



# ESTUDO DA EFICIÊNCIA E CONSUMO DE RECURSOS EM AMBIENTE DE ESCRITÓRIO E IMPLEMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR

**JOSÉ MIGUEL MACIEIRA DE SOUSA**

novembro de 2022

# **ESTUDO DA EFICIÊNCIA E CONSUMO DE RECURSOS EM AMBIENTE DE ESCRITÓRIO E IMPLEMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR**

José Miguel Macieira de Sousa  
1200204

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# **ESTUDO DA EFICIÊNCIA E CONSUMO DE RECURSOS EM AMBIENTE DE ESCRITÓRIO E ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR**

José Miguel Macieira de Sousa

1200204

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis, realizada sob a orientação do Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras.

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutora Nídia de Sá Caetano

Professora Coordenadora do Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Supervisor**

Eng. Celestino Manuel Martins Pereira

Gerente da Celestino Pereira, LDA

## **Arguente**

Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira

Professor Associado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação simboliza o culminar dos cinco anos do meu percurso académico e a fase que até à data apresentou os maiores e melhores desafios tanto a nível pessoal como académico. Este percurso não seria possível sem o apoio de várias pessoas e entidades às quais não posso deixar de agradecer.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto do Instituto Politécnico do Porto, uma escola e uma segunda casa nestes últimos dois anos, onde me senti sempre bem-vindo e cujo espírito académico continua bem presente na minha vida.

Ao Professor Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras, orientador desta dissertação, pelos ensinamentos transmitidos ao longo não só da dissertação, mas também do mestrado, sempre disponível e constantemente a motivar para dar aquele passo adicional.

Ao Eng. Celestino Pereira, pela disponibilidade sempre apresentada, oferecendo sempre alternativas e soluções, mostrando que tudo tem solução.

À minha entidade empregadora, pelo apoio e pela disponibilização de toda a informação essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de faculdade, por me acolherem como um deles e certamente marcaram o meu percurso nesta instituição.

Aos meus pais e irmã, por serem o meu maior apoio e porto de abrigo, sem eles não alcançava estes objetivos. Celebramos as vitórias juntos e aparamos as quedas juntos.

Por último, aos meus amigos, pelas palavras de motivação ao longo do meu percurso. Muito obrigado a todos.



O Prof. Manuel Carlos Felgueiras, orientador desta dissertação, obteve o grau de licenciado (BS) em 1987 e de doutoramento (PhD) em 2008, ambos em Engenharia Eletrotécnica e pela Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal. A sua atividade profissional iniciou-se em 1987 onde desempenhou funções de projetista de sistemas elétricos de automação. Anos mais tarde, seria convidado para supervisionar um laboratório de testes, onde verificaria conformidades termoelétricas em eletrodomésticos e de acordo com as normas europeias em vigor. Em 1994 iniciaria a sua atividade docente, tendo a categoria de Assistente inicialmente e posteriormente Professor Adjunto desempenhando funções no Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE) no Instituto Politécnico do Porto (IPP), Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Porto, Portugal. Paralelamente, é membro integrado do CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial, UIDB/04730/2020, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC) no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Os seus principais interesses são o de Ensino de Engenharia, em particular, as áreas relacionadas com a Eletricidade e Eletrónica, Projeto e Depuração de Circuitos mistos, Energias Renováveis e Utilização Racional de Recursos Escassos. Tem publicados cerca de 100 trabalhos em conferências e em revistas científicas internacionais. Contribuí regularmente em conferências internacionais e também é orador frequente em várias conferências e editor de revistas científicas internacionais.



## **PALAVRAS-CHAVE**

Sustentabilidade; Eficiência-energética; Edifícios nZEB; Eletricidade; Auditoria Energética; Água

## **RESUMO**

Atualmente e mais do que nunca, as questões ligadas à sustentabilidade e à eficiência energética são cada vez mais importantes, mas, continua a observar-se um certo distanciamento daquela que é a vida quotidiana da sociedade e aquilo que são as medidas que deveriam ser aplicadas diariamente por todos. Apesar dos esforços realizados por entidades responsáveis, o consumo excessivo de recursos mundialmente e consequentemente as emissões prejudiciais para o meio ambiente provam cada vez mais ser um desafio enorme e complexo de solucionar.

Com vista a melhorar este consumo excessivo de recursos, a União Europeia tem trabalhado cada vez mais na apresentação de propostas e medidas que irão aproximar-nos cada vez mais da solução ideal para esta problemática. O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido tendo em perspetiva o estudo das instalações onde o autor se encontra a exercer a sua atividade profissional e terá como objetivo final a implementação das medidas estudadas de forma a melhorar a eficiência energética do edifício em questão.

Assim sendo, a presente dissertação visa aprofundar os conhecimentos técnicos adquiridos ao longo da componente curricular do curso onde se insere e prevê-se que sejam obtidos resultados concretos e medidas concretas que podem ser implementadas contribuindo para um futuro cada vez mais sustentável. O efeito desejável deste estudo seria converter o edifício existente num nZEB, e portanto, obter a classificação máxima de eficiência energética.

Desta forma, o estudo realizado foca-se numa análise à utilização de eletricidade e também será feita uma análise ao consumo do recurso hídrico, e à semelhança da eletricidade, também serão estudadas forma de reduzir/otimizar consumos e também obter este recurso através de forma alternativa, adicionalmente, deverá ser possível obter dados concretos da poupança que será possível obter anualmente tendo em conta as modificações sugeridas, a instalação de painéis fotovoltaicos para produção de energia elétrica também será contemplada neste estudo. No futuro, esta mudança passará não só pela construção de infraestruturas cada vez mais sustentáveis, mas também pela sensibilização de cada utilizador ativo no sistema, pelo que toda esta mudança de paradigma leva tempo a ser implementada pelo que não devem ser esperados resultados muito significativos a curto prazo.



---

## KEYWORDS

*Sustainability; Energy Efficiency; nZEB; Electricity; Energy Audit; Water*

## ABSTRACT

*Nowadays and more than ever, sustainability related topics and energetic efficiency are getting more and more important and fundamental, even though, we still face a big path ahead in society behaviour and in what shall be the daily behaviour of every citizen. Despite all efforts made by responsible entities, the overwhelming consumption of resources, and therefore, the emission of prejudicial gases to the environment are proving to be each day a greater and greater challenge with a very demanding solution.*

*Bearing in mind the improvement of the excessive consumption of resources, the European Union has been working restlessly in the presentation of proposal and measures in order to achieve the ideal solution to this problem, thus, the study hereby presented was developed with the aim of analysing the office space in which the author finds himself developing his professional activity and it will have as main goal the implementation of specific measures in order to increase the energetic efficiency of the building.*

*This master thesis seeks the thorough technical study acknowledged through the master's course and it's the authors aim to reach tangible results which can be implemented in a nearby future aim for a sustainable development. The desired outcome of this project would be to convert the existing building in a nZEB, and consequently, reaching the maximum energy efficiency classification.*

*This study is focussing on the analysis of electricity usage, and also, the analysis of water usage will also be in the scope of the project, and, how much is consumed, how can we produce electricity from alternative sources and how can we increase energetic efficiency will also be analysed, always seeking for a early savings related to those resources, the installation of photovoltaic modules will be included in this study as well. Ultimately, the similarity between the office building and the nZEB will be the objective and we should consider these buildings (nZEB) as the example to follow. This change considers not only the construction of more sustainable infrastructures but also the sensibilization of each active user of the system, however we should bear in mind that this behaviour change will take some time and we should not hope for big changes in a short period of time.*



## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES

### Lista de Siglas

AOD	Assistência Oficial ao Desenvolvimento
APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis
AVAC	Ar Ventilado e Ar Condicionado
CFC	Clorofluorcarboneto
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EDO	European Drought Observatory
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
ERSE	Entidade Reguladora de Serviços Energéticos
FCG	Fundação Calouste Gulbenkian
IEA	Internacional Energy Agency
LED	Light-emitting diode
nZEB	nearly Zero Energy Building
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milénio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organizações Não-Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PRC	Período de Recuperação de Capital
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
ROHS	Restriction of Hazardous Substances Directive
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
TBL	Triple Bottom Line
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
VRV	Variable Refrigerant Volume

## Lista de Abreviaturas

$\lambda_j$	Condutibilidade térmica do material da camada
$A_p$	Área projetada
$C_d$	Custos diversos de O e M
$C_p$	Custos de investimento por kW instalado
$CO_2$	Dióxido de Carbono
$e_j$	Espessura da camada
GD	Graus-dia
$H_a$	Utilização anual da potência de pico
$i$	Inverso do fator presente da anuidade
$I_{mpp}$	Corrente no ponto de máxima potência
$P$	Perímetro
$R_j$	Resistência térmica da camada
$R_{se}$	Resistências térmica superficial exterior
$R_{si}$	Resistências térmica superficial interior
$T_a$	Temperatura ambiente
$U$	Coefficiente de transmissão térmica
$V_{mpp}$	Tensão no ponto de máxima potência
$\delta I_{max}$	Varição da corrente máxima com a temperatura
$\delta P_{max}$	Varição da potência máxima com a temperatura
$\delta V_{max}$	Varição da tensão máxima com a temperatura

## Lista de Unidades

---

€	Euro
°C	Graus Celsius
A	Ampere
Ar	Ampere reativo
g	Gramma
h	Hora
J	Joule
K	Kelvin
Lm	Lúmen
m	metro
m <sup>2</sup> .°C/W	Resistências térmicas
ton	Tonelada
V	Volt
VA	Volt-Ampere
var	Volt-Ampere reativo
varh	Volt-Ampere reativo-hora
W	Watt
W/m.°C	Condutibilidade térmica
W/m <sup>2</sup> .°C	Coeficiente de transmissão térmica
Wh	Watt-hora

