:28	09/jul/10	16:18	23,9		2 434			100,0%

3.2.7. Caracterização energética do edifício

Nos gráficos 13 e 14 estão indicados os valores do consumo de energia e consequente faturação durante o período entre janeiro de 2007 e junho de 2010.

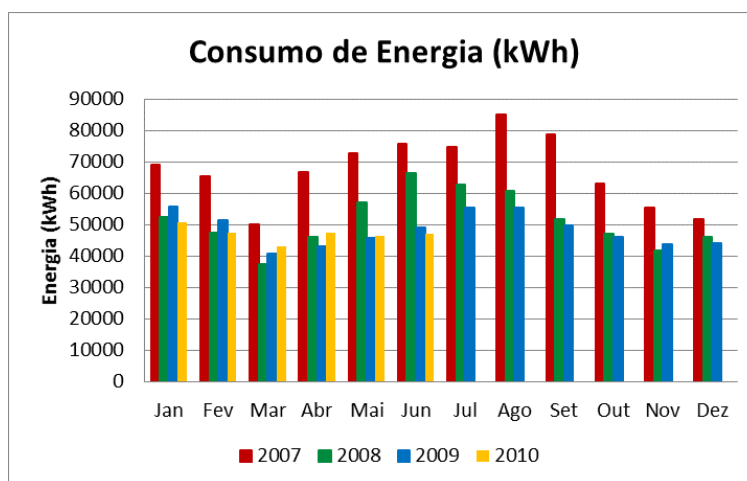


Gráfico 13 - Consumo de energia real mensal do edifício em estudo

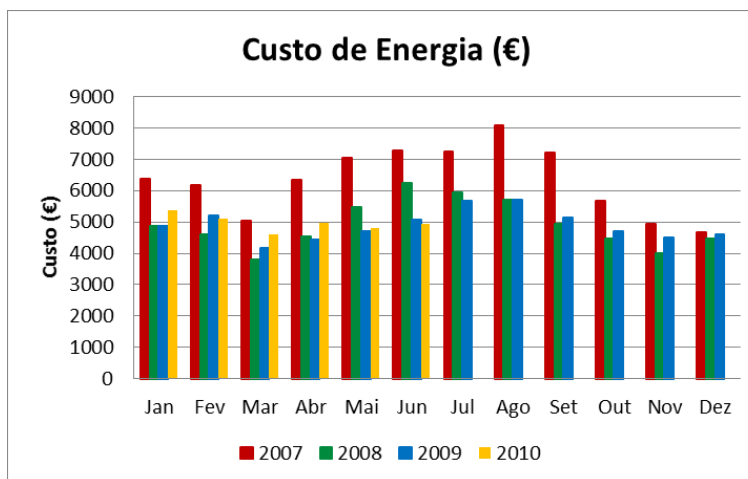


Gráfico 14 - Custo de energia real mensal do edifício em estudo

Analisando a evolução dos consumos nos gráficos 13 e 14 é possível observar que desde 2007 o consumo de energia possui uma tendência decrescente. Pode igualmente observar-se que o consumo de eletricidade é mais elevado nos meses do verão, que terá a ver diretamente com as condições climáticas existentes neste período, o que obriga a um maior recurso aos aparelhos de ar condicionado de forma a arrefecer o ambiente.

Também é possível verificar que houve uma diminuição acentuada do consumo de energia do ano 2007 para o ano 2008. Esta diminuição foi resultado de uma remodelação de que o edifício foi alvo durante o ano 2007. Assim sendo, o ano 2007 não será contabilizado para o cálculo do consumo médio mensal, que se encontra no quadro 21.

Quadro 21 - Consumo energético médio mensal

Mês	Consumo de Energia [kWh]
Jan	52 962
Fev	48 792
Mar	40 372
Abr	45 552
Mai	49 640
Jun	54 148
Jul	58 963
Ago	57 953
Set	50 711
Out	46 620
Nov	42 694
Dez	45 019
TOTAL	593 424
Média	49 216

Sendo um edifício de serviços, os principais sectores consumidores de energia são a iluminação, a climatização e os equipamentos.

O setor da iluminação é o que representa menor consumo e o sector dos equipamentos o que representa maior. Este último engloba os elevadores, a UPS, bastidores e servidores informáticos, ventiladores de extração das instalações sanitárias, os computadores e impressoras e os equipamentos das copas existentes em todos os pisos.

4. COMPORTAMENTO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO

4.1. Building Information Modeling – BIM

A análise do comportamento térmico do edifício em estudo será realizada através do programa informático *Autodesk REVIT*® 2016, uma ferramenta BIM.

Building Information Modeling (BIM) é um conceito inovador que tem vindo a assumir o papel principal na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, e que proporciona a partilha de informação e a interligação entre os intervenientes das diferentes especialidades, durante as diversas fases do ciclo de vida do edifício.

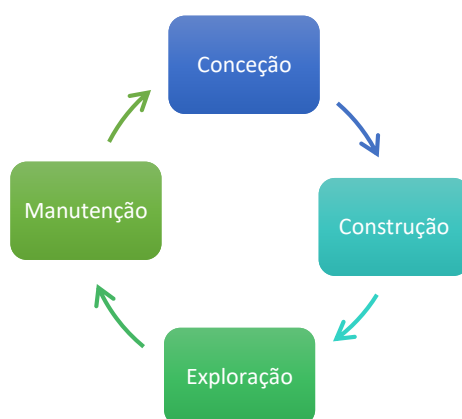


Figura 39 – Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício (Adaptado de Cype)

O BIM oferece a conceção e gestão de uma representação digital tridimensional, com características físicas e funcionais de uma edificação, permitindo a criação de uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde a conceção, construção, exploração até à manutenção, conforme apresentado na figura 39.

A necessidade de criar um modelo capaz de representar os processos de construção levou a que se percebesse a importância em abandonar a simples representação de elementos através de linhas, formas e texto (CAD) e se passasse a representar um modelo tridimensional que associa e relaciona elementos individuais nas diversas especialidades. Para tal, atribui-se a cada elemento características geométricas, físicas, entre outras. Entre os parâmetros encontram-se o tipo de material, propriedades térmicas, custo do material, fabricante, etc. [40].

Num modelo BIM a informação encontra-se interligada, o que significa que qualquer alteração é processada em todo o modelo, evitando, assim, a propagação de erros e dinamizando os processos de atualização. Qualquer alteração do modelo é

repercutida automaticamente em todas as suas componentes e informação do modelo por esta afetada. Todos os profissionais envolvidos no projeto compartilham um modelo único, permitindo reduzir as perdas de informação, os conflitos entre projetos e as duplicações de processos. Ao ser usado um projeto único, garante-se também que qualquer interveniente no projeto trabalhe sempre com a informação mais atual. O modelo BIM é, portanto, um modelo de grande concentração de informação acessível a todos os intervenientes no projeto. Esta informação vai sendo adicionada ao modelo pelas várias especialidades, tais como, arquitetura, engenharia civil, mecânica, eletrotécnica, entre outras, facilitando a cooperação entre elas. Desta forma, é garantida a fiabilidade, rapidez e precisão na consulta e acesso a toda a informação relativa à edificação [40].

O tradicional projeto de construção realizado em *AutoCAD* é assente apenas em desenhos bidimensionais e tridimensionais, enquanto que o BIM se estende para além da representação tridimensional, pois estabelece a relação com outras duas dimensões, o custo e o tempo. O BIM agiliza os processos de orçamentação, permitindo um maior controlo das necessidades de matéria-prima e mão-de-obra ao longo do processo construtivo, pois deste modelo é possível retirar valores de quantidades e custos. Assim, permite um planeamento de todo o processo construtivo da edificação através de um só modelo, facilitando a perceção do progresso da obra e o controlo de custos [40].

Na figura 40 encontram-se apresentadas as vantagens de um modelo BIM.



Figura 40 - Vantagens da adoção da tecnologia BIM (Adaptado de BluEnt®)

A implementação da ferramenta BIM em Portugal está relativamente atrasada em comparação com o resto da Europa. Este atraso deve-se ao facto da forte crise económica nestes últimos anos, e na falta de conhecimento por parte dos especialistas envolvidos nos projetos. No entanto, algumas empresas já utilizam o *software REVIT*, e já existem alguns edifícios em Portugal projetados em BIM. O primeiro a ser modelado no BIM foi o edifício da sede da empresa Vodafone no Porto, conforme figura 41 [47].

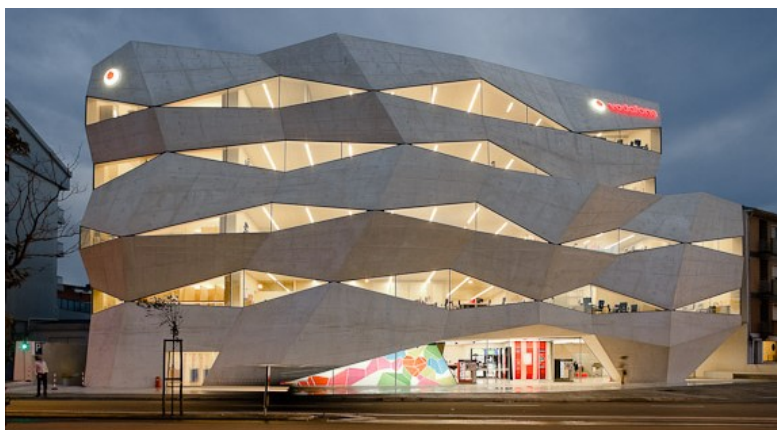


Figura 41 - Edifício da sede da Vodafone no Porto (Fonte: AFAconsult)

A estrutura do edifício revela uma geometria complexa, pelo que a equipa da empresa de projetos de engenharia denominada por “AFAconsult” sentiu necessidade em recorrer ao *software REVIT* para ultrapassar os desafios em termos de concepção. Neste âmbito, concluiu-se que o projeto só seria uma realidade recorrendo a modelos de geometria tridimensional. Importa também salientar que no decorrer da fase de projeto, o modelo foi evoluindo em simultâneo com a arquitetura, de forma integrada com as diferentes engenharias do processo [47].

Conforme já mencionado, na realização deste estudo optou-se pela utilização desta ferramenta BIM, permitindo modelar tridimensionalmente o edifício em estudo, conforme apresentado nas figuras 42 e 43. A cada elemento do modelo foram atribuídas características geométricas e físicas, bem como definidos os tipos de materiais e as propriedades térmicas conforme as características do edifício existente.

Para além da introdução dos elementos da construção do edifício, foram introduzidos no REVIT também a sua localização, a sua orientação solar, para que na simulação sejam aplicadas e afetem diretamente as condições onde a edificação está implantada.

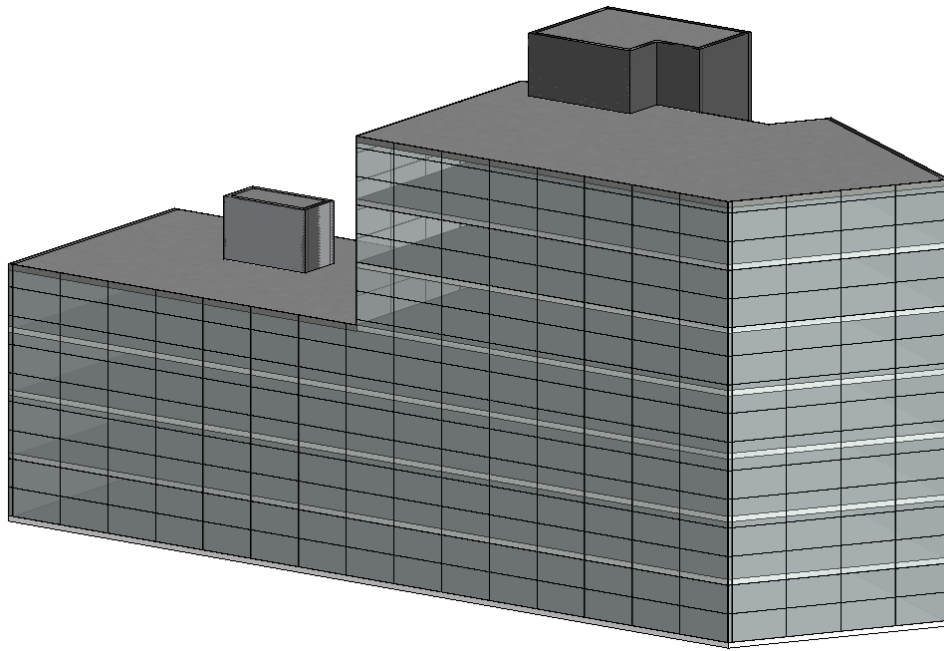


Figura 42 – Modelo tridimensional desenvolvido no software REVIT (Alçado Sul e Poente) (Fonte: autor)

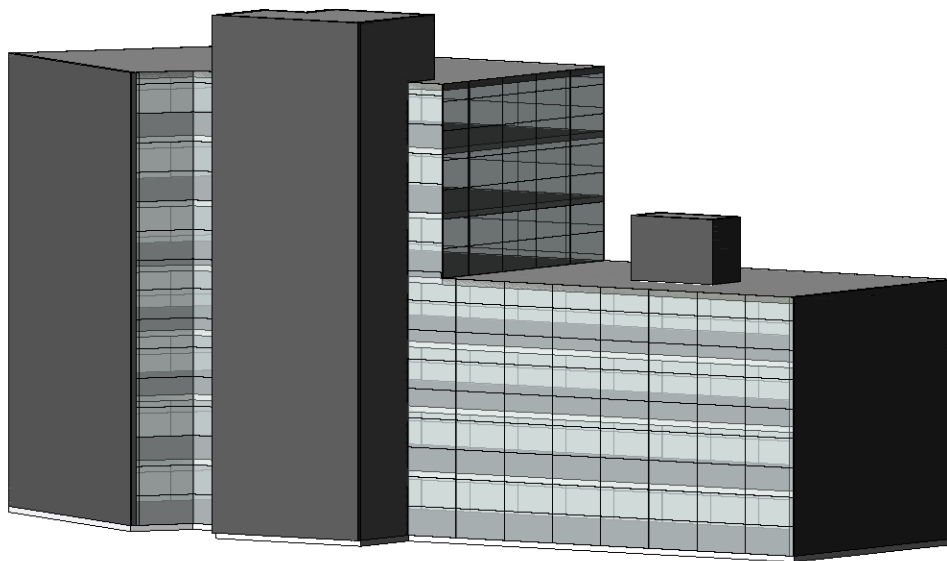


Figura 43 - Modelo tridimensional desenvolvido no software REVIT (Alçado Norte e Nascente) (Fonte: autor)

Antes de ser realizada a simulação, são definidas configurações básicas de energia (figura 44), representadas pelo tipo de construção, pela localização da edificação pelo nível do terreno do projeto, pela definição do sistema AVAC, entre outros. Além disso, há outros parâmetros opcionais, tais como o tipo de construção e

utilização do edifício, entre outros, que melhoram a precisão do modelo de energia criado para o sucesso da análise.

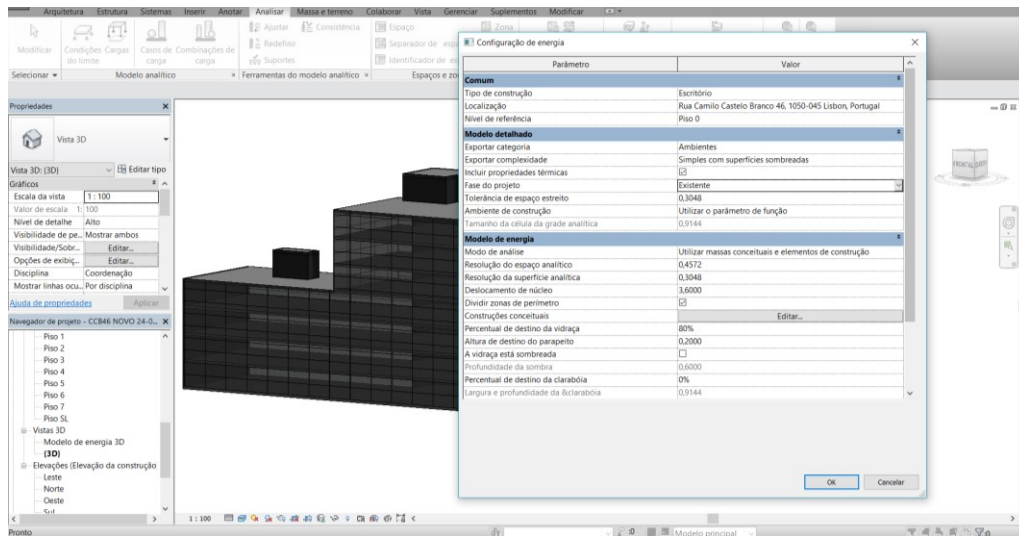


Figura 44 - Janela de configurações para simulação energética no REVIT (Fonte: autor)

Ao executar a análise serão apresentadas as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento, de iluminação e outros equipamentos do modelo analisado, para cada mês, sendo possível identificar os pontos críticos do projeto.

Os resultados da simulação são apresentados em forma de gráfico de forma a permitir uma primeira análise rápida dos consumos energéticos. Esses dados podem também ser obtidos em forma de tabela, contendo valores mensais precisos para perdas e ganhos da edificação, possibilitando a manipulação dos mesmos e a sua comparação com as medições reais e com parâmetros de referências de normas de desempenho térmico.

A possibilidade de editar as propriedades térmicas dos materiais do edifício modelado no *software REVIT*, permite a realização de várias simulações com diversas combinações de possíveis melhorias a implementar no edifício, podendo através dos resultados obtidos fazer uma análise custo-benefício.

4.2. Simulação energética do edifício no estado atual

A simulação energética do edifício no estado atual será feita com base nas características do edifício em estudo, para que os valores de consumo energético resultantes da simulação vão de encontro com os valores reais, permitindo, assim, a classificação e atribuição da classe de desempenho energético que está emitida no Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. A atribuição da classe de desempenho energético é realizada através do Índice de Eficiência Energética (IEE), que traduz a razão entre a energia consumida num ano e a área de pavimento.

Os valores resultantes da simulação poderão ser um pouco divergentes dos valores reais, por simplificações utilizadas no *software REVIT*. Estas simplificações estão relacionadas com a implementação do sistema de AVAC e dos sistemas de climatização, por ser designado um modelo aproximado, em vez do modelo exato que se encontra no edifício.

Na simulação serão considerados os horários reais de funcionamento do edifício, sistema de iluminação, a taxa de ocupação do edifício, as potências dos equipamentos instalados no interior do edifício, bem como as características dos elementos construtivos e os dados climatológicos.

➤ Localização do edifício

O REVIT permite o acesso a dados de estações climáticas de inúmeras cidades do mundo, baseadas numa média de 30 anos de dados climáticos disponíveis em formatos de arquivos, que representa uma compilação de temperaturas.

Será introduzida a localização geográfica do edifício e selecionada a estação climática mais próxima, que fornece as informações sobre o clima local aplicadas na simulação e que afetam diretamente nas condições onde o edifício está implantado.

➤ Materiais e elementos construtivos

Outros componentes do REVIT relevantes para a execução da simulação são os materiais aplicados nos objetos do modelo. Estes representam materiais reais e, sendo baseados em propriedades paramétricas possibilitadas pela tecnologia BIM, permitem mudar as suas características através da especificação de várias informações para determinar comportamentos reais. Entre as várias informações, as mais importantes para

a realização da simulação são as propriedades térmicas: espessura, coeficiente de transmissão térmica, calor específico e densidade, sendo calculada automaticamente a partir dos dois primeiros parâmetros a resistência térmica do elemento construtivo.

As propriedades dos elementos construtivos relativamente ao edifício em estudo foram simplificadas para introdução no *software* REVIT e encontram-se apresentadas nos quadros 22 e 23.