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE EM PORTUGAL CONTINENTAL [3] .....	2
FIGURA 2 - OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL [9] .....	8
FIGURA 3 - OITO OBJETIVOS DO MILÉNIO [17] .....	12
FIGURA 4 - OS CINCO PILARES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL [20] .....	13
FIGURA 5 - NÚMERO DE PESSOAS A SOBREVIVER COM MENOS DE 1,90\$ POR DIA (MILHÕES) [19] .....	14
FIGURA 6 - PROPORÇÃO DE POPULAÇÃO EMPREGADA A VIVER COM MENOS DE 1,90\$ POR DIA, 2019 (%) [19].....	15
FIGURA 7 - TAXA DE ESCASSEZ DE ÁGUA, DE ACORDO COM A REGIÃO DO GLOBO, 2015 E 2018 (%) [19] .....	16
FIGURA 8 - PROPORÇÃO DE POPULAÇÃO COM ACESSO A ELETRICIDADE, 2010 E 2019 (%) [19].....	17
FIGURA 9 - TAXA DE DESEMPREGO, 2019 E 2020 (%) [19].....	17
FIGURA 10 - NÚMERO DE PASSAGEIROS A VIAJAR POR VIA AÉREA (MILHÕES) [19] .....	18
FIGURA 11 - PROPORÇÃO DE POPULAÇÃO URBANA COM ACESSO CONVENIENTE A UMA REDE DE TRANSPORTES PÚBLICOS, EM 2019, % [19].....	19
FIGURA 12 - CONSUMO DE MATERIAL DOMÉSTICO PER CAPITA, 2000 A 2017 (TONELADAS PER CAPITA) [19].....	19
FIGURA 13 - EVOLUÇÃO MENSAL COMPARATIVA ENTRE 2020 E 2019 (%) [19] .....	20
FIGURA 14 - CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA ATMOSFERA, 1959 – 2020 [19] .....	20
FIGURA 15 - ESTIMATIVA APROXIMADA DA PROPORÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS OU EXTINTA, 2021, % [19].....	21
FIGURA 16 - DIFERENTES COMPONENTES QUE COMPÕEM O FLUXO MONETÁRIO DA AOD, 2010 ATÉ 2020, BILIÕES DE DÓLARES [19].....	22
FIGURA 17 - PERCENTAGEM DE PESSOAS COM ACESSO À INTERNET POR CADA REGIÃO DO GLOBO, 2019 [19].....	23
FIGURA 18 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA MUNDIAL AO LONGO DOS ANOS, 1990-2019 [TWH] [31] .....	25
FIGURA 19 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PORTUGAL AO LONGO DOS ANOS, 1990-2019 [TWH] [32].....	26
FIGURA 20 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR, A NÍVEL MUNDIAL, TJ, 1990 - 2018 [33].....	26
FIGURA 21 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE, A NÍVEL MUNDIAL, 1990 - 2019 [34] .....	27
FIGURA 22 - EVOLUÇÃO DO PREÇO DA ELETRICIDADE POR AGREGADO FAMILIAR, 2008-2016, €/KWH [37] .....	28

FIGURA 23 - EVOLUÇÃO DAS QUOTAS DE FONTES DE ENERGIA EM PORTUGAL, ENTRE 2000 E 2021 [39]	29
FIGURA 24 - BALANÇO ENERGÉTICO EM PORTUGAL, DEZEMBRO DE 2021 [42]	30
FIGURA 25 - PREÇO DE MERCADO, CONSUMO DE ELETRICIDADE E GERAÇÃO RENOVÁVEL (DEZ-2019 A DEZ-2021) [42]	31
FIGURA 26 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DOMÉSTICO PER CAPITA, 1995-2015 [43]	32
FIGURA 27 - GRAU DE ESCASSEZ DE ÁGUA NA EUROPA, JUNHO 2022 [44]	33
FIGURA 28 - REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DA LIGAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	35
FIGURA 29 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO FUNCIONAMENTO DE UM COLETOR SOLAR [51]	36
FIGURA 30 - ESQUEMA SUMÁRIO DO SISTEMA BOMBA DE CALOR [52]	37
FIGURA 31 - EMISSÃO TOTAL DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA E GASES POLUENTES ENTRE 1993 E 2017 NA UE [53]	38
FIGURA 32 - EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> A NÍVEL MUNDIAL, POR FONTE, ENTRE 1990 E 2019 [54]	39
FIGURA 33 - EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> EM PORTUGAL, POR FONTE, ENTRE 1990 E 2019 [55]	40
FIGURA 34 - CLASSES ENERGÉTICAS DO CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR	44
FIGURA 35 - REPRESENTAÇÃO TEMPORAL DA DIVULGAÇÃO DA LEGISLAÇÃO	46
FIGURA 36 - EDIFÍCIO ESTUDADO [61]	47
FIGURA 37 - EDIFÍCIO OBJETO DE ESTUDO [62]	48
FIGURA 38 - <i>METRO BUILDING</i> [63]	49
FIGURA 39 - COMPOSIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA POR SETOR [63]	50
FIGURA 40 - ILUSTRAÇÃO REPRESENTATIVA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	56
FIGURA 41 - DESENHO DO R/C E DIMENSÕES	57
FIGURA 42 - DESENHO DO 1º PISO E DIMENSÕES	58
FIGURA 43 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENTRE MAIO DE 2021 E FEVEREIRO DE 2022	63
FIGURA 44 - DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO EDIFÍCIO	64
FIGURA 45 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E REPRESENTAÇÃO DA UNIDADE CONDENSADORA	66
FIGURA 46 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E REPRESENTAÇÃO DA UNIDADE DE EVAPORAÇÃO FXAQ 20 A	67
FIGURA 47 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E REPRESENTAÇÃO DA UNIDADE DE EVAPORAÇÃO FXAQ 50 A	68
FIGURA 48 - EQUIPAMENTO FTX-F 50A	69
FIGURA 49 - EQUIPAMENTO RX-F 50A	69

---

FIGURA 50 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SISTEMA <i>SPLIT</i> .....	69
FIGURA 51 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR .....	70
FIGURA 52 - LÂMPADA LLEDO LLES BASE LED IP44 .....	71
FIGURA 53 – LÂMPADA LLEDO OCTANS 8W LED .....	71
FIGURA 54 – LÂMPADA LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3 .....	72
FIGURA 55 – LÂMPADA LLEDO DOWNLIGHT LL NVL M PLH IP44 .....	72
FIGURA 56 - LÂMPADA LLEDO CASSIOPEIA LED .....	73
FIGURA 57 - COMPUTADOR UTILIZADO PELOS FUNCIONÁRIOS .....	74
FIGURA 58 - MONITOR UTILIZADO PELOS FUNCIONÁRIOS .....	75
FIGURA 59 – DETALHES TÉCNICOS DO LENOVO THINKVISION T23I-20 .....	76
FIGURA 60 - PARÂMETROS DA LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO NO SOFTWARE SCE.ER .....	81
FIGURA 61 - PARÂMETROS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO NO SOFTWARE SCE.ER .....	82
FIGURA 62 - SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO NO SOFTWARE SCE.ER .....	83
FIGURA 63 - SUMÁRIO DO RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	83
FIGURA 64 - ESPECIFICAÇÃO DA TORNEIRA THATII PE 516601 .....	84
FIGURA 65 - AREJADOR NEOPERL .....	84
FIGURA 66 - INVERSOR SELECIONADO PARA O PROJETO .....	88
FIGURA 67 - DADOS PARA O CÁLCULO DO CONSUMO ANUAL DE ÁGUA .....	90
FIGURA 68 - CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA .....	91
FIGURA 69 - PREVISÃO DO VOLUME ANUAL DE ÁGUA CONSUMIDA <i>PER CAPITA</i> .....	92
FIGURA 70 - TARIFÁRIO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA 2022 .....	93



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CONSTITUIÇÃO DA PAREDE 1 .....	59
TABELA 2 – CONSTITUIÇÃO DA PAREDE 2 .....	60
TABELA 3 – CONSTITUIÇÃO DA COBERTURA COM DESVÃO NÃO ÚTIL .....	60
TABELA 4 – CONSTITUIÇÃO DA COBERTURA COM 0,7 M DE ALTURA .....	60
TABELA 5 – CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO COM 0,38 M DE ALTURA .....	61
TABELA 6 - COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO ADAPTADO DA TABELA 3 DO DESPACHO Nº15793-K/201361	
TABELA 7 - VALORES MÁXIMOS PARA O COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS ADAPTADO DA PORTARIA N.º 138-I/2021.....	62
TABELA 8 – TABELA RESUMO DO CUMPRIMENTO DA LEGISLAÇÃO .....	62
TABELA 9 – CONSUMO MENSAL DE ENERGIA .....	63
TABELA 10 - REGISTO SEMANAL DO NÚMERO DE TRABALHADORES NO EDIFÍCIO .....	78



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Enquadramento geral .....	1
1.2	Objetivos do trabalho.....	3
1.3	Conteúdo do Dissertação .....	3
2	REVISÃO BIBILOGRÁFICA.....	7
2.1	Evolução do conceito de Sustentabilidade .....	9
2.1.1	A origem .....	9
2.2	Progressos dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	14
2.2.1	Erradicar a pobreza.....	14
2.2.2	Água potável e saneamento .....	16
2.2.3	Energias renováveis e acessíveis.....	16
2.2.4	Trabalho digno e crescimento económico.....	17
2.2.5	Indústria, inovação e infraestruturas.....	18
2.2.6	Cidades e comunidades sustentáveis .....	18
2.2.7	Produção e consumo sustentáveis .....	19
2.2.8	Ação climática .....	20
2.2.9	Proteger a vida marinha .....	21
2.2.10	Proteger a vida terrestre .....	21
2.2.11	Parcerias para a implementação dos objetivos.....	22
2.3	Energia elétrica.....	24
2.3.1	Consumo de energia .....	25
2.3.2	Produção de energia elétrica .....	27
2.4	Água .....	32
2.4.1	Consumo de água .....	33
2.5	Edifícios com necessidades quase nulas de energia – nZEB .....	34
2.5.1	Painéis fotovoltaicos.....	35

2.5.2	Painéis solares térmicos .....	36
2.5.3	Bomba de calor .....	36
2.6	Emissões poluentes.....	38
2.7	Legislação .....	41
2.7.1	Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior.....	42
2.7.2	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.....	43
2.7.3	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios .....	45
2.7.4	Legislação aplicável a edifícios.....	46
2.8	Edifícios referência.....	47
2.8.1	Realização de uma avaliação aos indicadores de desempenho de um edifício antigo convertidos em nZEB .....	47
2.8.2	De altas necessidades energéticas a nZEB: Uma reconversão de uma escola na Catalunha .	48
2.8.3	Estratégias detalhadas de eficiência energética num edifício convertido em nZEB: um caso no Pacífico Nordeste .....	49
2.8.4	Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) .....	51
2.9	Metodologia.....	52
3.1	Caraterização do edifício.....	56
3.1.1	Aspetos arquitetónicos.....	59
3.2	Consumo de energia .....	63
3.3	Equipamentos .....	65
3.3.1	Climatização.....	65
3.3.2	Iluminação .....	71
3.3.3	Outros equipamentos.....	74
3.4	Medidas de racionalização de energia a implementar .....	77
3.4.1	Diminuição de energia em período sem ocupação .....	78
3.4.2	Diminuição de energia no período noturno .....	80
3.4.3	Implementação de energia solar com recurso a painel fotovoltaico .....	81
3.4.4	Redução de consumo de água na casa de banho .....	84

---

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	87
4.1	Utilização de sensores e sincronização com ocupação de escritórios.....	87
4.2	Desligar tomadas de escritório no período noturno.....	87
4.3	Implementação de energia solar com recurso a painel fotovoltaico .....	88
4.4	Instalação de arejadores nas torneiras de casa de banho .....	90
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	97
5.1	Conclusões .....	97
5.2	Sugestões de trabalhos futuros .....	99
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
6.1	Normas .....	107
6.2	Legislação .....	107
7	ANEXOS.....	111
7.1	Anexo 1 – LLEDO LLES BASE LED IP44 .....	111
7.2	Anexo 2 – LLEDO OCTANS 82 LED .....	112
7.3	Anexo 3 – LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3 .....	113
7.4	Anexo 4 – LLEDO DOWNLIGHT L NVL M PLH IP44 .....	115
7.5	Anexo 5 – LLEDO CASSIOPEIA LED .....	116
7.6	Anexo 6 – JINKOSOLAR TIGER NEO N-TYPE 78HL4 .....	118
7.7	Anexo 7 – HUAWEI SUN2000-60KTL-M0 .....	120
7.8	Anexo 8 – RELATÓRIO SCE.ER FOTOVOLTAICO.....	122



# INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento geral
- 1.2 Objetivos do trabalho
- 1.3 Conteúdo da Dissertação



# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sustentabilidade assume cada vez mais um papel fundamental no quotidiano da sociedade, assim, é imperativo que tanto a nível individual como coletivo sejam tomadas medidas que tenham em conta a sobrevivência da seguinte geração com uma qualidade de vida aceitável. As medidas anteriores dizem respeito não só à redução do consumo de eletricidade, de água, de papel, de comida, de combustíveis fósseis, mas também, ao aumento da eficiência dos equipamentos utilizados e à utilização de recursos provenientes de fontes renováveis. Como resposta a estas necessidades cada vez mais atuais, e sendo a mudança de hábitos uma preocupação cada vez mais urgente, a comunidade científica tem mais do que nunca demonstrado a sua preocupação com aspetos ambientais e também têm sido tomadas iniciativas em prol da sustentabilidade e da sobrevivência das gerações seguintes. Assim sendo, o presente trabalho foi pensado tendo em conta o contexto atual, mas também assumindo que as medidas propostas poderão ser concretizadas de modo a obter efetivamente, uma mudança real.

É também de realçar a importância deste tipo de estudos, nomeadamente, quando se extrapola a análise feita a este edifício para o contexto nacional, considerando todos os tipos de edificações semelhantes neste território.

## 1.1 Enquadramento geral

Desde o início da humanidade que a energia tem sido uma preocupação recorrente, e desde então que a energia tem sido a única moeda de troca universal, e que quando bem trabalhada consegue que tudo seja feito [1]. Manifestações de energia são observadas desde o início do universo, e portanto, é seguro dizer que a energia estava presente antes sequer do início da civilização como Nós a conhecemos. A primeira manifestação de energia manifestada foi precisamente na origem do universo, o *big bang*, devido à constante evolução que se verificou ao longo dos tempos, foi possível chegar onde nos encontramos hoje, com energia disponível à distância de um clique e com uma dependência energética preocupante, no entanto, as constantes necessidades energéticas da sociedade estão em constante evolução. Nos primórdios da humanidade estas necessidades energéticas prendiam-se apenas com iluminação e aquecimento conseguidas a partir do fogo, a partir daí iniciou-se o desenvolvimento da agricultura e pecuária que culminou no contexto que verificamos hoje [2].

No que concerne a Portugal, atualmente verifica-se uma penetração de energia de origem renovável razoavelmente elevada, situando-se em 59,4% do total, de forma mais concreta, entre janeiro e abril de 2022 foram gerados 14 677 GWh de eletricidade em Portugal continental dos quais 8 718 GWh têm origem em energia renovável [3].

Na Figura 1 é possível verificar, de forma resumida, a evolução da produção de eletricidade entre abril de 2020 e abril de 2022.

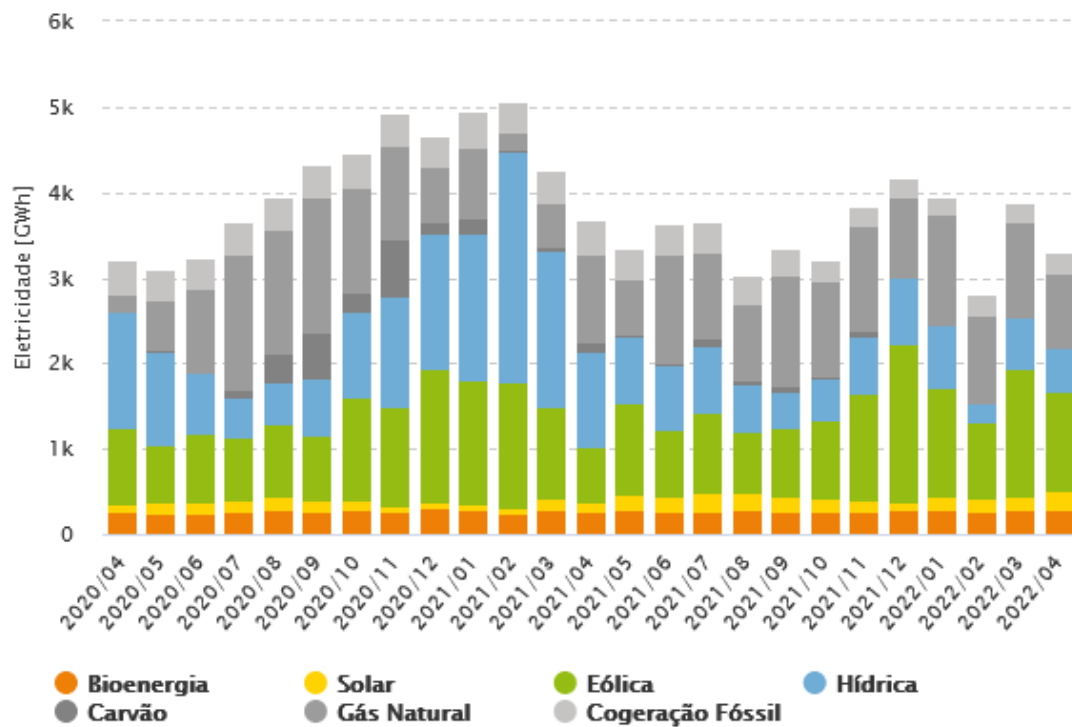


Figura 1 – Evolução da produção de eletricidade em Portugal Continental [3].

A partir da Figura 1, é possível verificar que cada vez mais há uma preocupação com a produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável e também que Portugal está no bom caminho naquilo que é todo o percurso que se deve percorrer para atingir um desenvolvimento sustentável. Apesar de este claro sinal positivo, ainda há bastante margem de manobra para implementar medidas que possibilitam o menor consumo de recursos, a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e também uma maior percentagem de energia proveniente de fontes de energia renovável em relação ao total de energia produzida.

Independentemente das questões relacionados com a componente energética, atingir o tão desejado Desenvolvimento Sustentável vai muito além destas questões, e portanto, a Organização das Nações Unidas desenvolveu um plano onde tópicos como a guerra, a pobreza, a escassez de água, e a fome são examinados exaustivamente e como resultado, dezassete objetivos foram apresentados para atingir com sucesso o desenvolvimento sustentável [4].

## 1.2 Objetivos do trabalho

Com o desenvolvimento deste trabalho espera-se obter resultados e medidas concretas que possam ser implementadas com fim a aumentar a sustentabilidade das instalações mencionadas. Assim, definiu-se como objetivo principal a redução da fatura energética do edifício, pelo que esta redução passará por sistemas mais autónomos e mais eficientes, não obstante, melhoramentos à composição do próprio edifício, nomeadamente, composição dos elementos com a envolvente exterior também poderão ser sugeridos. Outro dos aspetos que será objeto de estudo, será o consumo de outros recursos consumidos no edifício, como por exemplo água e papel.

Finalmente, será estudada a possível implementação de painéis fotovoltaicos na parte superior do edifício, de modo a permitir que haja uma simbiose entre as condições do local onde o edifício está implementado e a produção de energia de forma sustentável. Este estudo será feito tendo como base de comparação os edifícios nZEB.

## 1.3 Conteúdo do Dissertação

A presente dissertação foi estruturada em 5 capítulos. Cada um deles diz respeito a um tema específico e com características diferentes entre si.

No primeiro capítulo, o da *Introdução*, é feita uma introdução aos temas que serão abordados e também ao contexto em que se insere a dissertação. É neste capítulo que se definem os objetivos da tese e também é exposto o conteúdo da dissertação.

No seguinte capítulo, o da *Revisão bibliográfica*, uma contextualização ao panorama atual do estado da arte no que diz respeito a otimização de recursos, redução de consumos e implementação de fontes de energia renovável é realizada. Também é feita uma análise aos programas que têm sido feitos de forma recorrente pelas agências globais no que toca a atingir um desenvolvimento sustentável. Assim, de forma bastante abrangente, espera-se que uma contextualização bastante abrangente seja feita e que se atinga um ponto de partida sólido para o estudo realizado.

O terceiro capítulo, o do *Caso de estudo*, será responsável pela apresentação das infraestruturas a estudar, dos dados referentes a consumo de recursos, pelo estudo do comportamento energético do edifício e finalmente pela rentabilidade da implementação de painéis fotovoltaicos.

No quarto capítulo, o dos *Resultados e discussão*, serão expostos os resultados obtidos no capítulo anterior e serão apresentadas as alternativas e/ou soluções para os objetivos que se pretendem atingir. Uma análise de viabilidade também será feita e apresentada neste capítulo, apesar de todos os esforços para atingir a sustentabilidade, nenhum projeto fará sentido se não houver viabilidade financeira.

No quinto e último capítulo, *Conclusão*, serão apresentadas as principais conclusões do estudo e também as limitações que surgiram ao longo da análise. Sugestões de melhoria também vão ser incluídas neste capítulo.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Evolução do conceito de sustentabilidade
- 2.2 Progressos dos objetivos do desenvolvimento sustentável
- 2.3 Energia Elétrica
- 2.4 Água
- 2.5 Edifícios com necessidades quase nulas de energia – nZEB
- 2.6 Emissões
- 2.7 Legislação
- 2.8 Edifícios referência
- 2.9 Metodologia



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o aumento elevado do consumo de energia, cada vez mais observa-se uma necessidade da otimização deste importante recurso. Atualmente, a relação entre o consumo de energia, o crescimento económico e a poluição ambiental tem sido objeto de estudo de forma bastante intensa. No entanto e apesar dos estudos que têm sido feitos, as provas não têm sido conclusivas desta relação de causalidade [5]. Como resultado de todo este evidente aumento do consumo de energia, a Organização das Nações Unidas (ONU) preparou e lançou um conjunto de objetivos que visam aumentar a sustentabilidade e conseqüentemente, atingir um desenvolvimento sustentável. Este conceito de *desenvolvimento sustentável* foi apresentado pela primeira vez em 1987 no relatório *Our Common Future* cujos autores compõe a comissão de *Brundtland*. Neste relatório foi definido pela primeira vez o verdadeiro significado de desenvolvimento sustentável, aqui definido da seguinte forma:

*“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” [6]*

Este documento marcou o início do percurso que tem vindo a ser feito para concretizar um desenvolvimento sustentável. Como resultado deste acontecimento, no ano de 2000 as ONU decidiram elaborar e definir aqueles que serão conhecidos como os 8 *Millennium Development Goals* (MDGs) – Objetivos de Desenvolvimento do Milénio, estes objetivos consistem no seguinte [7]:

- Erradicar com a fome e a pobreza extrema.
- Alcançar educação primária universal.
- Promover a igualdade de género e a autonomia das mulheres.
- Reduzir a mortalidade infantil.
- Melhorar a saúde das mulheres grávidas.
- Combater a Sida, a malária e outras doenças.
- Garantir sustentabilidade ambiental.
- Estabelecer parcerias para o desenvolvimento.