Quadro 22 - Características dos elementos construtivos

Elemento construtivo	Coeficiente de transmissão térmica [$W/m^2\text{°C}$]	Espessura
Parede exterior	1,30	0,29
Parede interior 1	1,47	0,20
Parede interior 2	1,78	0,15
Cobertura exterior	1,68	0,30
Cobertura interior	1,52	0,30
Pavimento	2,21	0,35

Quadro 23 - Características dos envidraçados

Elemento	Coeficiente de transmissão térmica [$W/m^2\text{°C}$]	Fator solar
Envidraçado 1	3,90	0,34
Envidraçado 2	4,30	0,34

➤ Ganhos Internos

Existem outros fatores que influenciam a simulação e, são eles: o perfil de ocupação, a iluminação e os equipamentos. Estes fatores estão interligados, pois a utilização de equipamentos e de iluminação depende diretamente do número de pessoas a ocupar o edifício.

O perfil de ocupação determinado é de 172 pessoas em todo o edifício com taxa de ocupação de 0 a 1, isto porque em todo o dia útil o edifício não é ocupado na sua totalidade, podendo variar durante o dia.

Iluminação: Coeficientes de simultaneidade entre 0 e 1, pois toda a iluminação do edifício não se encontra ligada todo o dia, havendo períodos de maior sobreposição e outros período de menor.

Equipamentos: Coeficiente de simultaneidade entre 0 e 1. Nem todos os equipamentos do edifício se encontram ligados no mesmo período de tempo, havendo certos equipamentos desligados durante alguns períodos.

➤ Sistema AVAC

Neste estudo foi considerado um sistema de climatização centralizado com *chillers* e uma unidade de tratamento de ar que permite a ventilação e renovação de ar interior de forma mecânica com arrefecimento.

➤ Envoltente exterior

O edifício em estudo não se encontra isolado, sendo confinante com outras edificações, que contribuem para o sombreamento do espaço, evitando assim ganhos solares em demasia durante o verão, que podem resultar em consumos elevados com o arrefecimento dos espaços.

Para que a simulação fosse o mais próximo da situação real, na modelação em Revit® foram também desenhadas as edificações que se situam nas imediações do edifício em estudo.

Depois de todos os parâmetros definidos procedeu-se à simulação donde resultaram diversos resultados, que poderão ser encontrados em anexo, e que dizem respeito ao consumo de energia anual do edifício, com a sua divisão pelos principais setores de consumo, aos picos de arrefecimento e aquecimento no edifício, bem como o potencial de implementação de renováveis (fotovoltaica e eólica) no edifício.

O modelo de simulação deve ser validado quando a diferença entre os consumos de energia reais, discriminados em faturas, e os consumos obtidos através da simulação for inferior ou igual a 10%, conforme consta no RSECE. Para o modelo se encontrar regulamentar, foram efetuados diversos ajustes até que se conseguisse chegar a um valor do consumo de energia médio anual o mais próximo possível do real. Conforme se verifica no quadro 24, a variação entre o valor do consumo de energia real e o valor do consumo de energia do modelo atingiu o valor na ordem dos 0,29% e, sendo um valor válido, considera-se o modelo computacional calibrado.

Quadro 24 – Variação do consumo obtido através da simulação energética

	Consumo de Energia [kWh/ano]
Consumo Real	593 424
Simulação	595 145
Variação [%]	0,29%

No quadro 25 e no gráfico 15 encontram-se apresentados os valores mensais de consumo de energia da situação real e do modelo calibrado.

Quadro 25 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs. real

Mês	Consumo de Energia Real [kWh]	Consumo de Energia Modelo [kWh]
Jan	52 962	40 043
Fev	48 792	37 020
Mar	40 372	45 060
Abr	45 552	49 960
Mai	49 640	55 892
Jun	54 148	55 883
Jul	58 963	59 332
Ago	57 953	60 303
Set	50 711	51 879
Out	46 620	54 971
Nov	42 694	45 102
Dez	45 019	39 700
TOTAL	593 424	595 145
Média	49 216	50 920
[kWh/m².ano]	137,85	138,25

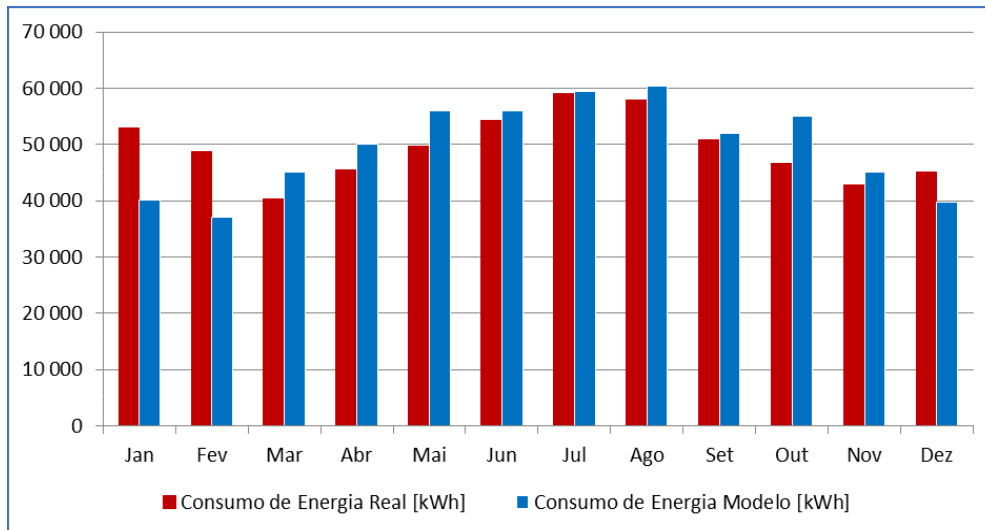


Gráfico 15 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs real

No quadro 26 e no gráfico 26 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores do modelo calibrado.

Para o cálculo do custo energético foi considerado o valor de 0,1438€/kWh.

Quadro 26 - Consumos de energia do modelo calibrado dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	227 726	32 747
Iluminação	143 205	20 593
Equipamentos	224 214	32 242

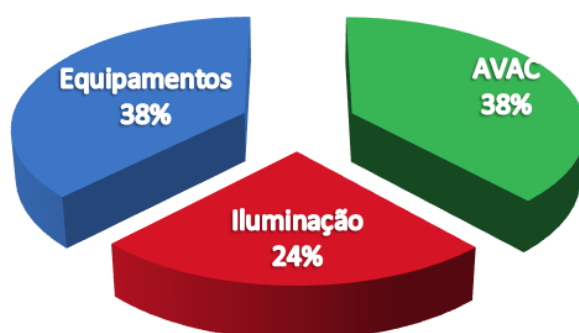


Gráfico 16 - Consumos de energia do modelo calibrado dos principais setores (Fonte: autor)

No quadro 27 encontram-se os custos associados aos consumos da energia do modelo calibrado e da situação real faturada.

Quadro 27 - Custo de energia do modelo calibrado vs. real

Mês	Custo de Energia Real [€]	Custo de Energia Modelo [€]
Jan	7 616	5 758
Fev	7 016	5 323
Mar	5 806	6 480
Abr	6 550	7 184
Mai	7 138	8 037
Jun	7 786	8 036
Jul	8 479	8 532
Ago	8 334	8 672
Set	7 292	7 460
Out	6 704	7 905
Nov	6 139	6 486
Dez	6 474	5 709
TOTAL	85 334	85 582

4.2.1. Indicador de eficiência energética

Realizada a simulação torna-se possível caracterizar energeticamente o edifício e classificar o seu desempenho em termos de energia primária através do indicador de consumo, denominado por Indicador de Eficiência Energética (IEE), que é dado pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} + \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV} + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (2)$$

Em que:

IEE - Indicador de eficiência energética (kgep/m².ano)

IEE_I - Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m².ano)

IEE_V - Indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m².ano)

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

A_p - Área útil de pavimento (m²)

Q_{aq} - Consumo de energia em aquecimento (kgep/ano)

Q_{arr} - Consumo de energia em arrefecimento (kgep/ano)

Para a determinação do IEE, tanto no modelo calibrado como nas soluções propostas, é utilizado o fator de conversão com o valor de 0,29, para que o consumo energético anual expresso em kWh resulte num consumo de energia primária em quilograma equivalente de petróleo (kgep). Este fator encontra-se em conformidade com o Certificado de Desempenho Energético em anexo.

Também serão utilizados os fatores de correção climática de verão e de inverno, que estão diretamente relacionados com as necessidades máximas de aquecimento e arrefecimento do edifício, dependendo da zona climática onde se encontra. Estes fatores são calculados através das seguintes expressões:

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad e \quad F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad (3)$$

Em que:

N_{I1}, N_{V1} – Necessidades máximas de aquecimento e arrefecimento, respetivamente, calculadas para o edifício localizado na zona IIV1;

N_{Ii}, N_{Vi} – Necessidades máximas de aquecimento e arrefecimento, respetivamente, calculadas para o edifício na zona climática onde se encontra.

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 28.

Quadro 28 - Consumo nominal do modelo calibrado

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	224 214	0,29	1,00	65 022	30,74
Iluminação	143 205		1,00	41 529	
Aquecimento	108 697		0,85	26 794	
Arrefecimento	119 029		0,50	17 259	
TOTAL	595 145				

4.2.2. Determinação da classe energética

A determinação da classe energética do imóvel é efetuada com base em três indicadores: o IEE nominal, o IEE de referência e o fator S.

O passo seguinte é a determinação do valor do IEE de referência para o edifício em estudo, conforme se pode verificar no quadro 29. Como já referido anteriormente, o edifício é composto maioritariamente por escritórios e, com base no anexo XI do RSECE, é possível verificar que o valor do IEE de referência para edifícios novos é 35 kgep/m².ano e o valor do fator S é 15 kgep/m².ano.

Quadro 29 - Classe energética do modelo calibrado

	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]		
$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75.S$	-	23,75	Classe A+
$IEE_{ref} - 0,75.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50.S$	23,75	27,50	Classe A
$IEE_{ref} - 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25.S$	27,50	31,25	Classe B
$IEE_{ref} - 0,25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	31,25	35,00	Classe B-
$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50.S$	35,00	42,50	Classe C
$IEE_{ref} + 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + S$	42,50	50,00	Classe D
$IEE_{ref} + S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50.S$	50,00	57,50	Classe E
$IEE_{ref} + 1,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00.S$	57,50	65,00	Classe F
$IEE_{ref} + 2,00.S < IEE_{nom}$	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

B

5. PROPOSTAS PARA MELHORIA DO COMPORTAMENTO ENERGÉTICO

Conhecido o desempenho atual, importa então referir possíveis alterações que se traduzam em efetivas melhorias de eficiência energética e uma conseqüente evolução de classe. Para isso é necessário estudar essas medidas no sentido de quantificar quais os reais impactos que a sua implementação teria, e qual a sua viabilidade do ponto de vista técnico e económico.

As medidas com real impacto na classificação energética do edifício são as que conduzem a uma redução do IEE nominal. Apresentam-se de seguida um conjunto de áreas onde se pode intervir:

- Potência de iluminação instalada;
- Propriedades da envolvente, as quais incluem os materiais usados, as características destes que influenciam a transferência de calor e também as suas espessuras;
- Equipamentos de climatização e ventilação, nomeadamente ao nível da eficiência dos mesmos, assim como, o tipo de sistema de climatização em uso;
- Utilização de energias renováveis para a produção de energia térmica e/ou elétrica.

5.1. Medida 1 – Sistema de Iluminação LED

Esta primeira medida que se propõe para melhorar o desempenho energético do edifício é o estudo de um sistema de iluminação com tecnologia LED (*Light Emitting Diode*). Esta solução será aplicada em todo o edifício e terá como base a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas idênticas, mas de tecnologia LED. Esta substituição teve em conta as características das lâmpadas existentes, de modo a que as lâmpadas de substituição tivessem no mínimo as mesmas características de iluminância e cor, podendo ser ainda de melhor qualidade, diminuindo assim o consumo energético. Conforme já mencionado, as lâmpadas de tecnologia LED apresentam consumo muito inferiores aos restantes tipos de lâmpadas, pois a energia consumida é convertida em iluminação e não em calor, conseqüentemente não desperdiça energia.

Quadro 30 - Sistema de iluminação - situação atual

Sistema de iluminação - Situação atual			
Tipo de lâmpada	Quantidade	Consumo unitário [W]	Consumo total [W]
Fluorescente tubular T8	94	8	752
Fluorescente tubular T8	18	18	324
Fluorescente tubular T5	10	21	210
Fluorescente tubular T5	1 051	28	29 428
Fluorescente tubular T5	162	35	5 670
Fluorescente tubular T8	14	36	504
Fluorescente tubular T5	24	54	1 296
Fluorescente tubular T8	8	58	464
Halógeno	25	20	500
Incandescente	3	60	180
TOTAL			39 328

Quadro 31 - Sistema de iluminação - LED

Sistema de iluminação - LED			
Tipo de lâmpada	Quantidade	Consumo unitário [W]	Consumo total [W]
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	94	8	752
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	18	8	144
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	10	8	80
LED ST8V-HF 17W/840 1200	1 051	17	17 867
LED ST8V-HF 17W/865 1200	162	17	2 754
LED ST8V-HF 21W/840 1500	14	21	294
LED ST8V-HF 21W/865 1500	32	21	672
LED AR16 GU10 35	25	3,1	78
LED 40 ADV 6W/827 E27FR	3	6	18
TOTAL			22 659

Através de uma avaliação dos quadros 30 e 31 é possível concluir que a potência total das lâmpadas existentes é de 39.328 W e que sendo substituídas por lâmpadas de tecnologia LED, apresentarão uma potência total de 22.659 W.

5.1.1. Simulação energética da Medida 1

A aplicação desta medida foi simulada e observou-se uma alteração face à situação anteriormente simulada, no que se refere à potência instalada da iluminação. Realizada a simulação, apresentam-se os resultados no quadro 32 e no gráfico 17.

Quadro 32 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 1

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia com LED [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	33 801	15,59
Fev	37 020	31 285	15,49
Mar	45 060	39 222	12,96
Abr	49 960	44 258	11,41
Mai	55 892	50 524	9,60
Jun	55 883	50 438	9,74
Jul	59 332	53 142	10,43
Ago	60 303	54 012	10,43
Set	51 879	46 421	10,52
Out	54 971	49 009	10,85
Nov	45 102	39 017	13,49
Dez	39 700	33 629	15,29
TOTAL	595 145	524 758	
Custo total [€]	85 582	75 460	12,15
[kWh/m ² .ano]	138,25	121,90	

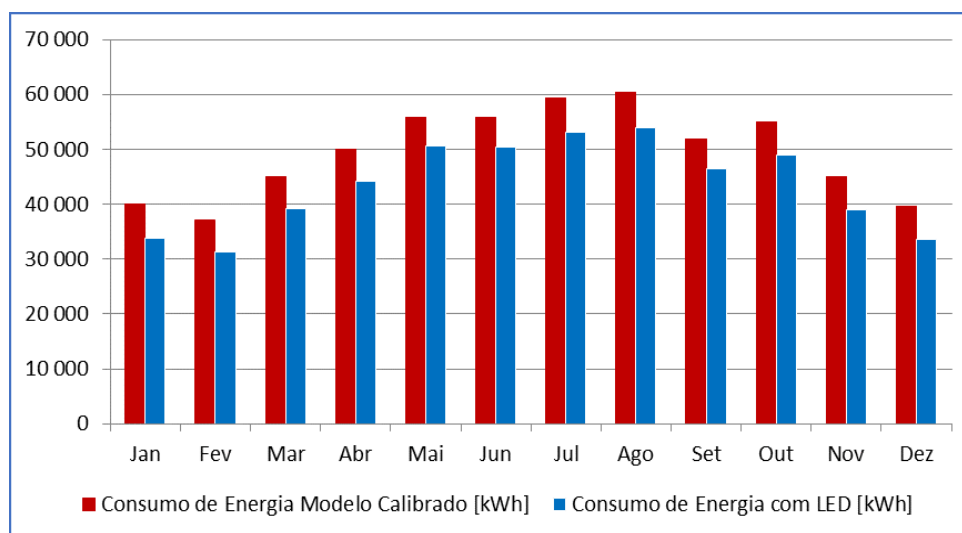


Gráfico 17 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs Medida 1

No quadro 33 e no gráfico 18 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores da medida 1.

Quadro 33 - Consumos de energia da Medida 1 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	218 038	31 354
Iluminação	82 506	11 864
Equipamentos	224 214	32 242

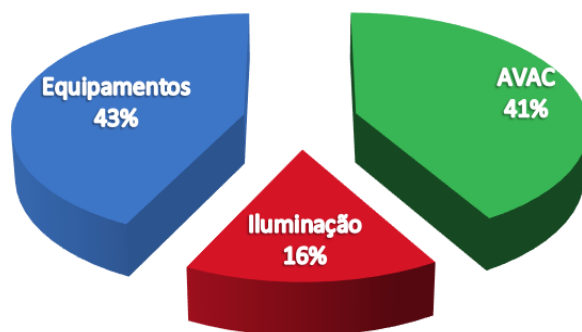


Gráfico 18 - Consumos de energia da Medida 1 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 34.

Quadro 34 - Consumo nominal da Medida 1

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgép]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgép/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	224 214	0,29	1,00	65 022	26,90
Iluminação	82 506		1,00	23 927	
Aquecimento	110 621		0,85	27 268	
Arrefecimento	107 417		0,50	15 575	
TOTAL	524 758				

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgép/m².ano e o valor do fator S 15 kgép/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a proposta de melhoria 1, conforme consta no quadro 35.

Quadro 35 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 1

IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-

O edifício insere-se na classe energética

A

5.2. Medida 2 – Substituição dos vãos envidraçados

Outra medida que se propõe para melhorar o desempenho energético do edifício é o estudo de substituição dos vãos envidraçados existentes por envidraçados que possuam melhores características térmicas. Esta proposta tem como objetivo reduzir as trocas térmicas entre o interior e o exterior do edifício, melhorando, assim, o conforto térmico adequado no interior do edifício, e conseqüentemente reduzir os consumos do sistema de climatização.

Pela Portaria nº 349-D/2013, para a zona climática onde se encontra implantado o edifício em estudo IIV2, o fator solar dos vãos envidraçados de referência para um edifício de serviços é 0,20 e o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência é 4,30 W/(m².°C).

Tendo em conta estes valores de referência, foi selecionado um vidro duplo da marca *Saint-Gobain*, modelo SGG COOL-LITE SKN 144 II. Este vidro é perfeito para grandes áreas envidraçadas em que se requer um controlo solar excecional com altas contribuições de luz natural. Tem um isolamento térmico reforçado e é concebido para edifícios de serviços.

O vidro tem um coeficiente de transmissão térmica de U=1,10 W/(m².°C) e um fator solar de 0,23, conforme quadro 36, sendo simulada a sua aplicação em todos os vãos envidraçados correspondendo a uma área total de 1520 m².

Quadro 36 - Características dos vãos envidraçados - Medida 2

Vãos envidraçados			
Tipo de envidraçado	Coeficiente de transmissão térmica [U]	Fator solar	Caixa de ar
SGG COOL-LITE SKN 144II	1,10	0,23	90% Argon 16mm

5.2.1. Simulação energética da Medida 2

A aplicação desta segunda medida teve um grande impacto, pois foi simulada a substituição integral dos vãos envidraçados existentes por novos painéis de vidro conforme anteriormente referido. As principais características dos vãos envidraçados foram alteradas no *software REVIT*, passando assim de um coeficiente de transmissão térmica (U) de 4,3 e 3,9 W/(m².°C) para um valor significativamente menor de

1,1W/(m².°C) e de um fator solar de 0,34 para um valor de 0,23. Alteradas as características dos vãos envidraçados, procedeu-se à simulação da qual resultaram os valores apresentados no quadro 37 e gráfico 19.