Os objetivos mencionados acima, marcaram um histórico e efetivo método de mobilização global para concretizar uma série de importantes prioridades sociais [8], e além disso, foram também o ponto de partida para aquele que viriam a ser os dezassete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável [9]

É considerando todos estes objetivos, que este trabalho foi desenvolvido e portanto, ao longo do próximo capítulo será feita uma revisão bibliográfica, apoiada em artigos e documentos feito por organizações credenciadas, com a aspiração de conseguir fazer-se um enquadramento teórico a todo o desenvolvimento que se tem verificado no que diz respeito a desenvolvimento sustentável, mas também, serão introduzidos técnicas e práticas comuns evoluídas que são aplicadas atualmente em qualquer região do globo.

## 2.1 Evolução do conceito de Sustentabilidade

Para compreender a razão da importância deste termo, *sustentabilidade*, é necessário recuar alguns anos e navegar naquele que tem sido um tema bastante debatido nas últimas décadas. Este debate e discussão foi de forma célere, promovido pela ONU tanto em encontros anuais promovido pela própria, como nas mais diversas e variadas ocasiões, tendo sempre como um objetivo comum a sensibilização tanto da população como também dos principais líderes mundiais que através da implementação de leis políticas poderiam também alterar o rumo do planeta Terra.

Antes de analisar a evolução do conceito de sustentabilidade, é necessário desvendar a razão pela qual foi importante a introdução deste conceito no nosso quotidiano e por que motivos começou a ser fundamental introduzir este estilo de vida em praticamente todas as ações que são tomadas.

### 2.1.1 A origem

Foi pela primeira vez, na década de 1980, que a comunidade científica reuniu-se e decidiu analisar um tema: o futuro do nosso planeta. Assim, e após algumas conferências em volta deste tema, em 1987, *Gro Harlem Brundtland*, que chefiava a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, reuniu uma equipa de investigadores e juntos divulgaram o documento que representa o ponto de partida para as mudanças e desenvolvimentos para atingir o desenvolvimento sustentável. Este documento ficou batizado como *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), mas também é globalmente conhecido pelo Relatório *Brundtland*. Após a sua divulgação, este relatório já utilizado como referência por uma quantidade muito elevada de autores mas de acordo Pietro Lafratta, o relatório de Brundtland representa um ato fundamental para a introdução do conceito de sustentabilidade no panorama legislativo. De facto, a partir desse documento, um processo contínuo tem sido desenvolvido para a concretização da sustentabilidade como um pilar fundamental para o paradigma da ação [11].

Tendo por base este relatório, foi então que John Elkington apresentou o conceito de *Triple Bottom Line*, os 3 pilares para a sustentabilidade. É necessário entender verdadeiramente o que estes 3 pilares são e como se distinguem, de modo a responder a esta questão, Andrew Savitz contesta que os *Triple Bottom Line* (TBL) são elementos que capturam a essência da sustentabilidade através da medição do impacto que as atividades de uma organização têm no planeta Terra, incluindo o lucro, os objetivos dos acionistas e também o seu capital social, humano e ambiental. No entanto, para *Slaper e Hall*, além de saber distinguir os 3 pilares da sustentabilidade, é também fundamental e talvez mais importante ainda, saber medir estes 3 indicadores [12].

Tornando este tópico mais conciso e objetivo, é possível explorar cada um dos três pilares e numerar alguns dos tópicos que podem ser quantificados em cada um dos pilares. Assim, no que respeita às medidas económicas, é possível distinguir as seguintes variáveis:

- Vencimento pessoal
- Receita por setor que contribui para o PIB
- Distribuição de emprego por cada setor
- Progressão de emprego
- Entre outras...

Como já foi mencionado anteriormente, outros dos fatores fundamentais para a concretização da sustentabilidade depende também de medidas ambientais, como por exemplo:

- Concentração de dióxido sulfúrico
- Consumo de eletricidade
- Consumo de combustíveis fósseis
- Gestão de resíduos sólidos
- Gestão hídrica

Por último, há que considerar também os impactos sociais e as variáveis que permitem quantificar este impacto, tais como:

- Taxa de desemprego
- Pobreza relativa
- Taxa de crimes violentos *per capita*
- Vencimento média por agregado familiar
- Taxa de educação superior na população

Após 2 anos (1992), houve então a famosa Cimeira da Terra que ocorreu no Rio de Janeiro, esta cimeira teve como principal objetivo desenvolver um plano de ação para confrontar e ultrapassar a pressão cada vez maior de problemas ambientais, de saúde e sociais. Nesta conferência foi feito um acordo entre todos os países participantes, a AGENDA 21 [13]. Este acordo marca uma parceria sem precedentes a nível global com um objetivo comum: reverter a degradação ambiental do planeta [14]. Esta agenda focava-se principalmente em traçar um plano de ação para atingir um desenvolvimento sustentável, fazendo uma relação entre o ambiente e a economia. Além disso, a AGENDA 21 também incentiva cada país a refletir, tanto a nível global como local acerca de soluções que possam ajudar a resolver os problemas socioambientais cada vez mais recorrentes [15]. De forma bastante sucinta, este documento foi dividido em quatro capítulos principais:

- Dimensão social e económica
- Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento
- Reforço do papel dos principais grupos envolvidos
- Meios de implementação

No primeiro capítulo é feita uma correlação entre o aspeto social e económico, portanto, um leque vasto de temas foi analisado neste capítulo. Temas como a irradiação da pobreza, alteração do padrão de consumo, dinâmica demográfica e sustentabilidade são estudados neste capítulo do documento.

No seguinte capítulo, é possível verificar que a análise foca-se em fornecer indicações relativamente à conservação e gestão dos recursos naturais para o desenvolvimento. Mais especificamente, temas como a proteção da atmosfera, combate à deflorestação, proteção dos oceanos e conservação da diversidade biológica são estudados.

No terceiro capítulo é procurado estabelecer ações necessárias para incentivar a participação de diversas entidades, tais como Organizações Não-Governamentais (ONG's) e entidades privadas de diversos setores tais como agricultura, indústria, entre outros. Mais especificamente, temas como o papel de crianças e jovens no desenvolvimento sustentável, fortalecer o papel dos trabalhadores e sindicatos, fortalecer a função do negócio e indústria e fortalecer o papel dos agricultores são analisados no decorrer deste capítulo.

Finalmente, no capítulo quarto os principais tópicos tratados são mecanismo financeiros e instrumentos jurídicos essenciais para a implementação de projetos e programas de desenvolvimento sustentável.

Como consequência de todos estes avanços, a realização da Cimeira de Quioto em 1997 permitiu a elaboração daquele que viria a ser o primeiro documento a vincular juridicamente a proteção do clima. Apesar da notoriedade deste acordo, o mesmo não é consensual no meio científico, desta forma, o que este protocolo procurou alcançar foi o estabelecimento de metas concretas e bem definidas no que diz respeito a emissões de gases nocivos para o ambiente foi, portanto, um marco importante na caminhada que marca a sustentabilidade e na implementação daquelas que são medidas fundamentais para a proteção do meio ambiente [16].

O culminar de todos estes consecutivos avanços resultou na divulgação no ano de 2000, dos 8 Objetivos do Milénio (ODM), que se enumeram na Figura 3.



Figura 3 - Oito Objetivos do Milénio [17]

1. Acabar com a fome e a miséria – Reduzir para metade a proporção da população a receber menos de 1\$ por dia, alcançar uma taxa de 100% de emprego digno, incluindo mulheres e jovens adultos e finalmente, reduzir para metade a proporção de pessoas que sofrem com fome.
2. Educação básica de qualidade para todos – Garantir que todos os rapazes e raparigas atingem o nível mínimo de escolaridade obrigatório
3. Promover igualdade de género e valorização da mulher – Eliminar a disparidade entre género no ensino primário e secundário até 2005 e em todos os níveis do ensino até 2015.
4. Reduzir a mortalidade infantil – Reduzir a mortalidade infantil  $\frac{3}{4}$  em crianças até aos 5 anos
5. Melhorar a saúde materna – Reduzir a mortalidade materna em  $\frac{3}{4}$  e alcançar acesso universal a consultas de planeamento familiar
6. Combater a SIDA, a malária e outras doenças – Parar e reverter a propagação do vírus SIDA/HIV, alcançar até 2010 acesso universal ao tratamento a este vírus e parar e reverter a incidência de malária e outras doenças
7. Qualidade de vida e respeito ao meio ambiente – Garantir a incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas a nível nacional, reduzir a perda da biodiversidade, alcançando até 2010, uma redução significativa dessa perda. Reduzir para metade a proporção de população sem acesso a água potável e condições de saneamento básicas.
8. O mundo todo a trabalhar pelo desenvolvimento – Desenvolvimento de um sistema financeiro sem-discriminação, previsível e com regras bem definidas. Não menosprezar as necessidades especiais dos países menos desenvolvidos, países sem litoral e pequenas ilhas, lidar de forma abrangente com a dívida dos países em desenvolvimento. Por último, apostar em acordos de cooperação com empresas farmacêuticas com o objetivo de fornecer medicamentos essenciais a preços acessíveis em países em

desenvolvimento e também em cooperação com o setor privado disponibilizar os benefícios das novas tecnologias, especialmente tecnologias de informação e comunicação.

Finalmente, e após um esforço da ONU, foi possível desenvolver em 2015 por ocasião da Cimeira da ONU para o Desenvolvimento Sustentável o documento designado por Agenda 2030. Esta agenda vem combater aquilo que tem sido como uma chamada de alerta universal para a urgente luta que se tem travado contra o avanço das alterações climáticas, a pobreza e com o objetivo principal de assegurar que em 2030 toda a população disfruta de paz e prosperidade [18].

Como resultado desta cimeira, a ONU apresentou uma série de objetivos para o desenvolvimento sustentável em áreas distintas: Planeta, Paz, Prosperidade, Pessoas e Parceiras. Deste modo, 17 objetivos foram apresentados assim como 169 medidas correspondentes para serem implementadas até 2030.



Figura 4 - Os cinco pilares do desenvolvimento sustentável [20]

Tendo como base de sustento os cinco pilares da Figura 4, a ONU apresentou em 2015, *17 objetivos para o desenvolvimento sustentável* [18], estes objetivos abordam muitas das principais questões que têm sido motivo de maior preocupação tanto por parte da comunidade científica, mas também dos principais responsáveis políticos da atualidade.

## 2.2 Progressos dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Após um período conturbado onde uma crise pandémica arrasou a população mundial, impactando a vida de biliões de pessoas, a ONU elaborou um documento onde se descreve qual tem sido o progresso até hoje da implementação dos ODS. Como Guterres define [19]:

“More than a year into the global pandemic, millions of lives have been lost, the human and economic toll has been unprecedented, and recovery efforts so far have been uneven, inequitable, and insufficiently geared towards achieving sustainable development”

No enquadramento deste trabalho, irá ser realizado uma breve síntese do desenvolvimento dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável mais relevantes neste âmbito.

### 2.2.1 Erradicar a pobreza

Como seria de esperar a crise pandémica causada pela Covid-19 teve efeitos bastante nocivos naquela que era o progresso que estava a ser feito, tendo até, revertido a evolução que se estava a desenvolver. Com isto, verificou-se que com o aparecimento da pandemia, é expectável que o primeiro aumento do número de pessoas a viver na pobreza nesta geração ocorra [19]. Os dados referentes a 2021, estimam que até à data, cerca de 751 milhões de pessoas encontravam-se a sobreviver com menos de 1,90\$ por dia, ao contrário do que estava previsto para 2021 (588 milhões de pessoas). O gráfico referente aos dados apresentados, é o apresentado na Figura 5.

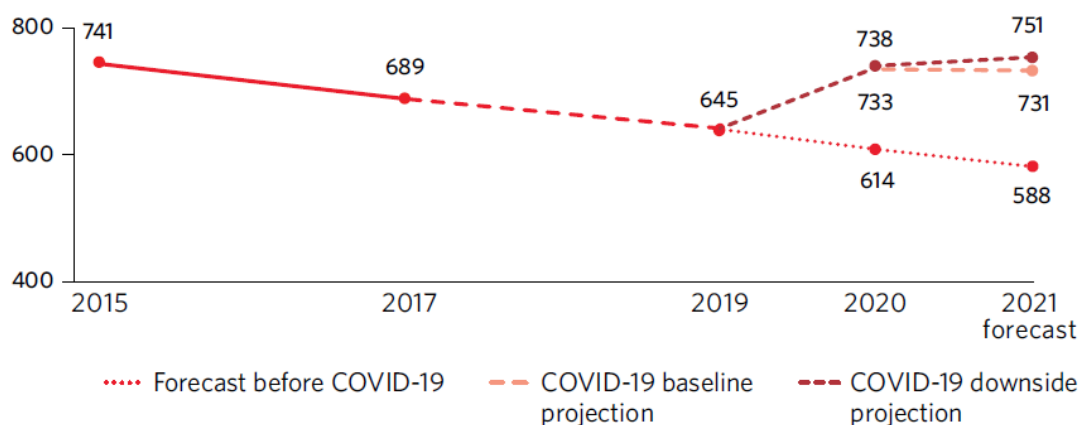


Figura 5 - Número de pessoas a sobreviver com menos de 1,90\$ por dia (milhões) [19]

Além deste sinal negativo do nível de pobreza no mundo, também se observou que a disparidade entre a classe pobre trabalhadora afeta mais a população jovem e a população feminina, isto apesar, de que entre 2010 e 2019 verificou-se uma diminuição de mais de 50% na quantidade de pessoas que trabalha e continua sem conseguir ascender no elevador social e mantém-se na classe em pobreza [19]. Na Figura 6, é possível analisar a proporção de população a viver em pobreza enquanto trabalha, nos países em desenvolvimento e no resto do mundo. Adicionalmente, também é possível filtrar esta informação tendo em conta a faixa etária e o sexo.

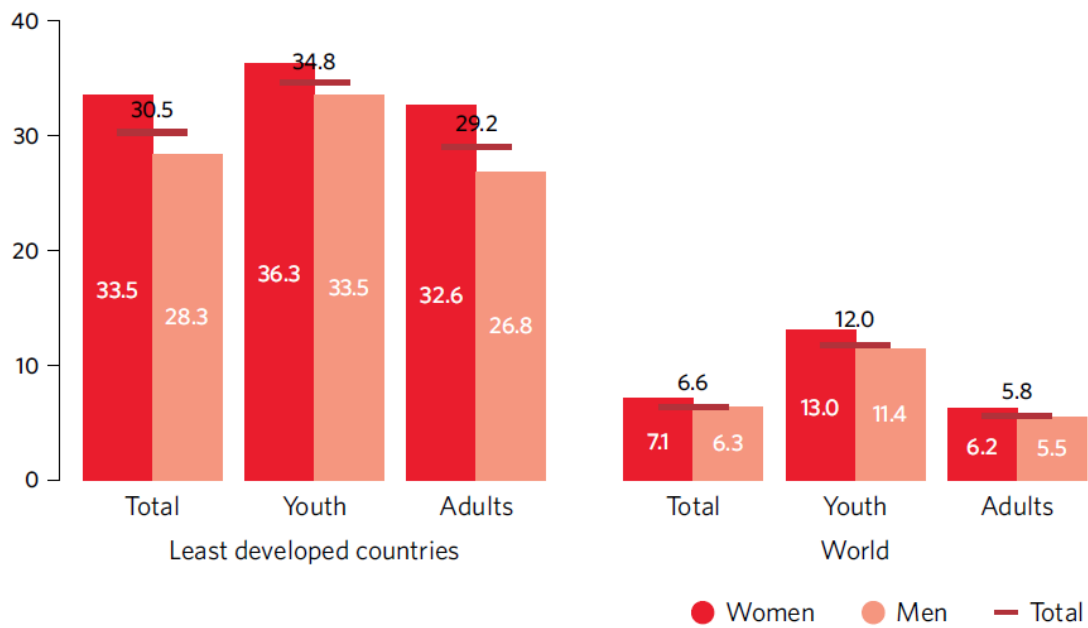


Figura 6 - Proporção de população empregada a viver com menos de 1,90\$ por dia, 2019 (%) [19]

### 2.2.2 Água potável e saneamento

Apesar de para nós, cidadãos de um país europeu desenvolvido, a água potável ser um dado adquirido, hoje em dia ainda há bilhões de pessoas sem acesso a água potável e instalações sanitárias. No último século, a utilização de água tem aumentado a um ritmo superior a duas vezes a taxa de crescimento da população, além disso, muitas fontes de água estão a secar e cada vez mais os países estão a sofrer com o preocupante aumento dos períodos de seca [19].

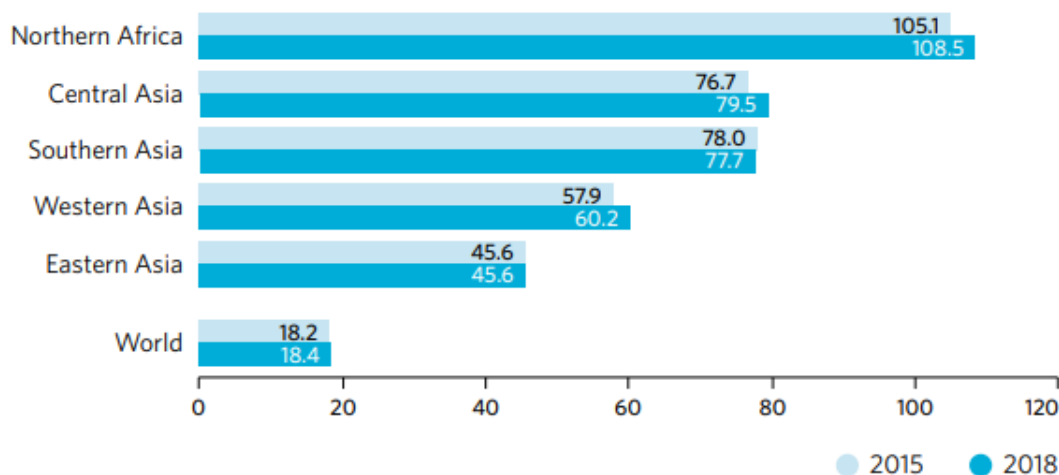


Figura 7 - Taxa de escassez de água, de acordo com a região do globo, 2015 e 2018 (%) [19]

### 2.2.3 Energias renováveis e acessíveis

Ao longo da última década, o acesso à eletricidade expandiu e consequentemente a percentagem de energia com origem em fonte renovável em relação à energia produzida total, tem aumentado, assim como a eficiência energética. Mesmo assim, milhões de pessoas continuam sem acesso a eletricidade, e um terço da população mundial continua sem acesso a condições energéticas para cozinhar e também sem acesso a tecnologia [19]. No entanto, há que considerar também que com a crise energética que se tem instalado e com os preços dos combustíveis fósseis a aumentar, aumentou a margem de manobra para os governos incentivarem e subsidiarem fontes de energia limpa.

Apesar de ter havido uma evolução positiva, com cerca de 90% da população mundial ter acesso à eletricidade, atualmente, 1,1 bilhões de pessoas ainda continuam sem acesso a eletricidade o que é preocupante.

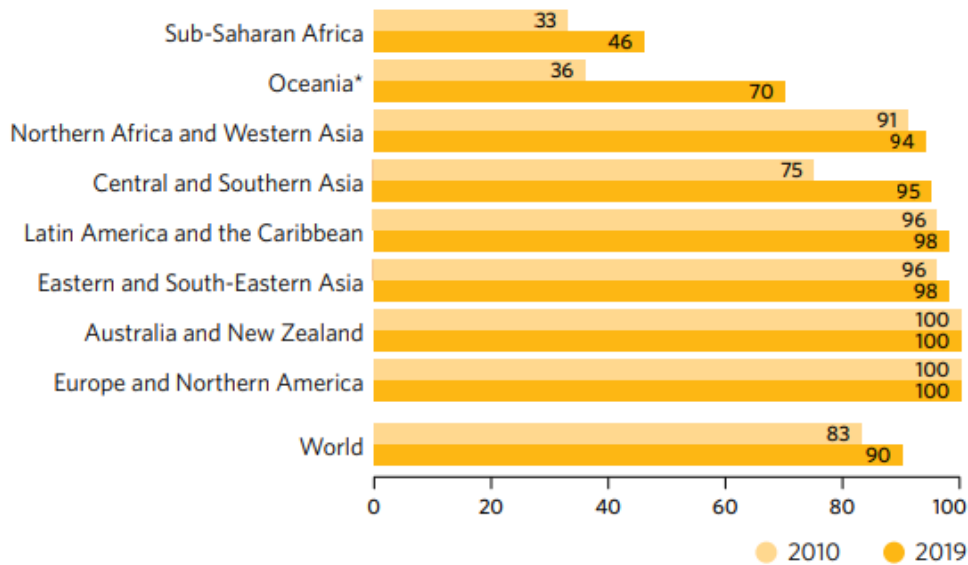


Figura 8 - Proporção de população com acesso a eletricidade, 2010 e 2019 (%) [19]

No entanto, apesar da evolução positiva, estima-se que a este ritmo, em 2030 cerca de um terço da população ainda continuará a utilizar sistema de cozinha perigosos e ineficientes [19].

#### 2.2.4 Trabalho digno e crescimento económico

O crescimento económico subiu em média 2% desde 2014 até 2018, no entanto, com o aparecimento da pandemia, é esperado que este crescimento económico seja revertido drasticamente, e mantém-se na incógnita o período necessário para recuperar de tais danos [19].

O Covid-19, teve impactos muito relevantes no panorama mundial, e verificou-se que os jovens e mulheres foram o grupo mais afetado, conforme se verifica na Figura 9.