Quadro 37 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 2

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia envidraçados [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	35 002	12,59
Fev	37 020	33 015	10,82
Mar	45 060	40 172	10,85
Abr	49 960	42 506	14,92
Mai	55 892	47 501	15,01
Jun	55 883	47 185	15,56
Jul	59 332	50 012	15,71
Ago	60 303	50 177	16,79
Set	51 879	43 523	16,11
Out	54 971	47 118	14,29
Nov	45 102	40 341	10,56
Dez	39 700	35 762	9,92
TOTAL	595 145	512 314	13,92
Custo total [€]	85 582	73 671	
[kWh/m ² .ano]	138,25	119,00	

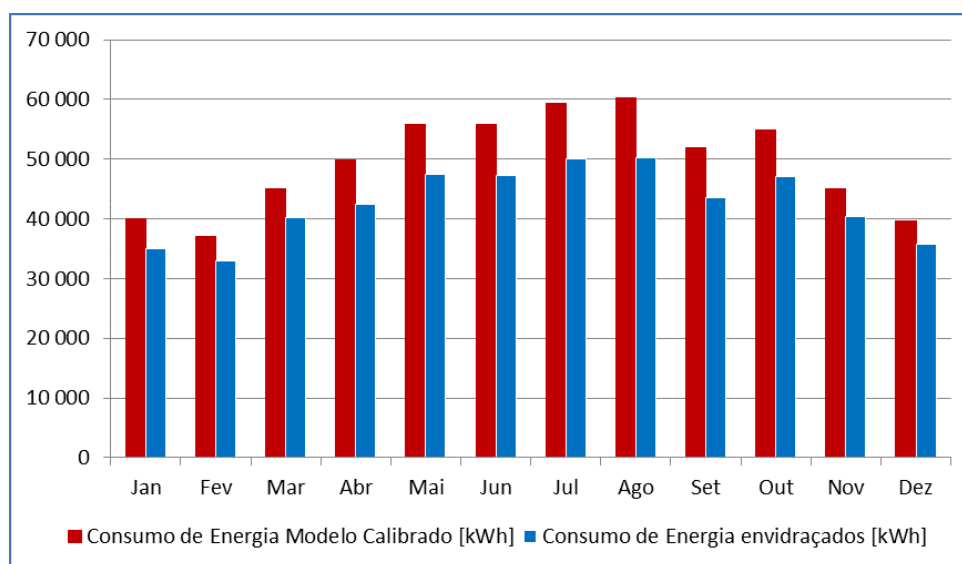


Gráfico 19 - Consumos de energia mensais do modelo calibrado vs Medida 2

No quadro 38 e no gráfico 20 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores após a simulação da medida 2.

Quadro 38 - Consumos de energia da Medida 2 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	144 895	20 836
Iluminação	143 205	20 593
Equipamentos	224 214	32 242

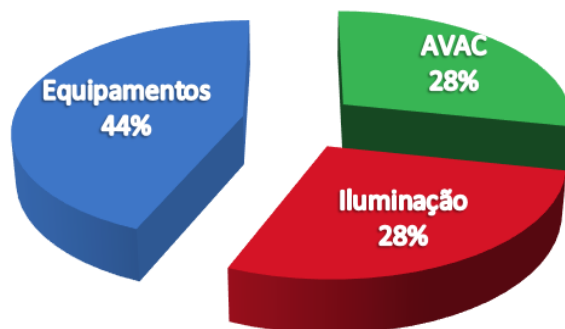


Gráfico 20 - Consumos de energia da Medida 2 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 39.

Quadro 39 - Consumo nominal da Medida 2

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [kgep/m ² .ano]
Equipamentos	224 214	0,29	1,00	65 022	27,46
Iluminação	143 205		1,00	41 529	
Aquecimento	69 073		0,85	17 026	
Arrefecimento	75 822		0,50	10 994	
TOTAL	512 314			134 572	

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgep/m².ano e o valor do fator S 15 kgep/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a proposta de melhoria 2, conforme consta no quadro 40.

Quadro 40 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 2

	IEE _{nom} [kgep/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

A

5.3. Medida 3 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas

A terceira medida proposta consiste no estudo da melhoria dos elementos construtivos das fachadas. Pelo fato de não existir informação detalhada da composição das fachadas, teve-se em conta a informação relativa às mesmas apresentada na documentação referente à certificação energética, na qual é indicado o coeficiente de transmissão térmica (U) e a espessura total. Como se desconhece a constituição das paredes exteriores, para a simulação do modelo calibrado considerou-se que têm uma espessura de 29 cm e são revestidas interiormente e exteriormente por reboco.

O tratamento das paredes exteriores consiste na aplicação do sistema ETCIS (*External Thermal Insulation Composite Systems*), ou seja, na aplicação de um sistema de isolamento compósito térmico pelo exterior. Este tipo de isolamento consiste na aplicação de uma camada de isolante térmico (poliestireno expandido – EPS) sobre o pano exterior da parede exterior do edifício, geralmente através de colagem, coberta por um revestimento exterior armado composto por uma ou mais camadas de modo a garantir a sua proteção contra agentes atmosféricos.

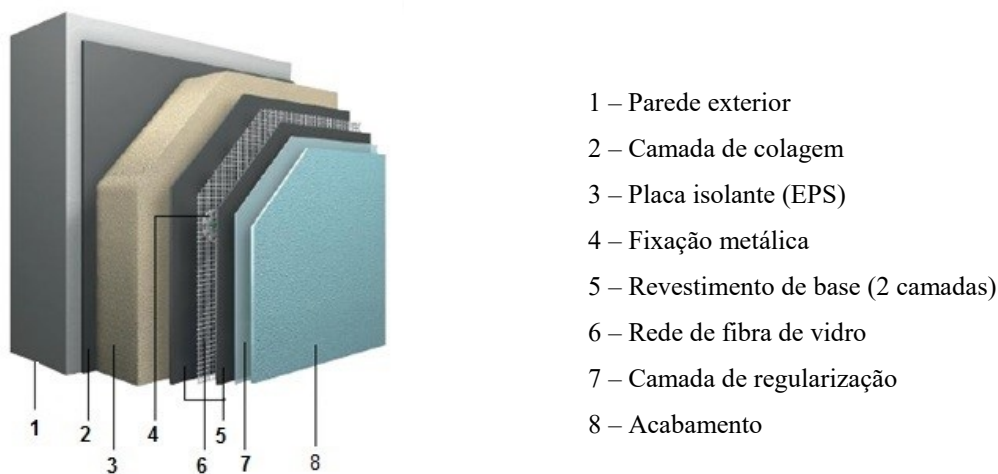


Figura 45 - Sistema ETCIS (Fonte: European Association for ETICS)

Foi simulada a aplicação em todas as paredes exteriores correspondendo a uma área total de 1070 m².

Pela Portaria nº 349-D/2013, para a zona climática onde se encontra implantado o edifício em estudo II V2, o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência de paredes exteriores é 0,70 W/(m².°C) e o máximo admissível é 1,75 W/(m².°C).

5.3.1. Simulação energética da Medida 3

A aplicação desta medida teve um impacto considerável no comportamento térmico das fachadas, nas quais se simulou uma intervenção completa em todas elas, desde que situadas acima da cota de soleira. Esta nova solução, considerando todas as características dos materiais empregues, provocou alterações no comportamento térmico das paredes interiores, tendo o valor inicial do coeficiente de transmissão térmica de 1,3 W/m².°C diminuído substancialmente para o valor de 0,5 W/m².°C.

Alteradas estas características, procedeu-se à simulação cujos resultados se apresentam no quadro 41 e no gráfico 21.

Quadro 41 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 3

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia Paredes Ext. [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	36 804	8,09
Fev	37 020	34 043	8,04
Mar	45 060	42 064	6,65
Abr	49 960	46 380	7,17
Mai	55 892	50 415	9,80
Jun	55 883	50 413	9,79
Jul	59 332	53 142	10,43
Ago	60 303	54 417	9,76
Set	51 879	46 925	9,55
Out	54 971	51 127	6,99
Nov	45 102	41 558	7,86
Dez	39 700	36 136	8,98
TOTAL	595 145	543 424	
Custo total [€]	85 582	78 144	8,69
[kWh/m ² .ano]	138,25	126,23	

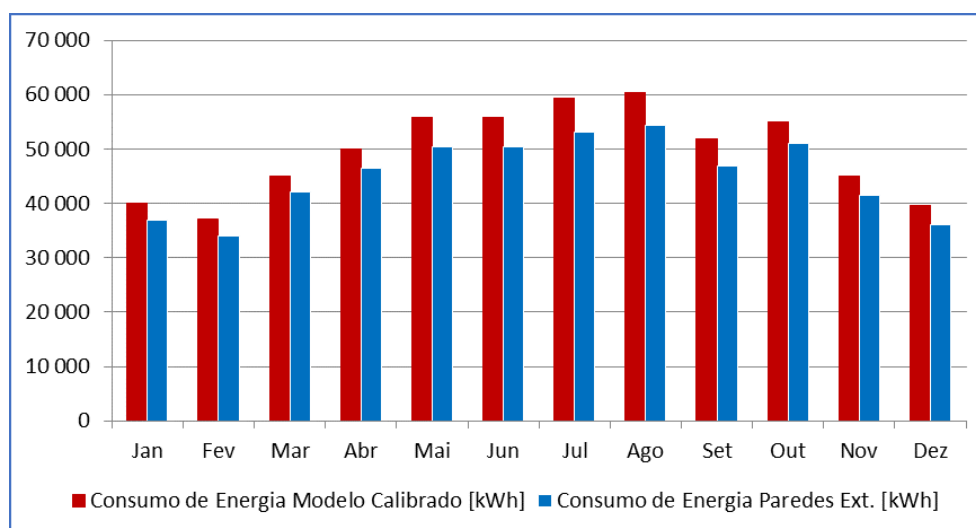


Gráfico 21 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 3

No quadro 42 e no gráfico 22 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores após aplicação da medida 3.

Quadro 42 - Consumos de energia da Medida 3 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	177 103	25 467
Iluminação	142 210	20 450
Equipamentos	224 111	32 227

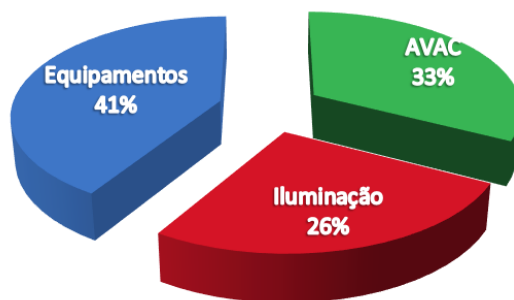


Gráfico 22 - Consumos de energia da Medida 3 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 43.

Quadro 43 - Consumo nominal da Medida 3

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	224 111	0,29	1,00	64 992	28,68
Iluminação	142 210		1,00	41 241	
Aquecimento	84 721		0,85	20 884	
Arrefecimento	92 382		0,50	13 395	
TOTAL	543 424			140 512	

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgep/m².ano e o valor do fator S 15 kgep/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a proposta de melhoria 3, conforme consta no quadro 44.

Quadro 44 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 3

	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

B

5.4. Medida 4 – Instalação de Unidade de Minigeração Fotovoltaica

Para se conseguir uma melhoria do comportamento energético do edifício, propõe-se o estudo de um sistema de minigeração solar fotovoltaica, com a potência de pico de 27 kWp para ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

O sistema será instalado nas coberturas planas dos pisos 3 e 6 e será constituído por 78 módulos de painéis e por 2 inversores, com azimute Sul, conforme quadro 45.

Quadro 45 - Características da unidade de minigeração

Características da Unidade de Minigeração	
Potência pico [kWp]	27
Painéis	Silício policristalino 265Wp
Número de painéis	78
Orientação	0º
Inclinação	20º
Estrutura	Alumínio e aço galvanizado
Tipo de solução	Cobertura plana

5.4.1. Simulação energética da Medida 4

A simulação energética no REVIT não foi necessária pois a proposta do fornecedor para a colocação desta unidade no edifício apresentava tabelas detalhadas da produção estimada anual. Para uma análise energética, foi tida em consideração a simulação no estado atual do edifício e a produção por parte da unidade de minigeração fotovoltaica. Pode-se observar nos quadros 46 e 47 e no gráfico 23 a variação de consumo energético com a implementação desta medida.

Quadro 46 - Variação do consumo com unidade de minigeração fotovoltaica

Variação de consumo com unidade de minigeração fotovoltaica	
Consumo energético anual do modelo calibrado [kWh]	595 145
Produção Anual média da Unidade de Minigeração [kWh]	38 178
Variação [%]	6,4%

Quadro 47 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 4

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia com Painéis FV [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	37 991	5,12
Fev	37 020	35 009	5,43
Mar	45 060	42 382	5,94
Abr	49 960	46 935	6,05
Mai	55 892	52 437	6,18
Jun	55 883	51 682	7,52
Jul	59 332	54 833	7,58
Ago	60 303	55 951	7,22
Set	51 879	48 028	7,42
Out	54 971	51 619	6,10
Nov	45 102	42 551	5,66
Dez	39 700	37 549	5,42
TOTAL	595 145	556 967	6,41
Custo total [€]	85 582	80 092	
[kWh/m ² .ano]	138,25	129,38	

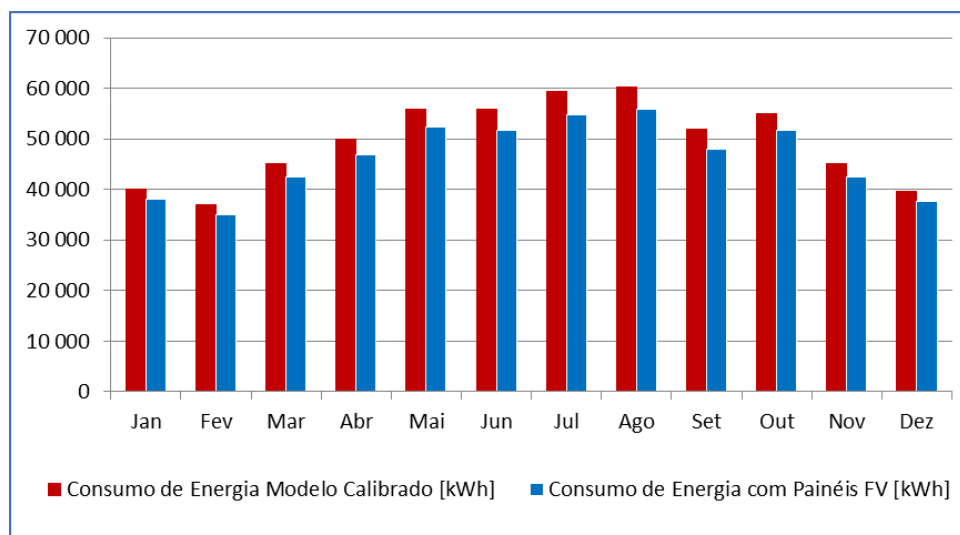


Gráfico 23 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Medida 4

No quadro 48 e no gráfico 24 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores após a aplicação da medida 4.

Quadro 48 - Consumos de energia da Medida 4 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	213 118	30 646
Iluminação	130 846	18 816
Equipamentos	213 003	30 630

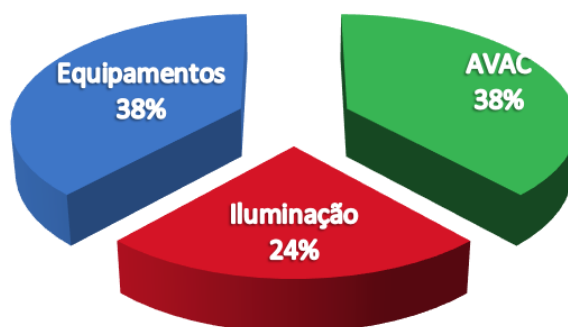


Gráfico 24 - Consumos de energia da Medida 4 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 49.

Quadro 49 - Consumo nominal da Medida 4

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	213 003	0,29	1,00	61 771	28,99
Iluminação	130 846		1,00	37 945	
Aquecimento	112 864		0,85	27 821	
Arrefecimento	100 254		0,50	14 537	
TOTAL	556 967			142 074	

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgep/m².ano e o valor do fator S 15 kgep/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a proposta de melhoria 4, conforme consta no quadro 50.

Quadro 50 - Classe energética do edifício com a proposta de melhoria 4

	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

B

5.5. Combinação 1 – Sistema ETICS + vãos envidraçados

Depois de simuladas e apresentadas individualmente cada medida proposta, serão realizadas diferentes combinações das medidas. Desta forma é possível determinar, de modo mais perceptível, o desenvolvimento da poupança de energia global e consequentes reduções de custos de exploração e de instalação dessas medidas. Feitas as alterações no *software REVIT*, procedeu-se à simulação, cujos resultados se apresentam no quadro 51 e no gráfico 25.

Quadro 51 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 1

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia Combinação 1 [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	31 793	20,60
Fev	37 020	30 048	18,83
Mar	45 060	37 206	17,43
Abr	49 960	39 056	21,83
Mai	55 892	42 064	24,74
Jun	55 883	41 745	25,30
Jul	59 332	43 932	25,96
Ago	60 303	44 301	26,54
Set	51 879	38 589	25,62
Out	54 971	43 564	20,75
Nov	45 102	36 827	18,35
Dez	39 700	32 198	18,90
TOTAL	595 145	461 323	
Custo total [€]	85 582	66 338	22,49
[kWh/m ² .ano]	138,25	107,16	

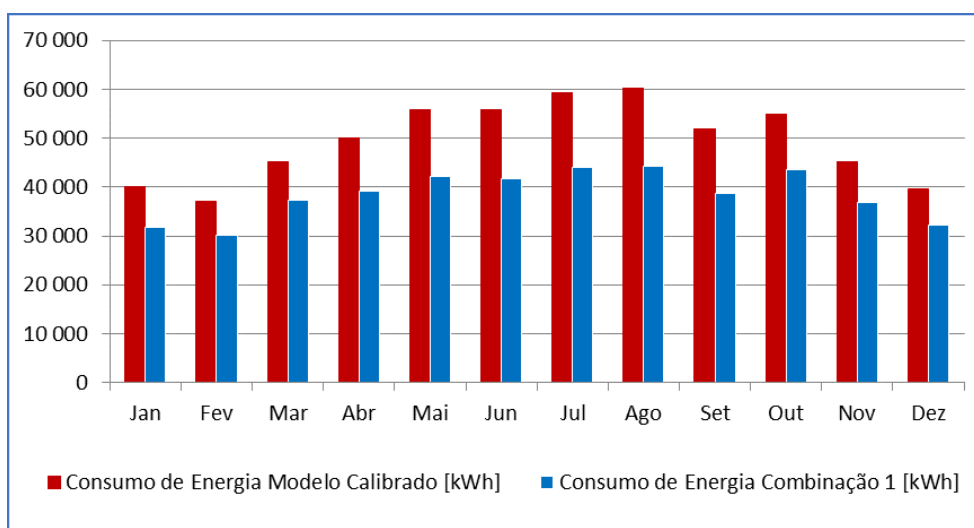


Gráfico 25 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 1

No quadro 52 e no gráfico 26 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores da combinação 1.

Quadro 52 - Consumos de energia da Combinação 1 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	94 899	13 646
Iluminação	142 210	20 450
Equipamentos	224 214	32 242

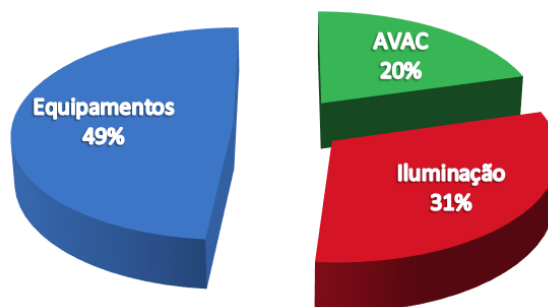


Gráfico 26 - Consumos de energia da Combinação 1 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 53.

Quadro 53 - Consumo nominal da Combinação 1

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgép]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgép/ano]	IEE _{nom} [Kgép/m ² .ano]
Equipamentos	224 214	0,29	1,00	65 022	25,33
Iluminação	142 210		1,00	41 241	
Aquecimento	40 463		0,85	9 974	
Arrefecimento	54 436		0,50	7 893	
TOTAL	461 323			124 130	

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgép/m².ano e o fator S 15 kgép/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a combinação de propostas de melhoria para as paredes exteriores e os vão envidraçados, conforme consta no quadro 54.

Quadro 54 - Classe energética do edifício com a Combinação 1

	IEE _{nom} [Kgép/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

A

5.6. Combinação 2 - Sistema ETICS + vãos envidraçados + LED

A combinação 2 teve como base a aplicação em simultâneo das propostas de melhoria para as paredes exteriores, vãos envidraçados e substituição da iluminação existente por lâmpadas com tecnologia LED. Feitas as alterações no *software REVIT*, procedeu-se à simulação, cujos resultados se apresentam no quadro 55 e no gráfico 27.

Quadro 55 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 2

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia Combinação 2 [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	25 521	36,27
Fev	37 020	24 303	34,35
Mar	45 060	31 338	30,45
Abr	49 960	33 224	33,50
Mai	55 892	36 756	34,24
Jun	55 883	36 446	34,78
Jul	59 332	37 832	36,24
Ago	60 303	38 299	36,49
Set	51 879	33 111	36,18
Out	54 971	37 312	32,12
Nov	45 102	30 712	31,91
Dez	39 700	26 127	34,19
TOTAL	595 145	390 981	34,30
Custo total [€]	85 582	56 223	
[kWh/m ² .ano]	138,25	90,82	

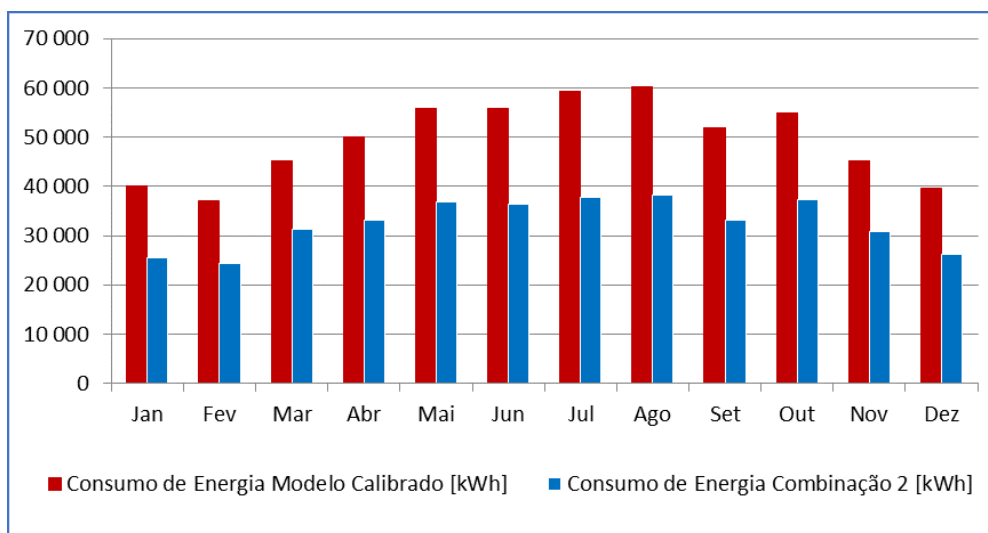


Gráfico 27 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. Combinação 2

No quadro 56 e no gráfico 28 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores da combinação 2.

Quadro 56 - Consumos de energia da Combinação 2 dos principais setores

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	85 256	12 260
Iluminação	81 511	11 721
Equipamentos	224 214	32 242

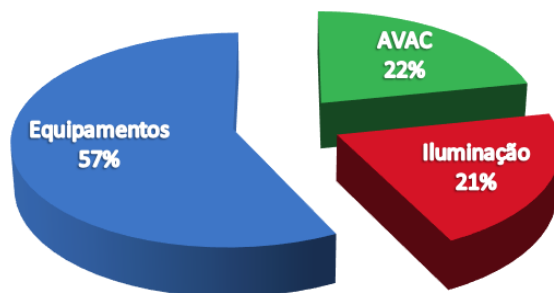


Gráfico 28 - Consumos de energia da Combinação 2 dos principais setores (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 57.

Quadro 57 - Consumo nominal da Combinação 2

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	224 214	0,29	1,00	65 022	21,39
Iluminação	81 511		1,00	23 638	
Aquecimento	37 165		0,85	9 161	
Arrefecimento	48 091		0,50	6 973	
TOTAL	390 981			104 795	

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgep/m².ano e o fator S 15 kgep/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com a combinação de propostas de melhoria para as paredes exteriores, vão envidraçados e a substituição da iluminação existente por lâmpadas com tecnologia LED.

Quadro 58 - Classe energética do edifício com a Combinação 2

		IEE _{nom} [kgep/m ² .ano]	
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

A+

5.7. Simulação Energética do conjunto de todas as medidas

Cabe agora realizar uma simulação com todas as medidas em simultâneo, isto é, aplicar ao edifício uma intervenção de modo a aplicar as quatro medidas referidas. Para tal foram consideradas todas as características das novas propostas e acopladas num só modelo a simular. Feitas estas alterações no *software REVIT*, procedeu-se à simulação donde resultaram os valores apresentados no quadro 59 e no gráfico 29.

Quadro 59 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. todas as medidas

Mês	Consumo de Energia Modelo Calibrado [kWh]	Consumo de Energia todas as medidas [kWh]	Variação [%]
Jan	40 043	23 469	41,39
Fev	37 020	22 292	39,78
Mar	45 060	28 660	36,40
Abr	49 960	30 199	39,55
Mai	55 892	33 201	40,60
Jun	55 883	32 069	42,61
Jul	59 332	33 133	44,16
Ago	60 303	33 648	44,20
Set	51 879	29 260	43,60
Out	54 971	33 960	38,22
Nov	45 102	28 161	37,56
Dez	39 700	23 976	39,61
TOTAL	595 145	352 028	40,85
Custo total [€]	85 582	50 622	
[kWh/m ² .ano]	138,25	81,77	

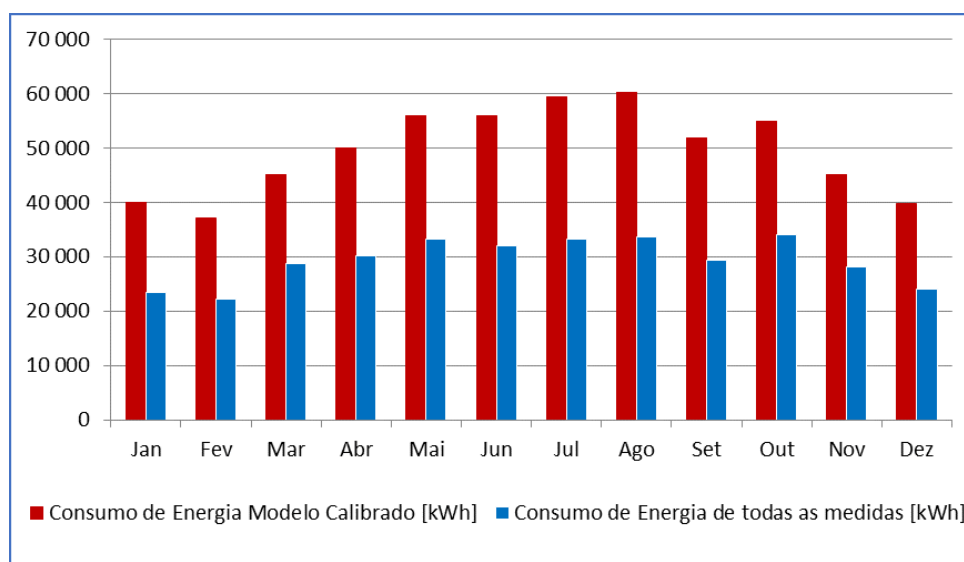


Gráfico 29 - Consumo de energia do modelo calibrado vs. todas as medidas

No quadro 60 e no gráfico 30 afigura-se a repartição dos consumos da energia pelos principais setores da aplicação de todas as medidas.

Quadro 60 - Consumos de energia dos principais setores de todas as medidas

Setor	Consumo de Energia [kWh]	Custo de Energia [€]
AVAC	69 976	10 063
Iluminação	69 152	9 944
Equipamentos	212 900	30 615

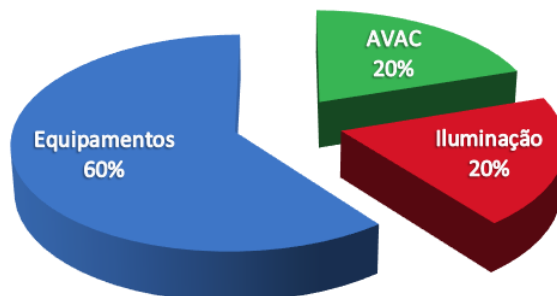


Gráfico 30 - Consumos de energia dos principais setores de todas as medidas (Fonte: autor)

Os resultados obtidos a partir da simulação para as condições nominais de funcionamento encontram-se apresentados no quadro 61.

Quadro 61 - Consumo nominal de todas as medidas

Setor	Consumo Energético [kWh/ano]	Fator de Conversão [kWh/kgep]	Fator de correção Climática	Energia primária [kgep/ano]	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]
Equipamentos	212 900	0,29	1,00	61 741	19,46
Iluminação	69 152		1,00	20 054	
Aquecimento	33 717		0,85	8 311	
Arrefecimento	36 259		0,50	5 258	
TOTAL	352 028		95 364		

Sendo o IEE de referência para edifícios de serviços novos 35 kgep/m².ano e o fator S 15 kgep/m².ano, é possível determinar a classe energética do edifício com todas as medidas propostas aplicadas, conforme consta no quadro 62.

Quadro 62 - Classe energética do edifício com todas as medidas aplicadas

	IEE _{nom} [Kgep/m ² .ano]		
IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,75.S	-	23,75	Classe A+
IEE _{ref} - 0,75.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,50.S	23,75	27,50	Classe A
IEE _{ref} - 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} - 0,25.S	27,50	31,25	Classe B
IEE _{ref} - 0,25.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	31,25	35,00	Classe B-
IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0,50.S	35,00	42,50	Classe C
IEE _{ref} + 0,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	42,50	50,00	Classe D
IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1,50.S	50,00	57,50	Classe E
IEE _{ref} + 1,50.S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2,00.S	57,50	65,00	Classe F
IEE _{ref} + 2,00.S < IEE _{nom}	65,00	-	Classe G

O edifício insere-se na classe energética

A+

Realizadas todas as simulações das medidas preconizadas, é apresentado o quadro 63, que indica os consumos energéticos de cada medida, apresentando a variação face ao modelo calibrado, bem como a classe energética do edifício com a implementação de cada medida.

Quadro 63 - Resumo dos consumos energéticos anuais de todas as simulações

Medida Implementada	Custo de Energia [€/ano]	Consumo Energético [kWh/ano]	Consumo Energético [kWh/m ² .ano]	Variação (%)	IEEnom [Kgep/m ² .ano]	Classe Energética
Modelo Calibrado	85 582	595 145	138,25	n.a.	30,74	B
Sistema de Iluminação LED	75 460	524 758	121,90	12,15	26,90	A
Vãos envidraçados	73 671	512 314	119,00	13,92	27,46	A
Paredes exteriores	78 144	543 424	126,23	8,69	28,68	B
Unidade de Minigeração	80 092	556 967	129,38	6,41	28,99	B
Comb. 1 - Paredes ext. + Vãos envidraçados	66 338	461 323	107,16	22,49	25,33	A
Comb. 2 - Paredes ext. + Vãos envidraçados + LED	56 223	390 981	90,82	34,30	21,39	A+
Conjunto de todas as medidas	50 622	352 028	81,77	40,85	19,46	A+

5.8. Viabilidade Económica

5.8.1. Viabilidade Económica da Medida 1 – Sistema de iluminação LED

A implementação de um sistema de iluminação LED, implica um investimento global no valor de 13.494 euros, conforme exposto no quadro 64. O cálculo deste valor teve como base tabelas de fornecedores de lâmpadas LED. A aplicação desta medida apresenta uma redução expressiva na faturação anual que ronda os 12,2%.

Quadro 64 - Investimento aplicado por implementação da medida 1

Medida 1 - Iluminação LED			
Tipo de lâmpada	Quantidade [un]	Preço [€/un]	Preço total [€]
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	94	6,30	592
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	18	6,30	113
LED ST8V-HF 8.4W/840 600	10	6,30	63
LED ST8V-HF 17W/840 1200	1 051	9,99	10 497
LED ST8V-HF 17W/865 1200	162	9,99	1 618
LED ST8V-HF 21W/840 1500	14	11,96	167
LED ST8V-HF 21W/865 1500	32	11,96	383
LED AR16 GU10 35	25	2,04	51
LED 40 ADV 6W/827 E27FR	3	3,30	10
Total			13 494

Em relação ao período de retorno, é possível concluir, que ao fim de pouco mais de 1 ano o investimento terá sido recuperado, conforme se observa no quadro 65.

Quadro 65 - Período de retorno da implementação da medida 1

	Modelo Calibrado	Medida 1 - Iluminação LED	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	524 758	1,33
Custo Energético [€]	85 582	75 460	
Custo de Investimento [€]	-	13 494	

5.8.2. Viabilidade Económica da Medida 2 – Sistema de novos vãos envidraçados

A implementação de um sistema de novos vãos envidraçados implica um investimento global de 215.962 euros, conforme apresentado no quadro 66. O cálculo deste valor teve como base valores pesquisados através da internet. A implementação desta medida tem uma diminuição expressiva no valor da faturação anual, que ronda os 13,9%.

Quadro 66 - Investimento aplicado por implementação da medida 2

Medida 2 - Vãos envidraçados					
Tipo de envidraçado	Coefficiente de transmissão térmica [UW/m ² .°C]	Fator solar	Quantidade [m ²]	Preço [€/m ²] (*)	Preço total [€]
SGG COOL-LITE SKN 144II	1,10	0,23	1 520	142,08	215 962

(*)Este valor inclui o custo de mão-de-obra

Em relação ao período de retorno do investimento por implementação desta medida, é possível concluir que ao fim de aproximadamente 18 anos o investimento terá sido recuperado, conforme se observa no quadro 67.

Quadro 67 - Período de retorno da implementação da medida 2

	Modelo Calibrado	Medida 2 - Vãos Envidraçados	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	512 314	18,13
Custo Energético [€]	85 582	73 671	
Custo de Investimento [€]	-	215 962	

5.8.3. Viabilidade Económica da Medida 3 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas

A implementação da melhoria dos elementos construtivos das fachadas implica um investimento total de 63.633 euros, conforme apresentado no quadro 68. O cálculo deste valor teve por base tabelas do fornecedor. A aplicação desta medida tem uma redução no valor de faturação anual que ronda os 8,7%.

Quadro 68 - Investimento aplicado por implementação da medida 3

Medida 3 - Paredes exteriores com sistema ETICS				
Tipo de Material	Espessura (mm)	Quantidade [m ²]	Preço [€/m ²] (*)	Preço total [€]
Argamassa base (2 camadas)	40,0	1070	13,29	63 633
Perfis de alumínio	0,9		5,71	
Paineis EPS	5,0		9,71	
Buchas	2,0		4,09	
Rede fibra de vidro	30,0		6,26	
Regulador de fundo	2,5		4,47	
Argamassa de revestimento	50,0		15,94	

(*)Este valor inclui o custo de mão-de-obra

Em relação ao período de retorno do investimento é possível concluir que ao fim de aproximadamente de 8 anos e meio o investimento terá sido recuperado conforme se observa no quadro 69.

Quadro 69 - Período de retorno da implementação da medida 3

	Modelo Calibrado	Medida 3 - Paredes Ext.	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	543 424	8,56
Custo Energético [€]	85 582	78 144	
Custo de Investimento [€]	-	63 633	

5.8.4. Viabilidade Económica da Medida 4 – Instalação de Unidade de Minigeração Fotovoltaica

A implementação da unidade de minigeração fotovoltaica acarreta um investimento global de 45.129 euros. A aplicação desta medida tem uma expressão na faturação anual que ronda os 6,4%

Quadro 70 - Período de retorno da implementação da medida 4

	Modelo Calibrado	Medida 4 - Minigeração PV	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	556 967	8,22
Custo Energético [€]	85 582	80 092	
Custo de Investimento [€]	-	45 129	

Em relação ao período de retorno do investimento, é possível concluir, que ao fim de pouco mais de 8 anos o investimento terá sido recuperado, conforme se observa no quadro 70.

5.8.5. Viabilidade Económica da Combinação 1 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas e dos envidraçados

Como observado anteriormente, aplicando envidraçados melhorados termicamente, que possibilitam a poupança de energia, em conjunto com execução de fachadas com isolamento pelo exterior, é possível uma redução considerável de cerca de 22,5%.

Quadro 71 - Período de retorno da Combinação 1

	Modelo Calibrado	Comb. 1 - ETICS+Envidraçados	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	461 323	14,53
Custo Energético [€]	85 582	66 338	
Custo de Investimento [€]	-	279 595	

O valor de investimento para implementação desta medida é de 279.595 euros, com um período de retorno de aproximadamente 14 anos e meio, conforme se observa no quadro 71.

5.8.6. Viabilidade Económica da Combinação 2 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas, dos envidraçados e iluminação

O período de retorno na aplicação das três medidas em simultâneo é de aproximadamente 10 anos, com um investimento de 293.089 euros, conforme apresentado no quadro 72. É de salientar que o facto de aplicar estas três medidas possibilita a redução do consumo energético do edifício em cerca de 34%, tal como foi visto no capítulo anterior.

Quadro 72 - Período de retorno da Combinação 2

	Modelo Calibrado	Comb. 2 - ETICS + Envidraçados + LED	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	390 981	9,98
Custo Energético [€]	85 582	56 223	
Custo de Investimento [€]	-	293 089	

5.8.7. Viabilidade Económica da aplicação de todas as medidas

No caso da opção pela implementação de todas as medidas propostas, a poupança será de aproximadamente de 41%. Assim, o investimento necessário será no valor de 338,453 euros, que será recuperado ao fim de quase 10 anos, conforme apresentado nos quadros 73 e 74.

Quadro 73 - Custo de investimento total

Medida	Investimento [€]	Investimento total [€]
1	13 494	338 218
2	215 962	
3	63 633	
4	45 129	
Combinação 1	279 595	
Combinação 2	293 089	
Todas as medidas	338 218	

Quadro 74 - Período de retorno pela aplicação de todas as medidas

	Modelo Calibrado	Todas as medidas	Período de Retorno [anos]
Consumo Energético Anual [kWh]	595 145	352 028	9,67
Custo Energético [€]	85 582	50 622	
Custo de Investimento [€]	-	338 218	

Todos os valores apresentados não têm aplicado o imposto sobre o valor acrescentado. Para o cálculo do custo energético foi considerado o valor de 0,1438€/kWh.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho foi realizado com o intuito de estudar soluções passivas e ativas a aplicar num edifício de serviços localizado em Lisboa, de modo a conseguir atingir o balanço energético quase nulo (*NZEB*).

A primeira fase do trabalho teve como principal objetivo enquadrar o tema e proceder à caracterização do edifício a estudar, realizando um levantamento pormenorizado sobre o seu tipo de construção e de utilização, o sistema de climatização instalado e restantes equipamentos. Foi também analisada a faturação relativa ao seu consumo de energia para assim ser possível elaborar um modelo tridimensional do edifício o mais aproximado da realidade.

Este modelo tridimensional foi gerado no *software Autodesk REVIT*, com o intuito de se proceder à simulação do desempenho energético do edifício e, posteriormente, implementar quatro medidas estratégicas para melhorar o seu comportamento energético, de forma a possibilitar a análise da potencial redução do consumo anual de energia que cada solução pode representar.

É de salientar, que inicialmente foram implementadas as medidas de melhoria uma a uma, posteriormente foram feitas combinações de duas e três medidas e, finalmente, foram implementadas todas em conjunto. De modo a evitar a instalação de um sistema de produção de energia sobredimensionado, essa foi a última medida a ser adotada, implementando primeiro as medidas que conduzem a uma redução das necessidades energéticas.