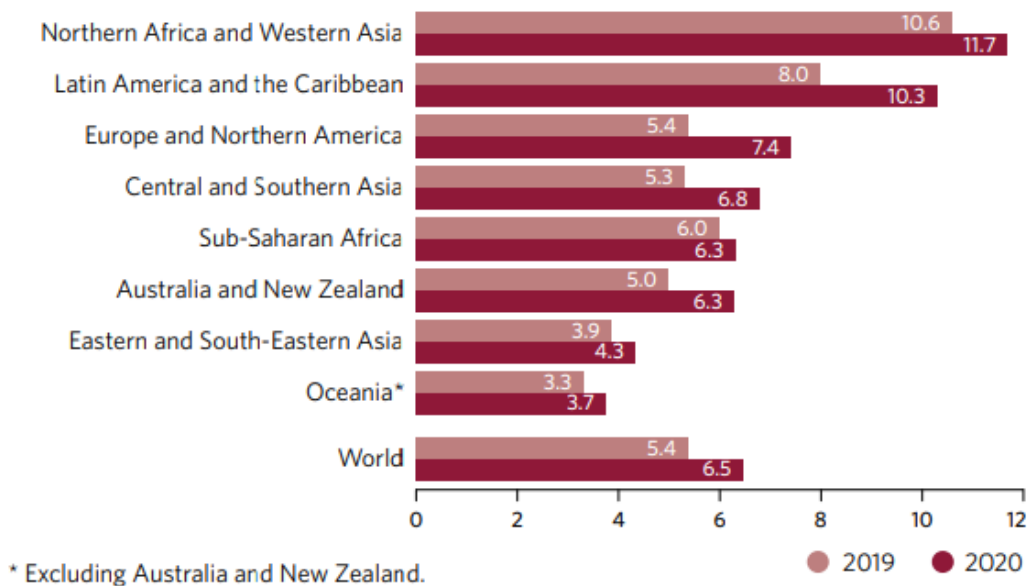


Figura 9 - Taxa de desemprego, 2019 e 2020 (%) [19]

### 2.2.5 Indústria, inovação e infraestruturas

Como também seria de esperar, o ramo da construção foi um dos setores que mais sofreu com a surgimento da pandemia atual, com efeitos superiores ao da crise económica de 2007-2009. No total, a percentagem de pessoas empregadas neste setor desceu cerca de 8,1% desde o início de 2020 até ao penúltimo trimestre de 2020. Além do setor da produção, outro setor que também sofreu um grande revés foi o setor da aviação, naturalmente que com os confinamentos sucessivos, o número de passageiros a viajar através de avião, diminuiu drasticamente, como mostra a Figura 10.

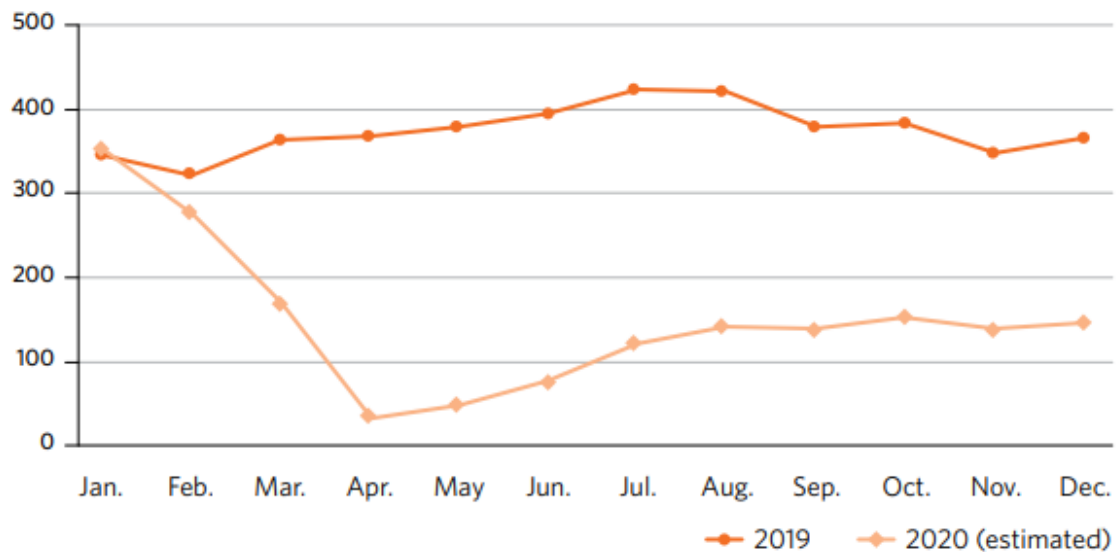


Figura 10 - Número de passageiros a viajar por via aérea (milhões) [19]

No entanto, apesar destes sinais negativos, é claro que, para se atingir o objetivo 9 os fatores chaves são [19]:

- Industrialização
- Melhorar as infraestruturas
- Promover a inovação industrial
- Aumentar o investimento em pesquisa e desenvolvimento

### 2.2.6 Cidades e comunidades sustentáveis

O surgimento da pandemia, atraiu atenções para a necessidade de redes de transporte público seguro, acessível e de confiança. O mau planeamento e gestão da urbanização traduz-se numa desconectada relação entre a rede de infraestruturas/concentração habitacional e a rede urbana e as lacunas nos sistemas de transporte de confiança [19]. O caminho para cidades e comunidades sustentáveis passa também por ter um acesso próximo aos transportes públicos. No gráfico da Figura 11, é possível verificar a proporção de população com acesso útil a uma rede de transportes públicos.

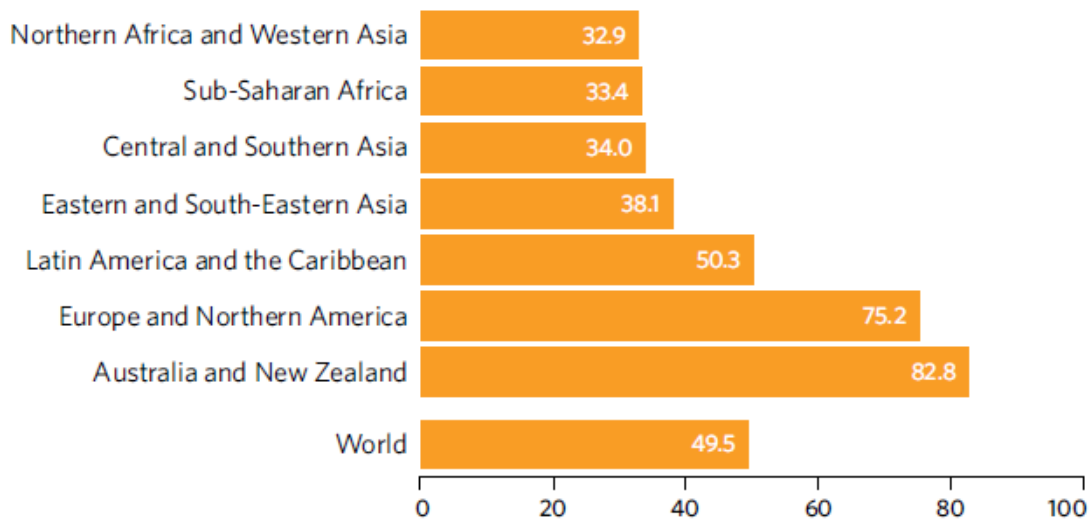


Figura 11 - Proporção de população urbana com acesso conveniente a uma rede de transportes públicos, em 2019, % [19]

### 2.2.7 Produção e consumo sustentáveis

O constante crescimento populacional em conjunto com o uso pouco sustentável de recursos naturais, está a ter consequências graves para a saúde do planeta Terra. De acordo com os dados fornecidos pela ONU, 1 milhão de garrafas de plástico são vendidas a cada minuto [19], e se a tendência continuar neste rumo os resultados que se avizinham não são animadores e os consumos de material doméstico atuais são cada vez menos sustentáveis, a Figura 12 mostra a evolução deste consumo.

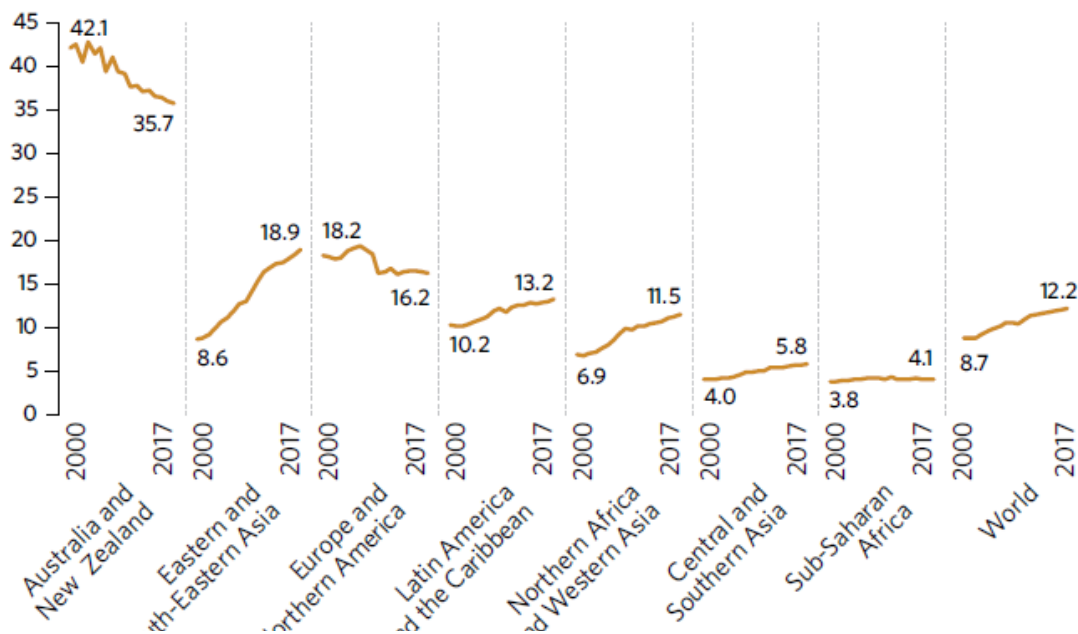


Figura 12 - Consumo de material doméstico per capita, 2000 a 2017 (toneladas per capita) [19]

### 2.2.8 Ação climática

Apesar do abrandamento da economia devido à pandemia, a crise climática continua inabalável. No entanto, a redução temporária da atividade humana resultou numa quebra grande das emissões de gases poluentes, observável na Figura 13, é notório que a pandemia veio a demonstrar de forma clara a vulnerabilidade da humanidade.

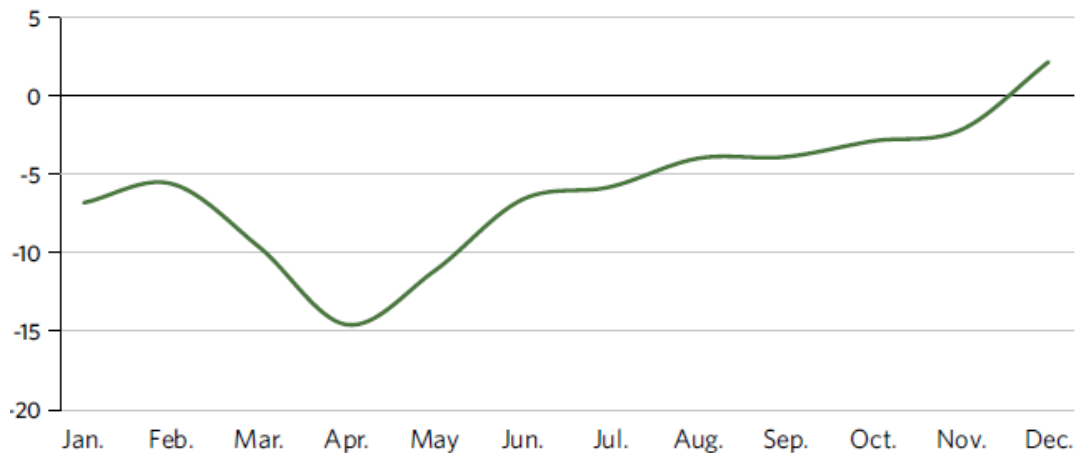


Figura 13 - Evolução mensal comparativa entre 2020 e 2019 (%) [19]

O gráfico da Figura 14 mostra a evolução da concentração de dióxido de carbono desde o ano de 1959 até 2020, em parte por milhão (ppm) [19].