Os resultados obtidos na simulação energética do edifício no estado atual diferem em 0,29%, comparativamente com o consumo de energia realmente faturado, o que permite concluir que o modelo de simulação construído no *REVIT* é viável, sendo possível realizar simulações com as medidas propostas e compará-las com o modelo calibrado.

A substituição do sistema de iluminação existente por um sistema de iluminação com tecnologia LED representa uma redução no consumo de energia na ordem dos 12,1%, o que equivale a uma poupança energética anual de 10.122 euros. A implementação desta medida corresponde a um custo de investimento no valor de 13.494 euros, que em pouco mais de 1 ano começa a ser recuperado. Assim, esta

medida é de todo pertinente, até porque o edifício deixa de pertencer à classe energética B para passar a pertencer à classe A.

A substituição dos vãos envidraçados provoca uma redução do consumo energético na ordem dos 13,9% face ao consumo atual, o que significa uma poupança anual de 11.911 euros. A aplicação desta medida tem um custo inicial de 215.962 euros e, conseqüentemente um período de retorno de cerca de 18 anos. Apesar desta medida ter um período de retorno elevado, ela é viável, pois a redução de consumo de energia é expressiva e, por isso, o edifício assume a classe energética A.

A implementação do sistema ETICS nas envolventes verticais opacas reflete uma redução de consumo energético de cerca de 8,7%, o que equivale a uma poupança com o valor de 7.424 euros. Esta medida tem um investimento inicial de 63.633 euros, que ao fim de 8 anos e meio é recuperado. Esta medida não altera a classe energética do edifício, porque a área da envolvente vertical opaca é reduzida, isto porque as fachadas são constituídas maioritariamente por vãos envidraçados. Por esta razão a medida para a substituição dos vãos envidraçados tem maior impacto no comportamento energético do edifício do que a implementação do sistema ETICS nas paredes exteriores.

A aplicação de um sistema de minigeração fotovoltaico repercute uma redução do consumo energético na ordem dos 6,4%, permitindo, assim, uma poupança anual de cerca de 5.490 euros. Este sistema implica um investimento inicial de 45.129 euros com um período de retorno de pouco mais de 8 anos. Desta forma o edifício mantém-se na classe energética B.

Numa análise de energia primária não-renovável, a melhor solução é a substituição do sistema de iluminação existente por iluminação com tecnologia LED. Isto deve-se ao facto desta medida ser de fácil aplicação e por ter um custo inicial reduzido, ao mesmo tempo que provoca uma redução acentuada no consumo de energia. Só com a implementação desta medida o edifício consegue obter uma classificação energética da classe A.

Conforme já referido, foi simulado o modelo com a aplicação do sistema ETICS nas envolventes verticais opacas e a alteração dos vãos envidraçados em conjunto. Desta simulação resulta uma redução no consumo energético na ordem dos 22,5%, que equivale a uma poupança anual de 19.244 euros. A implementação destas duas melhorias em conjunto tem um custo inicial de 279.595 euros, com um período de retorno de catorze anos e meio. Desta forma o edifício assume a classe energética A.

Foi também simulado o modelo com a combinação acima referida em conjunto com a substituição da iluminação existente por tecnologia LED. Esta simulação apresenta uma redução na ordem dos 34,3%, que corresponde a uma poupança anual de 29.359 euros. O investimento inicial para implementação desta combinação de medidas é no valor de 293.089 euros, com um período de retorno de quase 10 anos. A aplicação desta destas medidas permite que o edifício deixe de ser classe B para ser classe A+.

Finalmente foi simulado o modelo com a aplicação de todas as medidas em conjunto, incluindo a fonte de energia renovável (painéis FV), que permitiu uma redução do consumo de energia de cerca de 40,85% e uma poupança anual de 34.960 euros. A implementação destas medidas tem um custo de investimento de 338.453 euros com um período de retorno de cerca de nove anos e meio. Torna-se assim viável a aplicação de todas as medidas no edifício, passando este a ter a classificação energética de A+.



Figura 46 - Classe energética do edifício com a implementação de todas as medidas de melhoria

O valor atual de consumo anual de energia do edifício é 595.145 kWh e com a implementação de todas as medidas passaria a ser 352.028 kWh/ano, o que corresponde a um consumo de 59% do consumo inicial.

Sendo o setor dos equipamentos o maior consumidor de energia, é possível concluir que a forma de diminuir ainda mais o consumo energético passa pela escolha de equipamentos mais eficientes, sejam eles os sistemas informáticos e de telecomunicações, os elevadores, os ventiladores e os eletrodomésticos.

Assim, conclui-se que é possível atingir os objetivos inicialmente propostos, nomeadamente o de reduzir o consumo energético do edifício. No entanto, ainda são necessários mais esforços para conseguir atingir o requisito NZEB. O edifício em estudo ficou muito aquém do sucesso para alcançar um balanço energético quase nulo,

apesar de terem sido reduzidas, em muito, as suas necessidades energéticas através, essencialmente, de estratégias passivas.

Conclui-se também que a proposta de metodologia apresentada neste trabalho constitui uma ferramenta fundamental de suporte para a conceção de novos edifícios ou para a reabilitação de edifícios existentes, estando traçado um caminho para se alcançarem significativas reduções dos consumos de energia primária e consequentes emissões de GEE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADENE, *EPBD (recast) e as implicações para Portugal, Net Zero Energy Buildings Conference*, ADENE - Agência para Energia, 2012.
- [2] ADENE, *Guia da Eficiência Energética*, ADENE - Agência para Energia, 2013.
- [3] Aelenei, L., Gonçalves, H. e Rodrigues, C., *The Road Towards “Zero Energy” in Buildings: Lessons learned from SolarXXI building in Portugal*, Conferência Eurosun, Áustria, 2010.
- [4] Aelenei, L. e Gonçalves, H., *Passive cooling approaches in Net-Zero Energy Solar Buildings: Lessons learned from demonstration buildings*, Conferência CISBAT2011, Lausanne, 2011.
- [5] Aelenei, L., Aelenei, D., Gonçalves, H., Lollini, R., Musall, E., Scognamiglio, A., Cubi, E. e Noguchi, M., *Design issues for net zero-energy buildings*, Glasgow, 2012.
- [6] Aelenei, L., Gonçalves, H., Aelenei, D., *The nZEBs in the near Future Overview of definitions and guidelines towards existing plans for increasing nZEBs*, 2013.
- [7] Aelenei, D., Aelenei, L. e Gonçalves, H., *Edifícios de balanço energético nulo, uma síntese das características principais*, Revista Climatização, 2013.
- [8] Aelenei, L., Petran, H., Tarrés, J., Riva, G., Ferreira, A., Camelo, S., Corrado, V., Šijanec-Zavrl, M., Stegnar, G., Gonçalves, H., Magyar, Z., Salom, J., Polychroni, E., Sfakianaki K., *New challenge of the Public Buildings: nZEB findings from IEE RePublic_ZEB Project*, 2016.
- [9] Balaras, C. e Dascalki, E. - *European efforts towards NZEBs and energy conservation in Hellenic buildings*, 2011.
- [10] Bourelle, J.S., Andresen, I. e Gustavsen, A., *Energy payback: an attributional and environmentally focused approach to energy balance in net zero energy buildings; Energy and Buildings*, 2013.

- [11] BPIE, *Cost Optimality – Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive*, Buildings Performance Institute Europe, Bruxelas, 2011.
- [12] BPIE, *Principles for nearly zero-energy buildings*, relatório publicado pelo Building Performance Institute of Europe, 2011.
- [13] Butti, K. e Perlin, J., *Golden thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, Van Nostrand Reinhold, 1980.
- [14] Decreto-Lei nº 78/2006, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), 2006.
- [15] Decreto-Lei nº 79/2006, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), 2006.
- [16] Decreto-Lei nº 80/2006, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), 2006.
- [17] Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, 2013.
- [18] Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, primeira atualização do Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, 2015.
- [19] Decreto-Lei nº 194/2015, de 14 de setembro, segunda atualização do Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, 2015.
- [20] Decreto-Lei nº 251/2015, de 25 de novembro, terceira atualização do Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, 2015.
- [21] Decreto-Lei nº 28/2016, de 23 de junho, quarta atualização do Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, 2016.
- [22] DGEG, *Energia em Portugal em 2013*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia Lisboa, 2015.
- [23] Elementos fornecidos pelo orientador.
- [24] EPBD, Diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios 2002/91/CE, Jornal Oficial da União Europeia, 2002.

- [25] EPBD reformulada, Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, Jornal Oficial da União Europeia, 2010.
- [26] ESTIF *Solar Thermal - Action Plan for Europe - Heatings & Cooling from the Sun*, ESTIF - *European Solar Thermal Industry Federation*, 2007.
- [27] Gonçalves, H. e Graça, J.M., *Conceitos Bioclimáticos para os edifícios em Portugal*, Lisboa, 2004.
- [28] Gonçalves, H., *SOLAR XXI: em direção à energia zero*, LNEG, 2010.
- [29] Gonçalves, H., *Em direção aos Edifícios de Balanço Energético Zero*, Jornadas da climatização, Ordem dos Engenheiros, 2011.
- [30] Gonçalves, H. e Oliveira Panão, M., *Pensar a Certificação Energética para Edifícios de Energia Zero*, Revista da Ordem dos Engenheiros, 2013.
- [31] Isolani, P., *Eficiência Energética nos edifícios residenciais – EnerBuilding*, Manual do Consumidor, ADENE, 2008.
- [32] IEA SHC *Task 40/ECBCS Annex 52, Towards Net Zero Energy Solar Buildings (NZEBs)*, IEA – *International Energy Agency*, 2014.
- [33] IEA *Energy Policies of IEA Countries – European Union*, IEA – *International Energy Agency*, 2014.
- [34] IEA *World Energy Outlook 2014*, IEA – *International Energy Agency*, 2014.
- [35] Laustsen, J., *Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings*, IEA - *International Energy Agency*, França, 2008.
- [36] Maldonado, E., *As Políticas Nacional e Europeia para os edifícios: objetivos a atingir*, 10^{as} Jornadas de Climatização da Ordem dos Engenheiros, Lisboa 2010.
- [37] Marszal, A.J., Bourrelle, J.S., Musall, E., Heiselberg, P., Gustavsen, A. e Voss, K., *NetZero Energy Buildings – Calculation Methodologies versus National Building Codes*, Áustria, 2010.
- [38] Marszal, A., J., Heiselberg, P., Bourelle, J., S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I. e Napolitano A., *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*, *Energy and Building*, 2010.

- [39] Marszal, A.J., Heiselberg, P. Bourrelle, J.S. Musall, E. Voss, K. e Sartori, A.I., *Zero energy building – a review of definitions and calculation methodologies*, *Energy and Buildings*, 2011.
- [40] Martins, F. e Cachadinha, N., *Novas utilizações das potencialidades BIM – apoio à medição de trabalhos realizados e produção de modelos as-built fiáveis e ricos em informação para a fase de manutenção*, Congresso construção, Coimbra, 2012.
- [41] Portaria nº 349-D/2013, de 2 de dezembro, Diário da República, 1ª série - Nº 233, 2013.
- [42] Regulamento delegado nº 244/2012 da Comissão Europeia de 16 de janeiro, Jornal Oficial da União Europeia, 2012.
- [43] REHVA *nZEB technical definition and system boundaries for nearly zero energy buildings*, 2013.
- [44] Santos, F., *Os desafios ambientais criados pela grande aceleração do Pós-Guerra*, 2009.
- [45] Sartori, I., Napolitano, A. e Voss, K., *Net zero energy buildings: a consistent definition framework*; *Energy and Buildings*, 2012.
- [46] Torcellini, P. Pless, S. Deru, M. Crawley, D., *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*, *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, EUA, 2006.
- [47] Torcellini, P. e Pless, S. – *Net-Zero Energy Buildings: A classification system based on renewable energy supply options*, *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, EUA, 2010.
- [48] Traça, C., *Geração BIM revoluciona estruturas*, Construir.pt, 2007. Disponível online em: <http://www.construir.pt/2007/09/21/gerao-bim-revoluciona-estruturas/>
- [49] Voss, K. e Musall, E., *Net ZeroEnergy Buildings – International Projects on Carbon Neutrality in Buildings*, Munique, 2011.
- [50] Zecchini, S. e Fornari, A., *Eficiência nos edifícios*, Lisboa, 2008.

ANEXO A – Certificado Energético



Nº CER
CE0000041902016



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização Rua Camilo Castelo Branco, 46

Localidade Lisboa Freguesia CORAÇÃO DE JESUS

Concelho LISBOA Região Portugal Continental

Data de emissão 17/12/2010 Data de validade 17/12/2013

Nome do perito qualificado Ana Teresa Pinto de Azevedo Costa N.º de PQ PQ00935

Imóvel descrito na 5ª Conservatória do Registo Predial de Lisboa

sob o nº 99 Art. matricial nº 744 Fogo/Fracção autón. Única

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.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

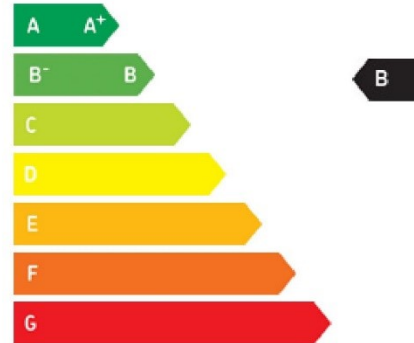
Valor do indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B⁻) kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A+ kgep/m².ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal toneladas de CO₂ 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 de autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes naquela 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+, seguida das classes A, B, B-, 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-. Para mais informações sobre a classificação energética de edifícios e sobre este certificado, consulte www.adene.pt.

2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel cumpre com os requisitos aplicáveis estabelecidos no D.L. 79/2006 de 4 de Abril relativamente à qualidade do ar interior. Conforme aplicáveis, esses requisitos visam, através da verificação das condições de projecto ou da realização de auditorias periódicas, assegurar que o edifício ou fracção autónoma dispõe de condições adequadas para que as concentrações de poluentes no ar interior sejam inferiores às concentrações máximas de referência, salvaguardando assim a saúde dos seus ocupantes.



3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

Este edifício encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Lisboa, na zona climática I1V2S com 1190°C.dias, uma duração da estação de aquecimento de 5,3 meses, implantado à cota de 55 m e uma distância à costa marítima de 11,50 km.

O espaço em estudo é constituído por 8 pisos acima do solo e 5 abaixo. No piso 0 existe a recepção do edifício, assim como uma sala polivalente, sendo que a restante área é dividida por gabinetes. Cada um dos restantes pisos tem ainda presente, uma pequena copa de utilização interna e uma sala de bastidores. No piso SL (sobre loja), salienta-se a existência de uma copa e de uma área de repouso que inclui uma divisão reservada a fumadores. Os pisos SL, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são destinados a serviços administrativos e caracterizados por áreas do tipo "open space" assim como por alguns gabinetes. Existem ainda 5 pisos em cave destinados a estacionamento, armazém e salas técnicas (transformadores de energia, sala do Quadro Geral de Baixa Tensão, grupo gerador e bombagem de água, sala de servidores, UPS, sala de gestão técnica centralizada).

O edifício não se encontra isolado, sendo confinante com outras edificações e possui fachadas com orientação Sudoeste, Noroeste e Nordeste, sendo que a fachada principal do edifício está orientada a Sudoeste.

Foi considerada a tipologia de escritórios (4305,07 m²), com inércia média, com os espaços complementares: garagem (2780,32 m²) e armazém (284,75 m²).

Os espaços não úteis encontrados neste edifício foram os seguintes: casas das máquinas do monta-cargas; armazéns piso-1; escadas de emergência; garagem e salas técnicas de acesso único pela garagem e não climatizadas.

A única formas de energia utilizada neste edifício é a energia eléctrica.

A produção de energia térmica para o sistema centralizado de climatização é feita por 3 bombas de calor. A distribuição de água arrefecida/aquecida é feita por um sistema a 4 tubos a ventiloconvectores e uma unidade de tratamento de ar, do tipo 100% ar novo. Em algumas divisões existem sistemas independentes de expansão directa do tipo split. A iluminação das zonas úteis é, maioritariamente, constituída por lâmpadas fluorescentes, tubulares T5 e compactas, equipadas com balastros electrónicos. Neste edifício não existe produção de água quente sanitária.

Os equipamentos de climatização encontram-se, em geral, em bom estado e em funcionamento. A manutenção é assegurada por uma empresa habilitada, dispo de técnicos credenciados, existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício preparado pelo técnico responsável pelos sistemas energéticos de climatização do edifício.

Área útil de pavimento	7370,14 m ²	Pé-direito médio ponderado	2,6 m	Ano de construção	1987	Consumo Anual Global* (só edif. existentes)	593424 kWh/ano
------------------------	------------------------	----------------------------	-------	-------------------	------	---	----------------

* 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 negrito aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
1 Instalação de contadores parciais de consumo de energia eléctrica e implementação de um sistema de leitura periódica dos mesmos.			
2 Substituição das lâmpadas fluorescentes TL-D de 18W, 36W e 58W por TL-D eco de 16W, 32W e 51W, respectivamente, assim como as lâmpadas fluorescentes TL5 de 28W, 35W e 54W por TL5 de 25W, 32W e 50W, respectivamente			
3 Manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites mantendo o sistema de renovação de ar em funcionamento durante o período de ocupação			
4 Verificação periódica do estado de conservação dos filtros de ar das UTAN's e UTA's e manter a limpeza periódica de todas instalações e equipamentos			

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...



Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

No cálculo das medidas propostas foram utilizados os preços médios da energia eléctrica de 0,106 €/kWh e considerados os perfis de consumos reais encontrados na Auditoria Energética. As medidas propostas destinam-se à redução dos consumos energéticos, através de alteração dos dispositivos de iluminação. Os valores de referência indicados para o investimento incluem apenas materiais, uma vez que a substituição das lâmpadas pode ser feita pelos técnicos da manutenção. Foram ainda recomendadas medidas de melhoria da gestão de consumos e da QAI.

5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

PAREDES	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)		
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco/vidro e pelo interior a reboco (posterior a 1960), com espessura total de 25 cm ou 29 cm.	1,3	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total entre 18 cm e 20 cm de constituição desconhecida, revestimento interior e exterior em reboco.	1,47	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total de 47 cm de constituição desconhecida e revestimento em reboco.	0,88	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis com uma espessura total de 15 cm de constituição desconhecida. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada interiormente e exteriormente com uma espessura média de 2 cm. .	1,78	1,8

COBERTURAS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)		
• Como se desconhece a constituição da laje de tecto confinante com a cobertura exterior, para o cálculo considerou-se laje de cobertura pesada horizontal, com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso.	1,68	1,25
• Como se desconhece a constituição da laje de tecto confinante com espaços não úteis, para o cálculo considerou-se laje de cobertura pesada horizontal, com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso.	1,52	1,25
• Como se desconhece a constituição da laje de tecto confinante com zonas não úteis, para o cálculo considerou-se laje de cobertura pesada horizontal rebocada interiormente com uma espessura expectável entre 15 a 20 mm sem qualquer isolamento.	2,6	1,25

PAVIMENTOS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)		
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com zonas não úteis, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	2,21	1,25

PONTES TÉRMICAS PLANAS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)		
• Não aplicável		

6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)*		
• Vão simples inserido nas fachadas Sudeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção solar constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,5 W/(m ² .°C).	0,29	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudeste, Sul, Nordeste, Oeste, Noroeste e Este com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,34	0,56



• Vão simples inserido na fachada Sudeste, Noroeste, Nordeste, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,34	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudeste, Nordeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,55	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudeste, Noroeste e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina interior opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,27	0,56
• Vão simples inserido na fachada Noroeste, Sudeste e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina interior opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,27	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudoeste, Sudeste, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,29	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudoeste, Este, Oeste e Nordeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina interior transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,29	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sul e Nordeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,55	0,56
• Vão simples inserido na fachada Noroeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,28	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,28	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sudeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina ligeiramente transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,5 W/(m ² .°C).	0,28	0,56
• Vão simples inserido na fachada Nordeste com caixilharia metálica de correr, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor, não especificado (espessura da lâmina de ar de 6mm), com protecção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,5 W/(m ² .°C).	0,27	0,56
• Vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com protecção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,9 W/(m ² .°C).	0,23	0,56
• Vão simples inserido na fachada Nordeste, Sudoeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m ² .°C).	0,6	0,56
• Vão simples inserido na fachada Noroeste, Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), protecção interior constituída por cortina transparente. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m ² .°C).	0,27	0,56
• Vão simples inserido na fachada Noroeste e Este com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m ² .°C).	0,32	0,56
• Vão simples inserido nas fachadas Noroeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples colorido, não especificado (espessura de 6mm), com protecção interior constituída por cortina opaca. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 6,0 W/(m ² .°C).	0,23	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

Consumo nominal estimado de

Entidade gestora



Entidades supervisoras





energia primária para aquecimento	21595	kgep/ano	energia primária para arrefecimento	10621	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)

• O sistema centralizado de climatização do edifício é constituído por 3 chillers/bomba de calor (2 com potência unitária de aquecimento de 167,4 kW, COP de 2,35, e potência de arrefecimento de 165,8 kW, EER de 2,31 e 1 com potência unitária de aquecimento de 199 kW, COP de 2,93, e potência de arrefecimento de 183 kW, EER de 2,87), que climatizam a maior parte do edifício através dos ventiloconectores a 4 tubos e de uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN).
Os chillers estão localizados no terraço do piso 7 e orientados a nordeste. Cada chiller apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais, em todos os casos.
Como sistemas individuais existem 6 unidades de expansão directa do tipo split.

SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

• A distribuição da energia térmica é feita através de rede hidráulica a quatro tubos. No circuito primário de cada chiller existe uma bomba circuladora "in-line" equipada com motor eléctrico de rotor seco.
A distribuição de cada colector, respectivamente, de água fria e de água quente aos consumidores (UTAN e ventiloconectores) é feita por uma bomba monocelular centrífuga controlada electronicamente por um variador de frequência e uma bomba circuladora "in-line" do tipo rotor seco.
O desacoplamento hidráulico é feito por colectores. As condutas de insuflação da rede aerólica, provenientes da unidade de tratamento de ar são construídas em chapa de aço galvanizado.

SUBSISTEMA DE EMISSÃO/DIFUSÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO) NOS ESPAÇOS TRATADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

• Sistema de emissão/difusão de energia térmica composto por ventiloconectores a 4 tubos. A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pela UTAN, localizada na cobertura. A UTAN existente é constituída pelos seguintes módulos no sentido de insuflação de ar: módulo de admissão de ar, filtro de ar plano, recuperador de calor de fluxos cruzados, filtro de ar de sacos, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação. A montante do ventilador de extracção existe um filtro de ar plano. Ambos os ventiladores de insuflação e de extracção têm motor de transmissão directa e variador de velocidade. Todos os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros. Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no tecto falso de cada piso. Como para a insuflação, as grelhas de extracção estão localizadas no tecto falso dos pisos.
No piso SL ("Sobre Loja") existe uma zona reservada a fumadores que possui um sistema independente do sistema centralizado de ventilação. A admissão de ar novo para este espaço é assegurada por um ventilador de insuflação de ar novo com um filtro incorporado a montante, e um outro de extracção, ambos localizados no terraço do piso 1.

OUTRAS CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO (DETERMINANTES NA ECONOMIA DE ENERGIA, CONFORTO E QUALIDADE DO AR INTERIOR)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

• Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT). No SGT é feito o seguinte controlo:
• Estado de funcionamento dos chillers, das bombas do circuito primário e das bombas de circuito secundário;
• Estado de abertura das válvulas de modulação associadas;
• Valores de temperatura da água nos vários circuitos de água, nomeadamente: entrada e saída de cada chiller e nos colectores de água fria e água quente;
• Set point de temperatura da água de retorno aos chillers no Inverno e verão.
• Horário de funcionamento dos chillers, bombas e dos ventiladores
• Set point de temperatura e de pressão da UTAN;
• Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias da UTAN;
• Visualização dos valores de temperatura do ar de insuflação, extracção e ar novo;
No SGT é possível ainda visualizar mensagem de erros, com indicação das anomalias ocorridas.

8. ILUMINAÇÃO (INTERIOR E EXTERIOR)

Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício ou fracção autónoma	32359	kgep/ano
---	-------	----------

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

• O tipo de iluminação existente é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e lâmpadas compactas, com balastros electrónicos.
Ao todo existem 6 armaduras de Led de 3W, 94 lâmpadas T8 de 8W, em armaduras simples; 10 lâmpadas T5 de 21W, em armaduras duplas; 1051 lâmpadas T5 de 28W, em armaduras simples e duplas; 14 lâmpadas T8 de 36W, em armaduras simples e duplas; 18 lâmpadas T8 de 18W, em armaduras duplas e quádruplas; 162 lâmpadas T5 de 35W, em armaduras simples e duplas; 8 lâmpadas T8 de 58W, em armaduras simples; 24 lâmpadas T5 de 54W em armaduras duplas; 9 lâmpadas fluorescentes compactas de 9W, em armaduras simples; 66 lâmpadas fluorescentes compactas de 11W, em armaduras simples; 120 lâmpadas fluorescentes compactas de 18W, em armaduras simples; 3 lâmpadas fluorescentes compactas de 26W, em armaduras simples; 28 lâmpadas fluorescentes compactas de 18W, em armaduras duplas; 20 lâmpadas fluorescentes compactas de 55W, em armaduras duplas; 25 lâmpadas de halógeno de 20W; 3 lâmpadas incandescentes de 60W.
A potência total instalada em iluminação interior é de 47,97 kW. Os horários de funcionamento da iluminação correspondem ao do funcionamento dos escritórios, com início por volta das 08h00 até às 18h00, de 2.ª a 6.ª feira, sendo que em cada piso existem junto às janelas células fotoeléctricas que permitem efectuar regulação de fluxo da iluminação de tecto mediante o nível de iluminação natural permitindo uma gestão mais eficiente da iluminação. O levantamento da iluminação por piso, com indicação de quantidade, potência e localização encontra-se descrito na auditoria energética.



• A iluminação exterior é constituída por 6 lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, em armaduras simples e duplas; 1 lâmpada T5 de 35W; 11 lâmpadas fluorescentes compactas de 18W, em armaduras simples; 2 armaduras de iodetos metálicos de 150W. A potência total em iluminação exterior é 0,81 kW.

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 2 A nova gama de lâmpadas fluorescentes Master Eco permite diminuir a potência da lâmpada mantendo o fluxo luminoso, com uma mera substituição da lâmpada, sem ser necessário substituir a luminária.
Desta forma recomenda-se a substituição das lâmpadas TL-D de 18W, 36W e 58W existentes por lâmpadas TL-D eco de 16W, 32W e 51W, respectivamente assim como a substituição das lâmpadas TL-D de 28W, 35W e 54W existentes por lâmpadas TL-D eco de 25W, 32W e 50W, respectivamente. A redução de consumo em iluminação associada à substituição das lâmpadas avalia-se em 12,9 MWh/ano, o que corresponde a 1.370€/ano.
A diminuição da potência instalada em iluminação, para além da redução do consumo em iluminação, provoca um pequeno aumento do consumo em climatização no Inverno e uma diminuição do consumo de climatização no Verão. A poupança de energia expectável incluindo a diminuição do consumo em iluminação, o aumento do consumo da climatização em aquecimento e a diminuição em arrefecimento é cerca de 14,2 MWh/ano, ou seja, 1.500 €. O valor de investimento inicial, será cerca de 14.360 €. O valor do investimento adicional relativo a troca de tecnologia é 2.620 €. O período de retorno simples, determinado de acordo com a fórmula do Anexo XIII do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, é de 1,8 anos.

9. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)

Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de Águas Quentes Sanitárias

5214 kgep/ano

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

• Não aplicável

10. OUTROS CONSUMOS (INCLUINDO EQUIPAMENTOS)

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

• Os equipamentos consumidores de energia existentes são os seguintes:
- 2 elevadores nos escritórios (com 10kW e 5,7 kW), 1 elevador para os parques de estacionamento (com 3,3kW), 1 monta-cargas (com 5 kW);
- 252 computadores, 22 impressoras, 3 máquinas de triturar papel, 6 equipamentos de fax, 9 projectores, 13 fotocopiadoras e 7 televisores.
- 8 máquinas de café, 8 máquinas de água, 8 frigoríficos, 8 máquinas de vending, 4 microondas, 11 aquecedores de água, 1 ventoinha;
- 1 plataforma elevatória e grupo de bombagem (2 bombas) da marca Wilo;
- 2 ventiladores de extracção das instalações sanitárias (0,37 kW e 0,756 kW), 1 ventilador de extracção da garagem.
- Iluminação exterior
O levantamento dos equipamentos com indicação de quantidade, potência unitária e localização encontra-se descrito na auditoria energética.

Consumo nominal estimado de energia primária

87598 kgep/ano

11. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

• Não aplicável

Energia fornecida pelo sistema

OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

• Não aplicável

Energia fornecida pelo sistema

12. CAUDAIS DE AR NOVO POR ESPAÇO

Entidade gestora



Entidades supervisoras



6/9



Caudal de ar novo

Descrição do espaço	da solução	mínimo regulamentar
• Não aplicável		

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

Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data da auditoria
	17/12/2010

• Para as medições da QAI, as zonas do edifício foram seleccionadas tendo em conta a actividade desenvolvida em cada espaço. Desta forma, para este estudo deverão ser consideradas 5 zonas distintas: recepção, gabinetes, open space, sala de reuniões/formação e bar, tendo sido realizadas medições em 17 pontos no interior do edifício. Foi ainda avaliado um ponto no exterior, por cada dia de medição, para efeitos de comparação com os valores encontrados no interior. Não foram realizadas análises ao Radão pois Lisboa não é um dos distritos em que a pesquisa deste parâmetro seja obrigatória. Não foi realizada a pesquisa de Legionella, uma vez que neste edifício não existem chuveiros nem sistemas de climatização com produção de aerossóis. Face aos resultados apresentados e tendo em consideração a legislação de referência verificou-se que, para todos os pontos de medição, as concentrações não ultrapassam a respectiva concentração máxima de referência (CMR). Foi feita a avaliação visual das respectivas condições estruturais e higiénicas de todos os equipamentos acessíveis do sistema de climatização. Da inspeção conclui-se que os equipamentos acessíveis encontram-se em bom estado de limpeza e conservação. Especificamente, no que concerne à unidade de tratamento de ar e ao ventilador de insuflação da zona de fumadores, foi possível realizar a inspeção aos respectivos filtros e restantes componentes das unidades. Os filtros da UTAN inspeccionados encontravam-se limpos, sendo substituídos de acordo com o plano de manutenção estabelecido, no entanto, o filtro de ventilador da zona de fumadores encontrava-se colmatado tendo sido sugerido a sua substituição. O relatório da auditoria da QAI que evidencia todos os aspectos foi entregue ao promotor.

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)	0,11 mg/m ³	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1648 mg/m ³	1800 mg/m ³
Monóxido de Carbono	0,0000 mg/m ³	12,5 mg/m ³
Ozono	0,1 mg/m ³	0,2 mg/m ³
Formaldeído	0,1 mg/m ³	0,1 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	0,3 mg/m ³	0,6 mg/m ³
Microrganismos - bactérias	383 UFC/m ³	500 UFC/m ³
Microrganismos - fungos	237 UFC/m ³	500 UFC/m ³
Legionella	UFC/l	100 UFC/l
Radão	Bq/m ³	400 Bq/m ³

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 3 De forma a manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites cumprindo com os requisitos de Qualidade do ar Interior, recomenda-se que o ventilador de insuflação de ar da unidade de tratamento de ar se mantenha em funcionamento durante todo o período de ocupação dos espaços. Adicionalmente recomenda-se que o sistema de ventilação independente da zona de fumadores se mantenha sempre em funcionamento.

14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

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

• Os equipamentos que compõem o sistema de climatização encontram-se em bom estado de conservação e a funcionar correctamente. A manutenção é assegurada por uma empresa credenciada em modo de outsourcing, dispondo de técnico de instalação e manutenção de climatização (TIM III) credenciado que acumula a função de técnico da qualidade de ar interior (TQAI), existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício (unidades interiores, rede de fluido frigorigénio, unidades de tratamento de ar, close control, chiller e bomba de calor, splits, ventiladores, quadros eléctricos) preparado pelo técnico responsável pelo funcionamento dos sistemas energéticos de climatização do edifício (TRF). Foram apresentadas evidências de que esta informação se encontra disponível de forma compilada prevista no RSECE, dando cumprimento do previsto no Artigo 19.º do referido regulamento.

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 1 O consumo mensal de energia conhecido refere-se apenas ao total do edifício e é obtido a partir das facturas eléctricas. Tendo em conta que este edifício fica abrangido por Auditorias Energéticas com uma periodicidade de 6 anos seria importante a instalação de contadores parciais nomeadamente, no Q. AVAC e nos Quadros de Piso, e promover a leitura e o registo periódico dos mesmos, no mínimo mensal. Esta ferramenta permite acumular um histórico de consumos, importante para a próxima Auditoria Energética, já que



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER CE0000041902016

Nº do perito qualificado PQ00935

Data de emissão 17/12/2010

Data de validade 17/12/2013

esta deve ser feita com a referência de 3 anos de consumo. É expectável com a aplicação desta medida e de acções correctivas dela decorrentes, uma redução nos consumos de energia, uma vez que se poderão detectar algumas anomalias durante o funcionamento normal da instalação.

Proposta 4 As condições de higiene e de manutenção dos sistemas de AVAC são um dos factores fundamentais na garantia de uma boa QAI nos espaços que esses sistemas servem, pelo que se recomenda a verificação do estado de contaminação, odores e de conservação dos filtros da UTAN e do VI da zona de fumadores e restantes componentes, com a periodicidade estabelecida no plano de manutenção, e a antecipada substituição dos filtros de ar caso seja necessário. Adicionalmente recomenda-se manter a limpeza periódica de todas instalações e equipamentos com especial incidência na zona do bar do piso da Sobre Loja, bem como, em todos os locais com ocupação permanente.

15. TÉCNICOS RESPONSÁVEIS

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

Nome do técnico Mónica Maria da Silva Marques Silva

Ordem ou Associação Profissional Anet

Nº de membro 12403

TÉCNICO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nome do técnico Manuel José da Silva Bangueses

Empresa Sotecnica - Sociedade Electrotécnica, S.A.

Nº de alvará 55
IMOPPI / InCI

TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nome do técnico Manuel José da Silva 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) inspecção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS

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

• Não aplicável

EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

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

• Não aplicável

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

O presente Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior refere-se a um imóvel Existente no âmbito do Sistema de Certificação Energética.

O valor total de área apresentado corresponde ao somatório de 4305,07 m² de área útil e 3065,07 m² de espaços complementares (armazéns e estacionamento).

Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica (U_{max}) indicados, para a envolvente opaca são apenas aplicáveis a novos edifícios, devendo, no entanto, ser tomados como referência para efeitos de identificação de oportunidades de melhoria.

Para a determinação dos coeficientes de transmissão térmica das paredes de alvenaria, das coberturas e dos pavimentos foi adoptada a simplificação da NT-SCE-01, quando possível, e utilizado o ITE 50 nos restantes casos.

Para determinação do nível de infiltrações foi utilizada a metodologia apresentada no D.L. 80/2006.

Os consumos de energia de aquecimento determinados por simulação dinâmica foram agravados em 5%, por não terem sido contabilizadas as perdas pelas pontes térmicas lineares, seguindo o recomendado pela Pergunta & Resposta n.º D5 do RSECE – Energia (versão 1.2), de Novembro 2008.

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U) das paredes foram majorados em 35%, de acordo com as regras de simplificação da NT-SCE-01, de forma a serem contempladas as pontes térmicas planas.

Entidade gestora



Entidades supervisoras



8/9



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER CE0000041902016

Nº do perito qualificado PQ00935

Data de emissão 17/12/2010

Data de validade 17/12/2013

Para a determinação da área útil de pavimento foi utilizada a regra de simplificação da NT-SCE-01, relativa à necessidade de reduzir o valor da área em 10%, em consequência de ter sido contabilizada a área de contacto das paredes divisorias com o pavimento.

A metodologia de verificação do cumprimento dos requisitos da QAI foi a definida na Nota Técnica NT-SCE-02 de Março de 2009, publicada pela ADENE, cumprindo-se com os requisitos do cálculo do número de pontos, tipo e características dos equipamentos utilizados nas medições e o período de amostragem.

A documentação entregue pelo promotor foi a seguinte:

- Cópia da caderneta predial;
- Cópia do registo na conservatória predial;
- Plantas de arquitectura;
- Alguns elementos do projecto de AVAC;

Não foi possível obter alçados.

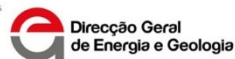
Por falta de melhor informação considerou-se o ano de inscrição na matriz, como o ano de construção do edifício.

Os levantamentos e medições foram efectuados entre 6 e 9 de Julho, 25 de Outubro e 29 de Novembro de 2010. As visitas foram acompanhadas pelo técnico de manutenção Nelson Cardoso e sob a orientação do gestor do edifício Sr. Mário Couto.