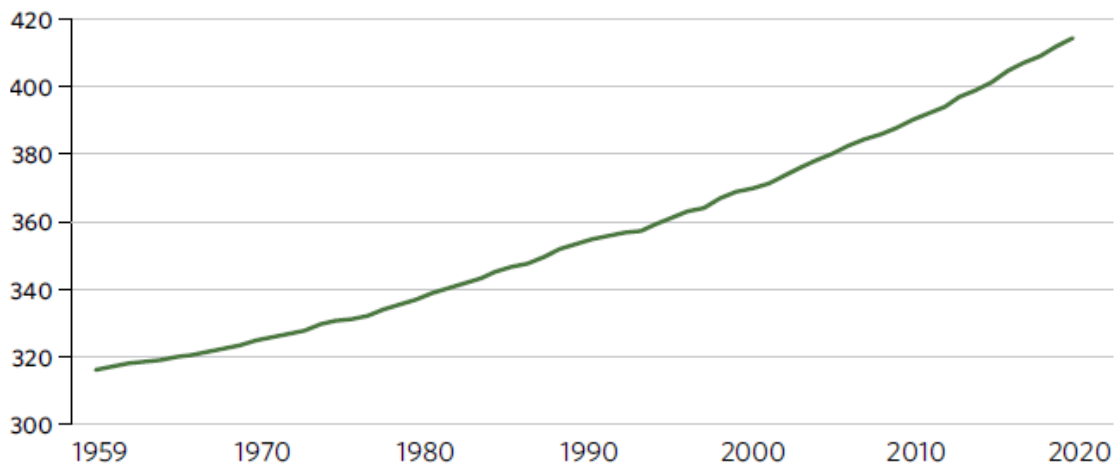


Figura 14 - Concentração de dióxido de carbono na atmosfera, 1959 – 2020 [19]

### 2.2.9 Proteger a vida marinha

Um dos meios-ambientes mais ameaçados atualmente, é precisamente o meio aquático, mais especificamente a vida marinha. Em 2022, a ONU organizou pela primeira vez a conferência dos Oceanos em Lisboa, onde se procurou apresentar algumas soluções para aqueles que têm vindo a ser os principais problemas no que diz respeito ao meio aquático.

Um desses problemas que se tem verificado atualmente, está relacionado com o aumento do número cada vez mais elevado de zonas mortas nas regiões de costa marítima. Estas zonas mortas, implicam a morte de peixes, algas, recifes de coral e qualquer tipo de habitat que possa existir, este processo tem de ser revertido e há que baixar significativamente este número [19].

Como foi referido acima, a ONU considera que a implementação de instrumentos internacionais para reverter e monitorizar o consumo responsável dos recursos aquáticos é cada vez mais fundamental. Por último, é gritante a diferença que se verifica nos esforços económicos realizados para investigação marítima em comparação com a contribuição para a economia global através dos oceanos.

### 2.2.10 Proteger a vida terrestre

Na Figura 15, no levantamento realizado pela UICN verificou-se que mais de ¼ das espécies estudadas por este organismo, encontra-se ameaçada.

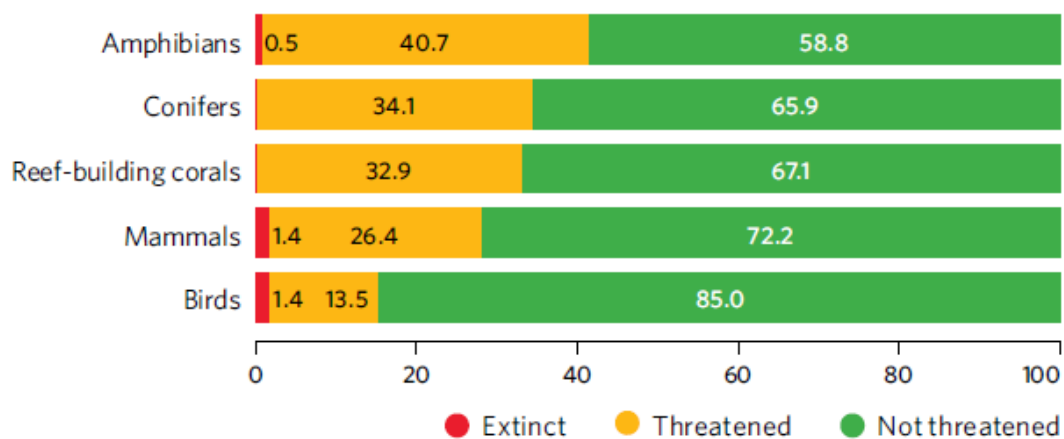


Figura 15 - Estimativa aproximada da proporção de espécies ameaçadas ou extinta, 2021, % [19]

Apesar deste alarmante indicador, o progresso para salvaguardar a biodiversidade em áreas fundamentais para a sustentabilidade ambiental está a estagnar e apesar do esforço que se tem realizado para uma eficaz gestão florestal, o que se tem verificado ao longo dos anos é um aumento alarmante na perda de área florestal, em maior parte as regiões do globo.

### 2.2.11 Parcerias para a implementação dos objetivos

A pandemia veio a provar que apesar dos imensos aspetos negativos que foram evidenciados durante todo este período, também houve alguns fatores a serem impulsionados pela mesma. Por exemplo, a Assistência Oficial ao Desenvolvimento ((AOD) - conceito utilizado para quantificar o fluxo de ajuda internacional [19]) atingiu um máximo histórico. Na Figura 16 é possível verificar o valor líquidos que este indicador atingiu desde 2010 até 2020 [19].

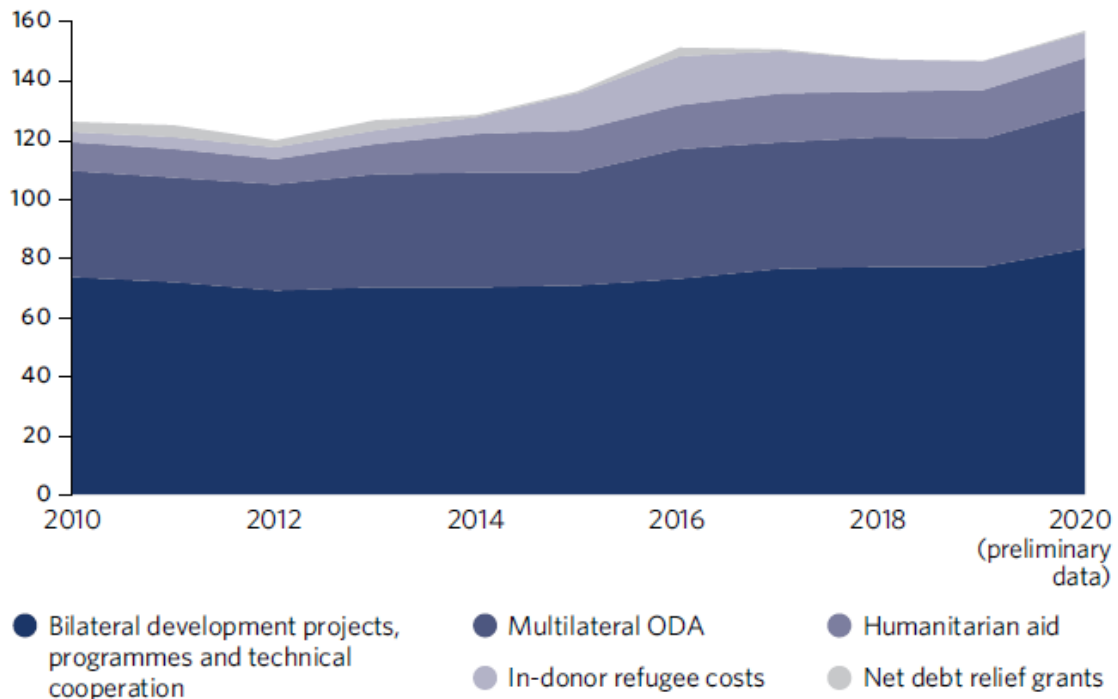


Figura 16 - Diferentes componentes que compõem o fluxo monetário da AOD, 2010 até 2020, bilhões de dólares [19]

Um dos elementos essenciais para o bom desenvolvimento destas parcerias, prende-se obviamente com a facilidade com que as organizações/indivíduos conseguem conectar-se à internet. Na Figura 17 observa-se a percentagem de pessoas que conseguem aceder à internet por região do globo, apesar de todos os esforços feitos nos últimos anos, os valores são surpreendentemente baixos.

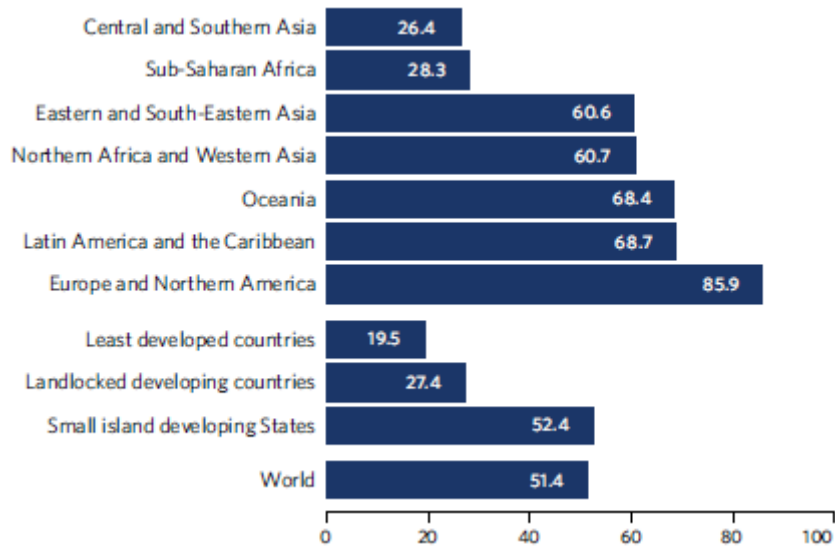


Figura 17 - Percentagem de pessoas com acesso à internet por cada região do globo, 2019 [19]

### 2.3 Energia elétrica

Como se tem vindo a provar ao longo da história, a introdução de eletricidade no dia a dia da população teve como objetivo principal aumentar o bem-estar dos humanos simultaneamente promovendo a prestação de serviços que promovem o crescimento económico e o desenvolvimento social enquanto se minimiza o impacto ambiental e custos de saúde [22]. Atualmente, é consensual a importância que a eletricidade tem nas nossas vidas, e portanto, a energia é essencial no que diz respeito a alcançar os tão desejados objetivos do desenvolvimento sustentável [23].

O acesso a serviços energéticos reflete a disponibilidade física da energia através das infraestruturas necessárias e posição geográfica, assim como a sua acessibilidade financeira, no seguimento deste raciocínio, a conexão entre a falta de serviços energéticos e a pobreza, falta de oportunidades para o sexo feminino e a degradação do ambiente é inevitável [24].