Entidade gestora



Entidades supervisoras



9/9

**ANEXO B – Relatórios da Análise de Energia do Autodesk
Revit**



CCB46 Simulação Energética final - Modelo Calibrado

CCB46 Análise

Analisado em 25/09/2016 01:16:48

Resultado da análise de energia do Revit



Fatores de desempenho do edifício

Localização:	Rua Camilo Castelo Branco 46, 1050-045 Lisbon, Portugal
Estação de meteorologia:	123900
Temperatura externa:	Máx: 39°C/Mínimo: 1°C
Área do piso:	4.305 m ²
Área da parede externa:	2.397 m ²
Potência média de iluminação:	9.69 W/m ²
Pessoas:	172 pessoas
Coefficiente de janela externa:	0,80
Custo de eletricidade:	\$ 0,13/kWh
Custo de combustível:	\$ 1,22/Térmica

Intensidade de utilização de energia

EUI de eletricidade:	143 kWh/sm/ano
EUI de combustível:	130 MJ/sm/ano
EUI total:	643 MJ/sm/ano

Utilização/Custo do ciclo de vida da energia

Utilização de ciclo de vida da eletricidade:	18,427,383 kWh
Utilização do ciclo de vida do combustível:	16,737,745 MJ
Custo de ciclo de vida da energia:	\$ 1.153.699

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

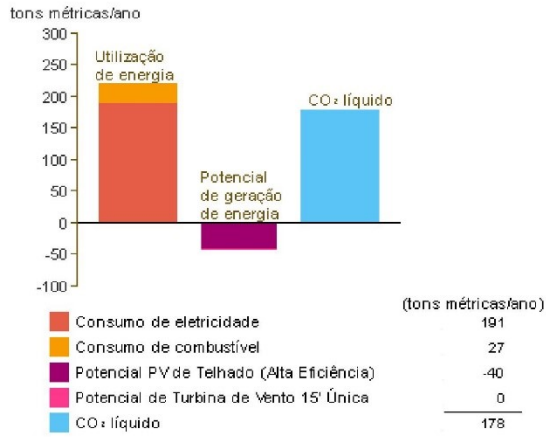
Potencial de energia renovável

Sistema PV Montado no Telhado (Baixa eficácia):	43,815 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Média eficácia):	87,630 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Alta eficácia):	131,445 kWh/ano
Potencial de Turbina de Vento 15' Única:	1,002 kWh/ano

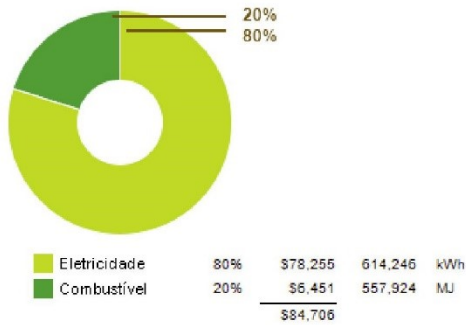
*As eficácias PV são assumidas como 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média de alta eficácia

Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit

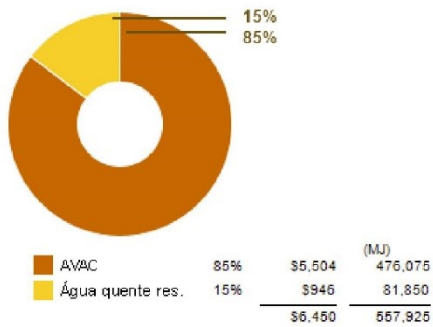
Emissões anuais de carbono



Utilização/Custo anual de energia

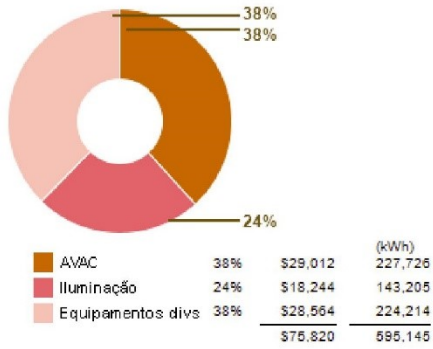


Utilização da energia: Combustível

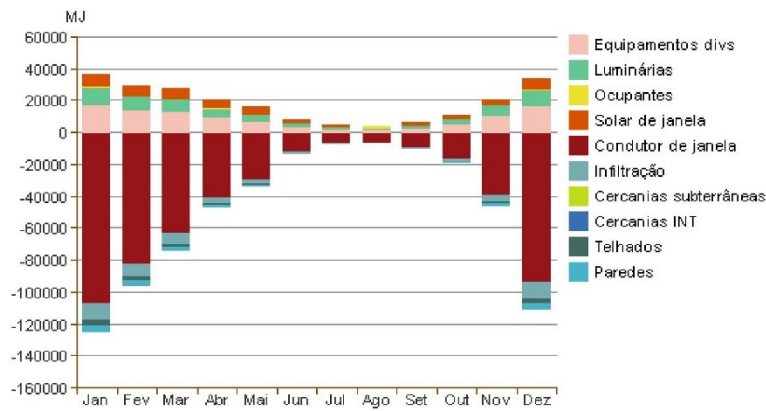


Utilização de energia: Eletricidade

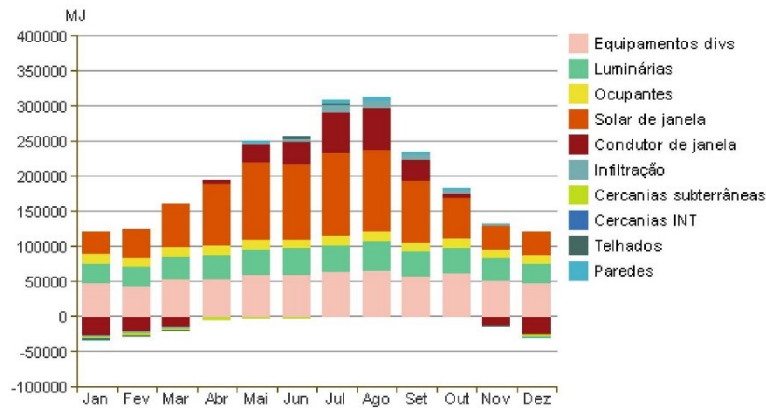
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Carga mensal de aquecimento

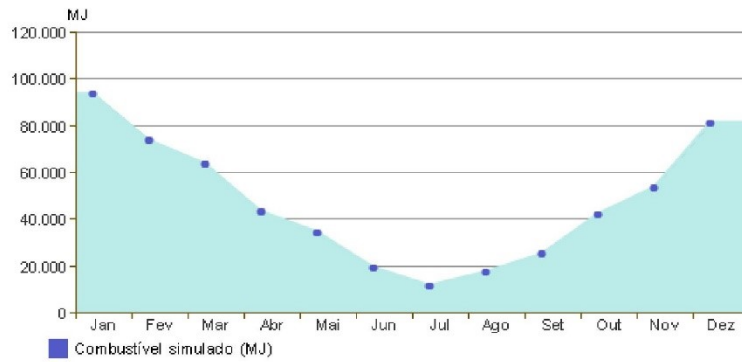


Carga mensal de refrigeração

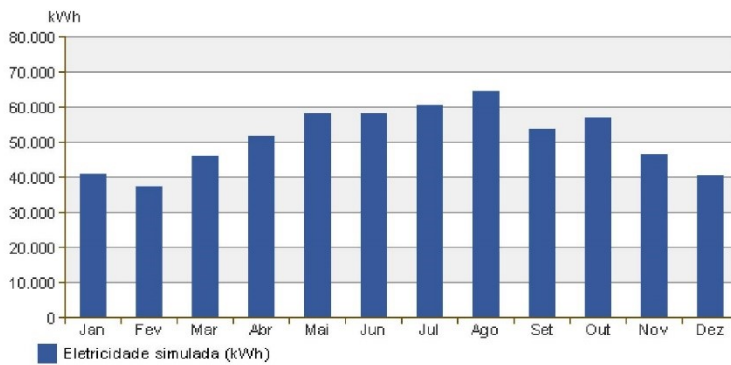


Consumo mensal de combustível

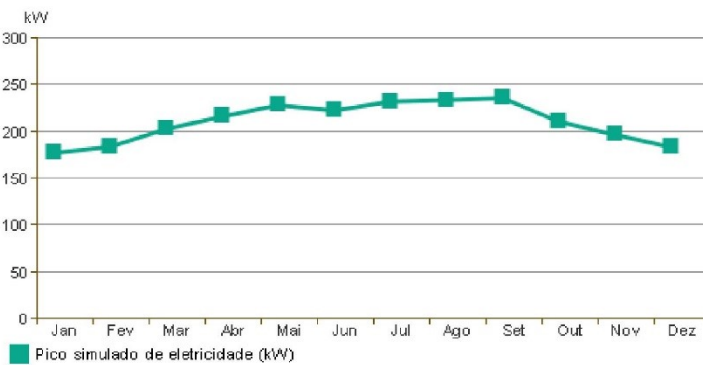
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Consumo mensal de eletricidade



Demanda mensal no pico



Rosa dos Ventos Anual (Distribuição de velocidade)

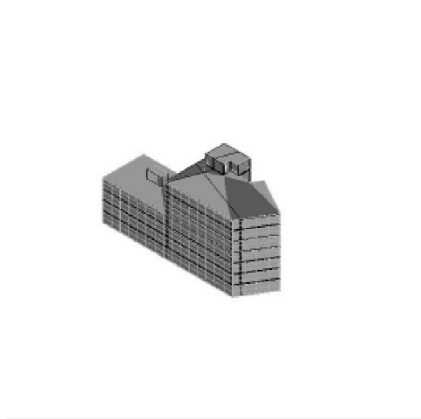


CCB46 Simulação Energética Envidraçados - Medida 2

CCB46 Análise (1)

Analisado em 25/09/2016 01:28:11

Resultado da análise de energia do Revit



Fatores de desempenho do edifício

Localização:	Rua Camilo Castelo Branco 46, 1050-045 Lisbon, Portugal
Estação de meteorologia:	123900
Temperatura externa:	Máx: 39°C/Mínimo: 1°C
Área do piso:	4.305 m ²
Área da parede externa:	2.397 m ²
Potência média de iluminação:	9.69 W/m ²
Pessoas:	172 pessoas
Coefficiente de janela externa:	0,80
Custo de eletricidade:	\$ 0,13/kWh
Custo de combustível:	\$ 1,22/Térmica

Intensidade de utilização de energia

EUI de eletricidade:	123 kWh/sm/ano
EUI de combustível:	57 MJ/sm/ano
EUI total:	502 MJ/sm/ano

Utilização/Custo do ciclo de vida da energia

Utilização de ciclo de vida da eletricidade:	15,942,429 kWh
Utilização do ciclo de vida do combustível:	7,422,372 MJ
Custo de ciclo de vida da energia:	\$ 961.068

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

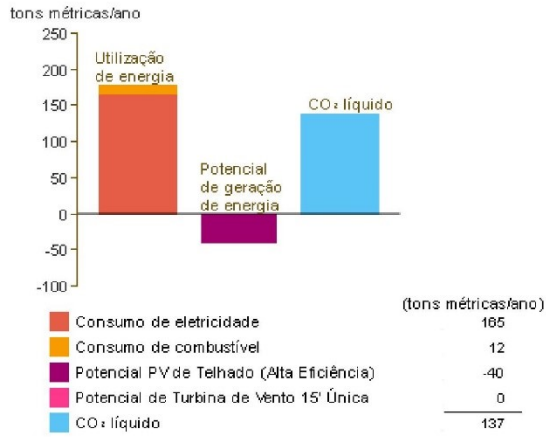
Potencial de energia renovável

Sistema PV Montado no Telhado (Baixa eficácia):	42,938 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Média eficácia):	85,877 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Alta eficácia):	128,815 kWh/ano
Potencial de Turbina de Vento 15' Única:	1,002 kWh/ano

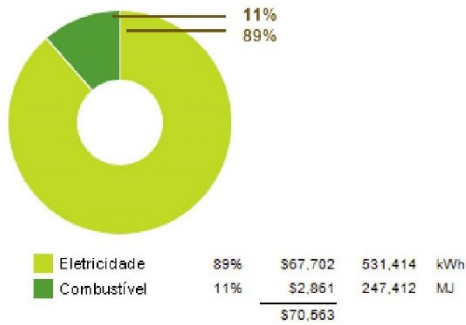
*As eficácias PV são assumidas como 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média de alta eficácia

Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit

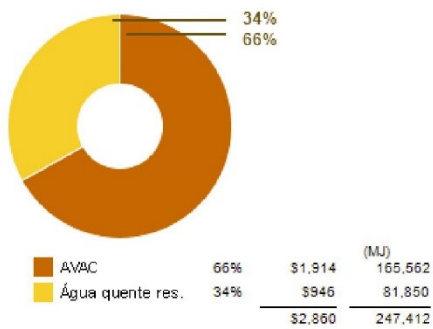
Emissões anuais de carbono



Utilização/Custo anual de energia

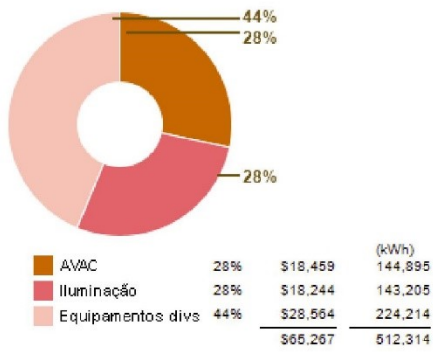


Utilização da energia: Combustível

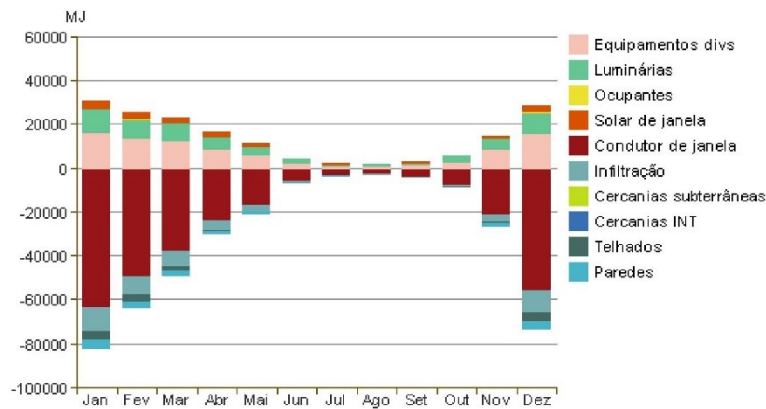


Utilização de energia: Eletricidade

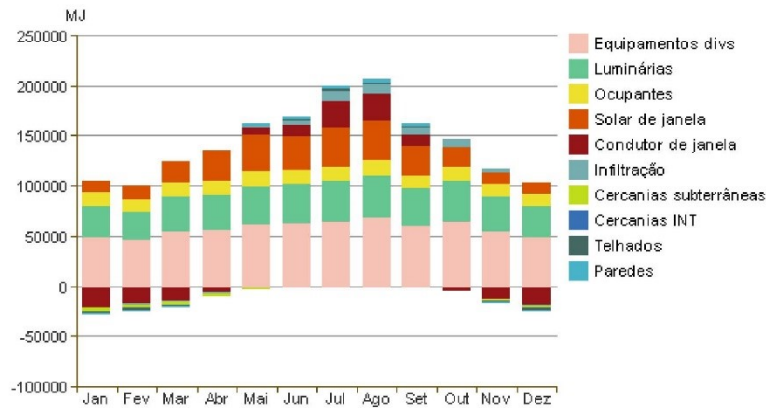
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Carga mensal de aquecimento

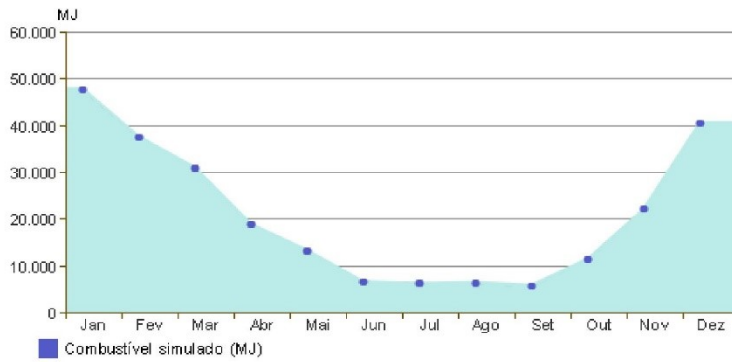


Carga mensal de refrigeração

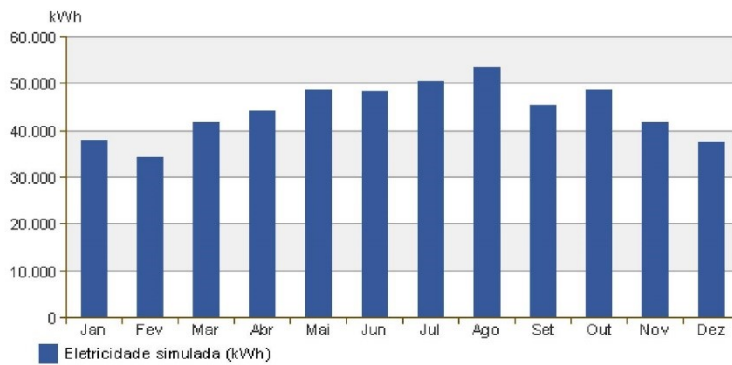


Consumo mensal de combustível

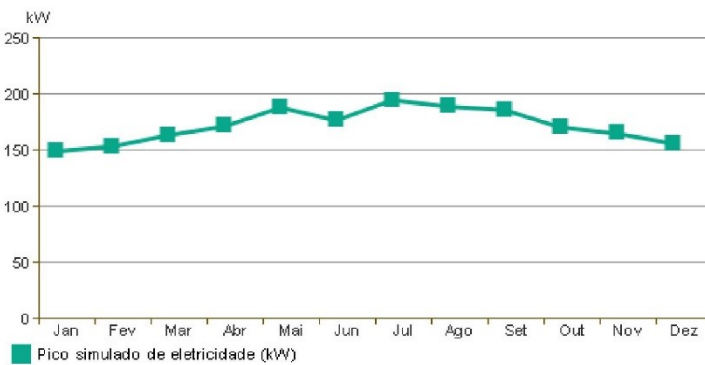
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Consumo mensal de eletricidade



Demanda mensal no pico



Rosa dos Ventos Anual (Distribuição de velocidade)

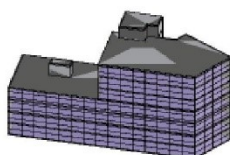


CCB46 Simulação Energética Paredes Externas - Medida 3

CCB46 Análise

Analisado em 25/09/2016 20:04:50

Resultado da análise de energia do Revit



Fatores de desempenho do edifício

Localização:	Rua Camilo Castelo Branco 46, 1050-045 Lisbon, Portugal
Estação de meteorologia:	123900
Temperatura externa:	Máx: 39°C/Mínimo: 1°C
Área do piso:	4.275 m ²
Área da parede externa:	858 m ²
Potência média de iluminação:	9.69 W/m ²
Pessoas:	171 pessoas
Coefficiente de janela externa:	2,00
Custo de eletricidade:	\$ 0,13/kWh
Custo de combustível:	\$ 1,22/Térmica

Intensidade de utilização de energia

EUI de eletricidade:	132 kWh/sm/ano
EUI de combustível:	71 MJ/sm/ano
EUI total:	545 MJ/sm/ano

Utilização/Custo do ciclo de vida da energia

Utilização de ciclo de vida da eletricidade:	16,875,729 kWh
Utilização do ciclo de vida do combustível:	9,105,171 MJ
Custo de ciclo de vida da energia:	\$ 1.023.884

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

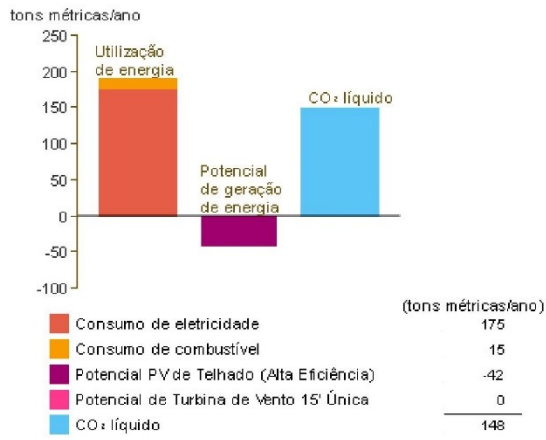
Potencial de energia renovável

Sistema PV Montado no Telhado (Baixa eficácia):	45,133 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Média eficácia):	90,266 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Alta eficácia):	135,399 kWh/ano
Potencial de Turbina de Vento 15' Única:	1,002 kWh/ano

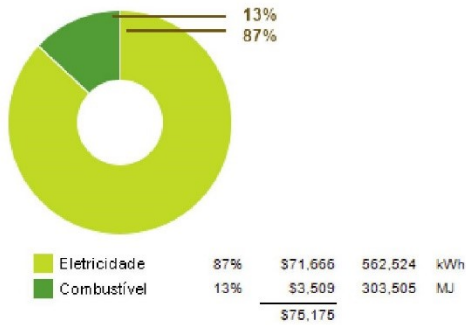
*As eficácias PV são assumidas como 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média de alta eficácia

Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit

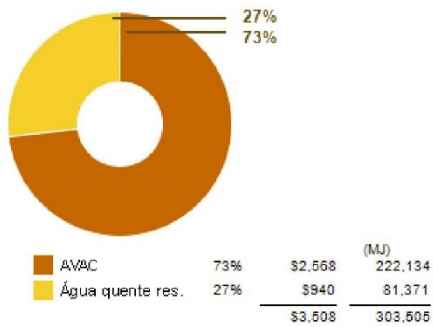
Emissões anuais de carbono



Utilização/Custo anual de energia

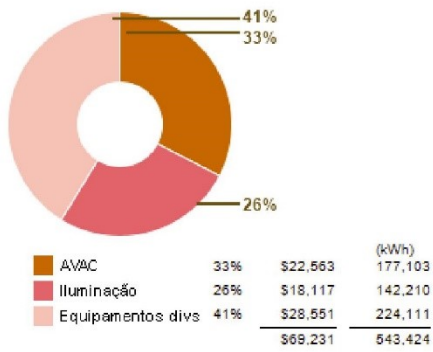


Utilização da energia: Combustível

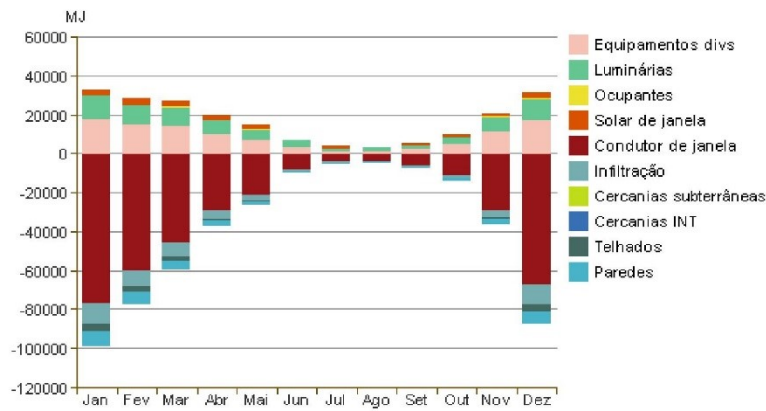


Utilização de energia: Eletricidade

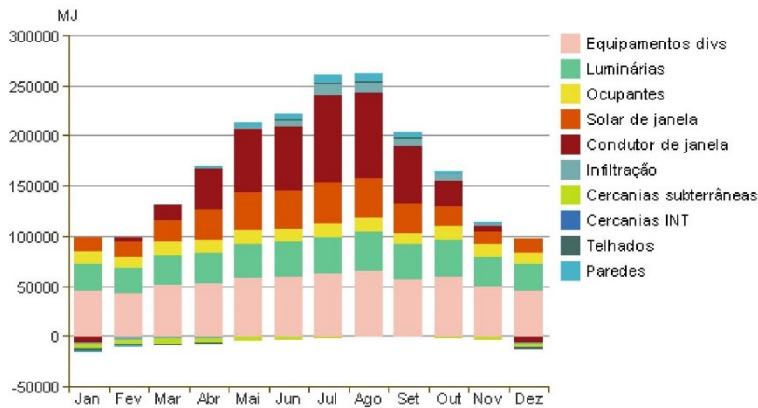
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Carga mensal de aquecimento

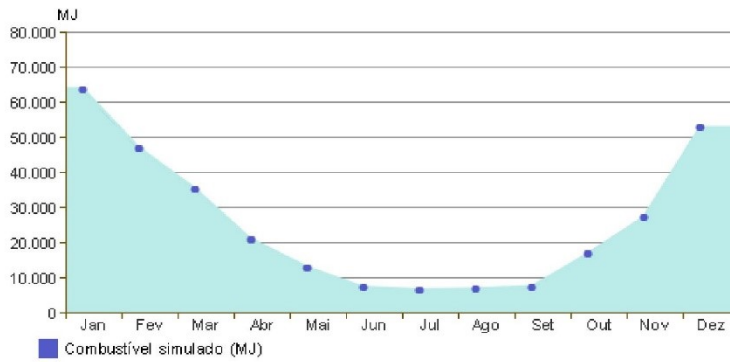


Carga mensal de refrigeração

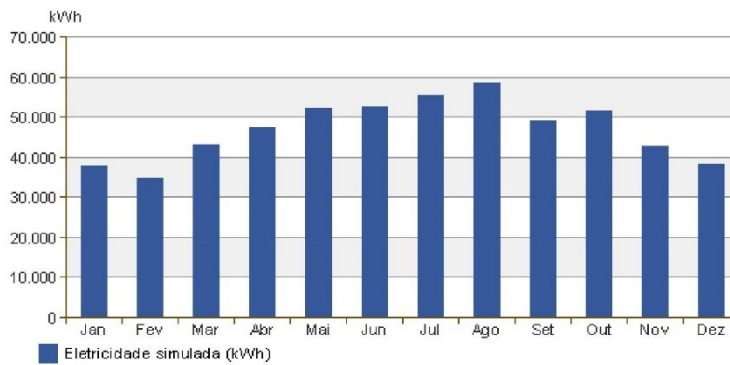


Consumo mensal de combustível

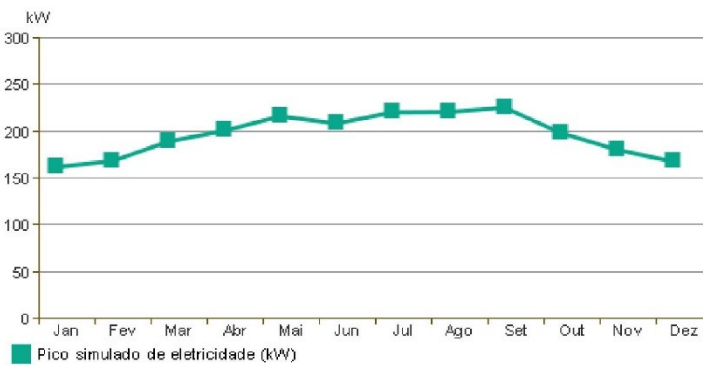
Relatório da Análise de Energia do Autodesk Revit



Consumo mensal de eletricidade



Demanda mensal no pico



Rosa dos Ventos Anual (Distribuição de velocidade)

ANEXO C – Características dos Elementos Utilizados

Medida 1 – Melhoria do sistema de iluminação



Lâmpadas LED



Descrição	Casq.	Substitui	Watt ¹	Lumen ¹	Candela	Ângulo	Regulação ²	Kelvin	Comp. mm	Ø mm	Duração (hrs.) L70/B80	ClEnergética	EAN10
-----------	-------	-----------	-------------------	--------------------	---------	--------	------------------------	--------	----------	------	------------------------	--------------	-------

OSRAM SubstiTUBE®

OSRAM SubstiTUBE Advanced (para balastros convencionais CCG)



Modelo	Ø	Watt	Lumen	Ângulo	Regulação	Kelvin	Comp. mm	Ø mm	Duração (hrs.)	ClEnergética	EAN10
ST8A-0.6m-8.7W-830-EM	590mm	8,7	990	160°	não	3000	590	27,5	50 000	A+	4052899937536
ST8A-0.6m-8.7W-840-EM		8,7	1100	160°		4000	590	27,5	50 000	A+	4052899937543
ST8A-0.6m-8.7W-865-EM		8,7	1100	160°		6500	590	27,5	50 000	A+	4052899937550
ST8A-1.2m-18.4W-830-EM	1200mm	18,4	2070	160°	não	3000	1200	27,5	50 000	A+	4052899937567
ST8A-1.2m-18.4W-840-EM		18,4	2300	160°		4000	1200	27,5	50 000	A+	4052899937574
ST8A-1.2m-18.4W-865-EM		18,4	2300	160°		6500	1200	27,5	50 000	A+	4052899937581
ST8A-1.5m-27W-830-EM	1500mm	27	3060	150°	não	3000	1500	27,5	50 000	A+	4052899937598
ST8A-1.5m-27W-840-EM		27	3400	150°		4000	1500	27,5	50 000	A+	4052899937604
ST8A-1.5m-27W-865-EM		27	3400	150°		6500	1500	27,5	50 000	A+	4052899937611

OSRAM SubstiTUBE Advanced Rotatable (para balastros convencionais CCG)

Modelo	Ø	Watt	Lumen	Ângulo	Regulação	Kelvin	Comp. mm	Ø mm	Duração (hrs.)	ClEnergética	EAN10
ST8A-0.6m-8.7W-840-EM-R	590mm	8,7	1100	160°	não	4000	590	27,5	50 000	A+	4052899937628
ST8A-0.6m-8.7W-865-EM-R		8,7	1100	160°		6500	590	27,5	50 000	A+	4052899937635
ST8A-1.2m-18.4W-840-EM-R		18,4	2300	150°		4000	1200	27,5	50 000	A+	4052899937642
ST8A-1.2m-18.4W-865-EM-R	1200mm	18,4	2300	150°	não	6500	1200	27,5	50 000	A+	4052899937659
ST8A-1.5m-27W-840-EM-R	1500mm	27	3400	150°		4000	1500	27,5	50 000	A+	4052899937666
ST8A-1.5m-27W-865-EM-R		27	3400	150°		6500	1500	27,5	50 000	A+	4052899937673

OSRAM SubstiTUBE Basic (para balastros convencionais CCG)

Modelo	Ø	Watt	Lumen	Ângulo	Regulação	Kelvin	Comp. mm	Ø mm	Duração (hrs.)	ClEnergética	EAN10
ST8B-1.2m-20W-830-EM	1200mm	20	1900	160°	não	3000	1200	27,5	40 000	A	4052899937338
ST8B-1.2m-20W-840-EM		20	2100	160°		4000	1200	27,5	40 000	A+	4052899937345
ST8B-1.2m-20W-865-EM		20	2100	160°		6500	1200	27,5	40 000	A+	4052899937352
ST8B-1.5m-22W-830-EM	1500mm	22	2160	150°	não	3000	1500	27,5	40 000	A+	4052899937369
ST8B-1.5m-22W-840-EM		22	2400	150°		4000	1500	27,5	40 000	A+	4052899937376
ST8B-1.5m-22W-865-EM		22	2400	150°		6500	1500	27,5	40 000	A+	4052899937383

OSRAM PARATHOM Reflector

OSRAM PARATHOM® PAR16 – GU10, 220–240 V, caixa



Modelo	Ø	Watt	Lumen	Ângulo	Regulação	Kelvin	Comp. mm	Ø mm	Duração (hrs.)	ClEnergética	EAN10		
PRO PAR16 35	35	5,5	230	565	36°	sim	2700K	58	49,6	35 000	A	4052899944121	
PRO PAR16 35		5,5	230	565	36°		3000K	58	49,6	35 000	A	4052899944138	
PRO PAR16 35		5,5	230	565	36°		4000K	58	49,6	35 000	A	4052899944145	
ADVANCED PAR16 35		3,3	230	565	36°		2700K	58	49,6	25 000	A+	4052899943902	
ADVANCED PAR16 35		3,3	230	565	36°		3000K	58	49,6	25 000	A+	4052899943919	
ADVANCED PAR16 35		3,3	230	565	36°		4000K	58	49,6	25 000	A+	4052899943926	
PAR16 35		não	3,1	230	565	36°	2700K	58	49,6	15 000	A++	4052899943797	
PAR16 35			3,1	230	565	36°	3000K	58	49,6	15 000	A++	4052899943803	
PAR16 35			3,1	230	565	36°	4000K	58	49,6	15 000	A++	4052899943810	
PAR16 35			3,1	230	83	120°	2700K	58	49,6	15 000	A+	4052899943889	
PAR16 35			3,1	230	83	120°	4000K	58	49,6	15 000	A++	4052899943896	
PRO PAR16 50			50	5,9	350	850	36°	sim	2700K	58	49,6	35 000	A+
PRO PAR16 50	5,9	350		850	36°	3000K	58		49,6	35 000	A+	4052899944169	
PRO PAR16 50	5,9	350		850	36°	4000K	58		49,6	35 000	A+	4052899944176	
ADVANCED PAR16 50	5,5	350		850	36°	2700K	58		49,6	25 000	A+	4052899943957	
ADVANCED PAR16 50	5,5	350		850	36°	3000K	58		49,6	25 000	A+	4052899943964	
ADVANCED PAR16 50	5,5	350		850	36°	4000K	58		49,6	25 000	A+	4052899943971	
PAR16 50	não	5		350	850	36°	2700K	58	49,6	15 000	A+	4052899943827	
PAR16 50		5		350	850	36°	3000K	58	49,6	15 000	A+	4052899943834	
PAR16 50		5		350	850	36°	4000K	58	49,6	15 000	A+	4052899943841	
PAR16 50		5		350	130	120°	2700K	58	49,6	15 000	A+	4052899943933	
PAR16 50		5		350	130	120°	4000K	58	49,6	15 000	A+	4052899943940	
PRO PAR16 65		65		7,2	460	1164	36°	sim	2700K	58	49,6	35 000	A+
PRO PAR16 65	7,2		460	1164	36°	3000K	58		49,6	35 000	A+	4052899944190	
PRO PAR16 65	7,2		460	1164	36°	4000K	58		49,6	35 000	A+	4052899944206	
ADVANCED PAR16 65	5,9		460	1164	36°	2700K	58		49,6	25 000	A+	4052899943988	
ADVANCED PAR16 65	5,9		460	1164	36°	3000K	58		49,6	25 000	A+	4052899943995	
ADVANCED PAR16 65	5,9		460	1164	36°	4000K	58		49,6	25 000	A+	4052899944008	
PAR16 65	não		5,5	460	1164	36°	2700K	58	49,6	15 000	A+	4052899943858	
PAR16 65			5,5	460	1164	36°	3000K	58	49,6	15 000	A+	4052899943865	
ADVANCED PAR16 80			80	7,2	575	1439	36°	2700K	58	49,5	25 000	A+	4052899944015
ADVANCED PAR16 80				7,2	575	1439	36°	3000K	58	49,5	25 000	A+	4052899944022
PAR16 80				6,7	575	1439	36°	4000K	58	49,5	15 000	A+	4052899943872

¹Todos os parâmetros técnicos aplicam-se à lâmpada completa. Tendo em conta o complexo processo de fabrico dos diodos emissores de luz, os valores típicos indicados para os parâmetros dos LED consistem apenas valores estatísticos. Estes podem não corresponder aos parâmetros técnicos reais ou de cada produto individual, que pode apresentar desvios em relação aos valores típicos.
²As lâmpadas LED podem funcionar com uma ampla variedade de reguladores disponíveis no mercado; mais informações e resultados de testes de compatibilidade em www.osram.pt/dim e respetivos links para mais informação técnica de produto.

Medida 2 – Melhoria dos vãos envidraçados

SAINT-GOBAIN GLASS CLIMATE

SGG COOL-LITE® SKN 144 II

*Combining high performance with excellent neutrality,
for optimal solar control and thermal efficiency*

Applications

SGG COOL-LITE SKN 144 II is a 'to be tempered' solar control coating for use in residential or commercial buildings alike, either for façades or overhead glazing. Due to the unique properties of the coating, it is ideally suited to applications requiring toughened or heat-strengthened glass.

Description

SGG COOL-LITE SKN 144 II is a solar control product with a high performance coating. The coating is applied to SGG PLANICLEAR clear float glass by cathodic sputtering under vacuum conditions.

SGG COOL-LITE SKN 144 II forms part of the ever-evolving range of 'to be toughened' neutral solar control coatings from SAINT-GOBAIN GLASS.

In order to achieve its superior thermal properties, solar control properties and neutral appearance, SGG COOL-LITE SKN 144 II must always be toughened or heat-strengthened before assembly into a double-glazed unit. For optimum performance and aesthetics the SGG COOL-LITE SKN 144 II coating should always be positioned on face 2 of a double-glazed unit.

Benefits

SGG COOL-LITE SKN 144 II is designed to offer exceptional solar and thermal performance:

- very low g-value of 0.23
- optimum U-value of 1.1W/m²K
- neutral appearance both in transmission and exterior reflection
- good levels of natural light transmission

SGG COOL-LITE SKN 144 II can be used to improve the energy efficiency of buildings by considerably reducing overheating and the need for costly air conditioning. It is particularly suited to large areas of glazing where superior solar control performance is required whilst at the same time noticeably reducing excessive heat loss.

Range

SGG COOL-LITE SKN 144 II is available in 6000mm x 3210mm dimensions, in 6, 8 and 10mm thicknesses (12mm available on request) allowing for over-sized high-specification units.

Instructions for use

SGG COOL-LITE SKN 144 II must be toughened from stock due to the absorption of the coating requiring toughened glass for thermal safety reasons.

Technical Specifications

Performance Data

	DGU with SGG COOL-LITE SKN
Internal Pane	SGG PLANICLEAR
External Pane	SGG COOL-LITE SKN 144 II
Composition in mm	6(16)6
Coating Positions	Face 2
LT	41%
LRe	20%
g-value*	0.23
Shading Coefficient	0.26
U-Value in W/m ² K Air	1.4
90% Argon	1.1

SGG COOL-LITE SKN 144 II meets the durability requirements of class C of European standards EN 1096-1 and -2.
*Light and solar performance according to EN 410

SGG COOL-LITE, SGG PLANICLEAR and all other devices and logos are registered trademarks of Saint-Gobain.



Saint-Gobain Glass UK Ltd
Weeland Road, Eggborough
East Riding of Yorkshire, DN14 0FD, UK
www.saint-gobain-glass.com



Distributor

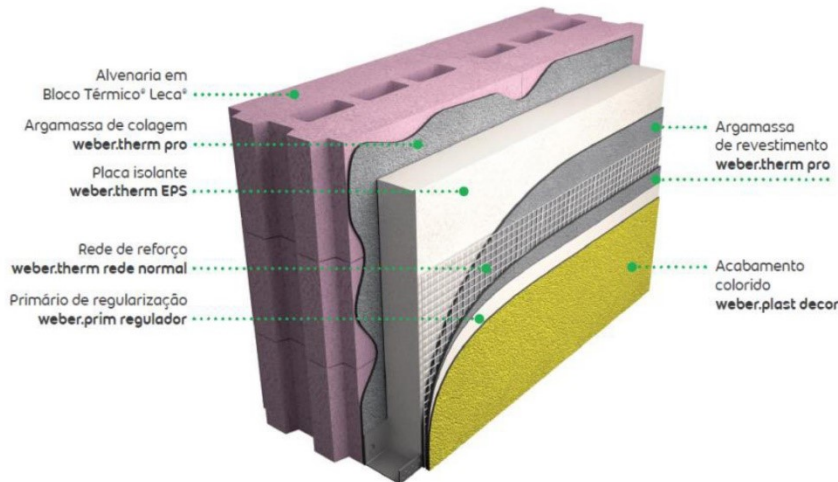
SGG029/07/14

Medida 3 – Melhoria das paredes exteriores



Sistema **weber.therm classic** – Pág 2/16

2. COMPONENTES PRINCIPAIS DO SISTEMA **weber.therm classic**



3. CONDIÇÕES GERAIS PARA APLICAÇÃO DO SISTEMA **weber.therm classic**

- Não aplicar o sistema em fachadas com inclinação inferior a 45°.
- Não aplicar as argamassas com temperaturas atmosféricas inferiores a 5°C e superiores a 30°C.
- Evitar a aplicação em situação de vento forte.
- Não aplicar as argamassas na eventualidade de poderem apanhar chuva enquanto não estiverem secas.
- Evitar a aplicação dos materiais sob a incidência direta dos raios solares.
- Não iniciar a aplicação do sistema sobre suportes em que não tenha decorrido pelo menos um mês sobre a sua execução (alvenarias, betão, reboco), para que se encontrem em condições de estabilidade e secagem adequadas.
- As placas isolantes são fixadas ao respetivo suporte por colagem com a(s) argamassa(s) especificadas e fixação mecânica adicional com buchas específicas.
- Os limites inferiores do sistema, quando expostos ao exterior, deverão ser realizados utilizando perfis adequados em alumínio ou PVC que promovam a proteção mecânica relativamente a agressões externas (ver 5.2).
- As esquinas do sistema deverão ser reforçadas com perfis adequados em PVC perfurado incorporando rede de fibra de vidro com proteção anticalina (ver 5.5).
- Prever a utilização de elementos arquitetónicos (rufos, beirados, peitoris, etc.) de desenho adequado, que rematem e protejam superiormente o sistema contra infiltrações de água da chuva e que dificultem a sua escorrência direta sobre as superfícies da fachada, de modo a diminuir a acumulação indesejada de detritos e sujidades.
- Respeitar as juntas estruturais existentes na fachada, interrompendo o sistema, e proceder ao seu remate utilizando o perfil de remate adequado (ver 5.5).
- Realizar os remates do sistema contra elementos rígidos (peitoris, caixilharias, paredes, elementos estruturais, etc.) através da introdução de juntas no encontro com as placas isolantes, preenchidas com material deformável e impermeável do tipo mastique.

MOD.FT.106 / 03

08-01-2016



SAINT-GOBAIN

Saint-Gobain Weber Portugal, S.A. • NIF 502 208 546 • Zona Industrial de Taboeira, 3800-055 Aveiro
telf. : +351 234 10 10 10 • fax : +351 234 30 11 48 • www.weber.com.pt