Um dos contrassensos da implementação de energia com energia com fonte renovável prende-se efetivamente com o custo que esta apresenta em relação às alternativas. Se as energias com fonte renovável não apresentarem um custo competitivo em relação ao resto das energias, esta transição será tentada em vão [25]. Em 2022, como consequência tanto dos efeitos nocivos da pandemia, mas também da guerra entre a Ucrânia e a Rússia, a inflação foi levada para valores incomuns, o que levanta também a importância de cada vez mais haver energia a um preço acessível globalmente [26]. Através da informação transmitida diariamente nas notícias, é possível aferir que politicamente, tem havido um esforço para o incentivo do consumo de energia proveniente de fontes renováveis, e várias ações têm sido feitas nesse sentido, tais como: correção do preço da energia no mercado, fornecer financiamento para alternativas inovadoras e também patrocinando investigação nessa área. Apesar destes esforços contínuos, os combustíveis fósseis têm continuado a ser a opção preferida, não obstante, a energia renovável tem evoluído de forma bastante positiva e cada vez é menor a diferença do custo entre as duas fontes de energia [27]. Esta transição rumo ao fornecimento sustentável de energia tem sido um desafio, e tem realçado muitas das dificuldades sentidas para atingir o objetivo, estas dificuldades passam pela mudança sistémica intrínseca e o desenvolvimento de infraestruturas necessárias para alcançar todos estes desafios de fontes de energia renovável [28].

### 2.3.1 Consumo de energia

Numa tentativa de demonstrar aquela que tem sido a evolução do consumo de eletricidade, vários autores têm tentado registar a evolução e de alguma forma, justificar a variação da produção de eletricidade. Atualmente, a maior importância neste âmbito não é tanto a dimensão, mas sim a taxa de crescimento da taxa de consumo de energia, vários estudos realizados ao longo dos últimos tempos indicam que é esta taxa de consumo que está/vai causar a grande perturbação o balanço térmico do planeta e consequentemente levar a uma catástrofe climática [29].

Um dos principais contribuidores para este aumento notório do consumo de energia tem sido a China, que desde 2012 vem a demonstrar o maior crescimento em relação aos restantes países – principalmente devido à forte exigência industrial, e o aumento do consumo de combustível no sector dos transportes. Em sentido contrário, a União Europeia (EU) demonstrou que é possível contrariar esta tendência e diminuiu em cerca de 1% o consumo da energia (a Alemanha destacou-se com uma redução de 3,5%), isto é devido a um inverno menos severo, às campanhas de sensibilização para a redução do consumo e também devido ao aumento da eficiência energética dos equipamentos utilizados [30].

Através dos dados publicados pela *Internacional Energy Agency* (IEA) é possível verificar a tendência que se tem verificado nos últimos anos, com o consumo de energia elétrica a atingir novos máximos todos os anos. Os dados mais antigos publicados correspondem ao ano de 1990 onde se registou um consumo de cerca de 10 897 TWh, por outro lado, nos registos mais recentes (2019), verificou-se um consumo de 25 027 TWh, o que indica que em 29 anos o consumo de eletricidade aumentou aproximadamente 2,5 vezes, conforme mostra a Figura 18.

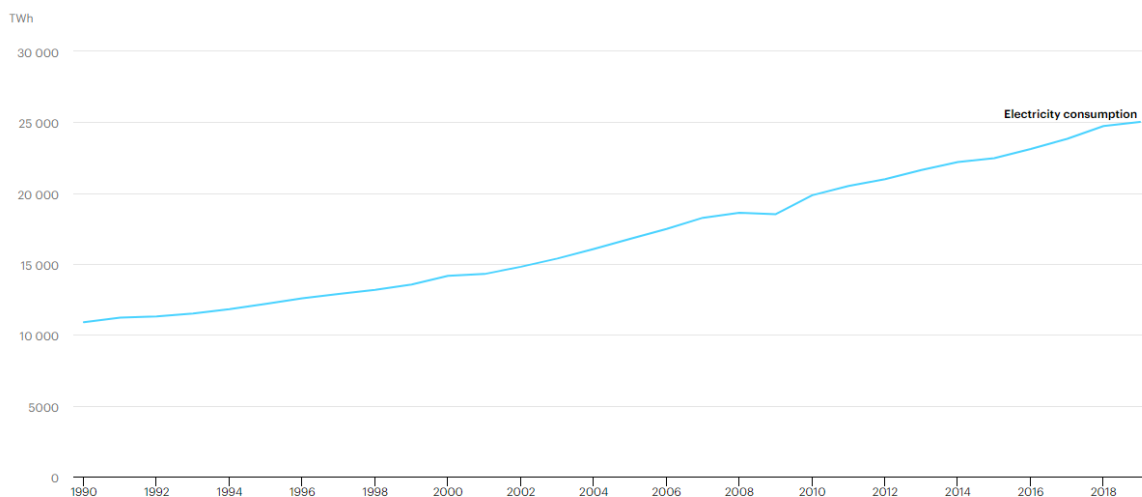


Figura 18 - Consumo de energia elétrica mundial ao longo dos anos, 1990-2019 [TWh] [31]

De forma mais específica, dados sobre o consumo de energia elétrica em Portugal também estão disponíveis, apesar do aumento significativo do consumo de eletricidade no início da década de 90 até 2008, a partir de 2008 os números têm-se revelado bastante constantes, na ordem dos 50 TWh, revelando igualmente, que desde 2018 a tendência tem sido no sentido descendente, a Figura 19 mostra essa evolução.

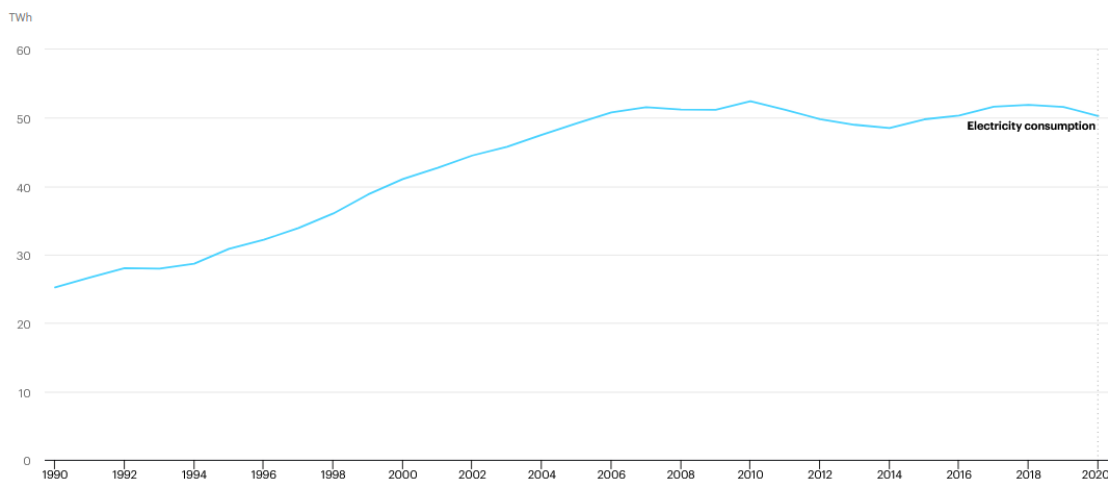


Figura 19 - Consumo de energia elétrica em Portugal ao longo dos anos, 1990-2019 [TWh] [32]

De forma a determinar em que setores é possível diminuir o consumo de energia elétrica, é necessário aferir quais são os setores que mais consomem eletricidade e qual a dimensão deste consumo, para isso a IEA estudou o consumo de eletricidade por cada setor e facilmente se observa que a indústria é o setor que se destaca no pódio dos maiores consumidores a nível mundial com cerca de 35 000 000 TJ consumidos, o setor residencial por sua vez, consome menos 40% daquilo que a indústria consome, totalizando cerca de 21 000 000 TJ. Em terceiro lugar, o comércio e os serviços públicos apresentam um consumo de aproximadamente 17 500 000 TJ.

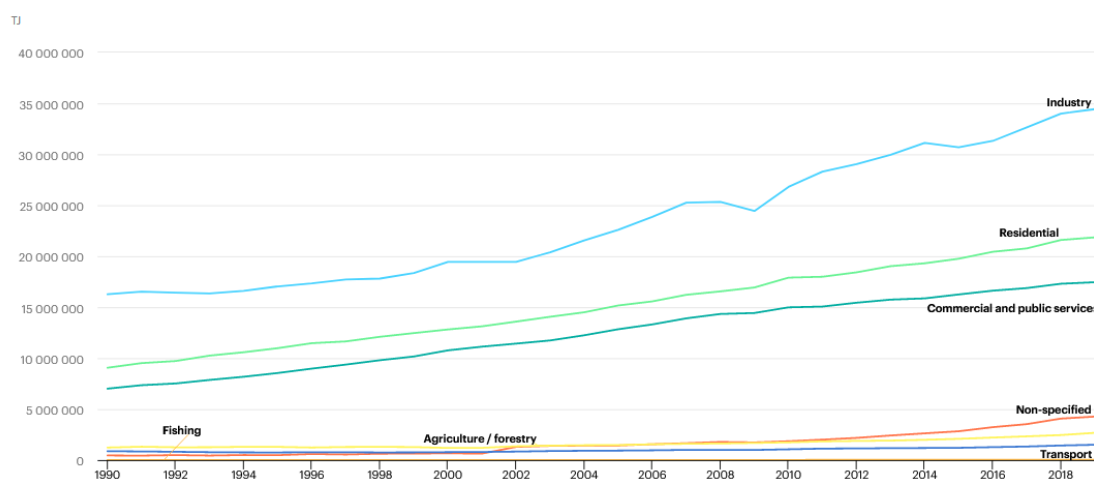


Figura 20 - Consumo de energia elétrica por setor, a nível mundial, TJ, 1990 - 2018 [33]

A mudança mais significativa no panorama do consumo de energia elétrica tem origem nos países asiáticos, nomeadamente, a China que sozinha contribuiu para sensivelmente metade do aumento do consumo de eletricidade registado, justificado pelo aumento exponencial do desenvolvimento interno a pelo aumento da capacidade de produção, seguem-se o Japão e a Índia como países que mais contribuíram para este aumento [34]

### 2.3.2 Produção de energia elétrica

Numa altura em que tanto se debate a questão do aumento da proporção da energia com origem em fonte renovável, em relação ao total de energia produzida, de pouco serve este discurso caso os resultados práticos não surjam, assim, a IEA resolveu analisar este tópico e reunir os dados necessários para tirar conclusões sustentadas em factos concretos. Assim sendo, apesar das medidas concretas para reduzir a produção de energia através da combustão do carvão, este continua a fonte de energia mais utilizada mundialmente – aproximadamente 10 000 000 GWh, tendo registado um aumento muito significativo a partir da década de 90. Em segundo lugar, apresenta-se outra fonte de energia não renovável que é o gás natural, este combustível fóssil é responsável por cerca de 6 350 000 GWh de produção de energia. A fonte que ocupa o terceiro lugar nesta classificação, é uma energia de fonte renovável, que é a energia hídrica, que produz cerca de 4 350 000 GWh de energia.

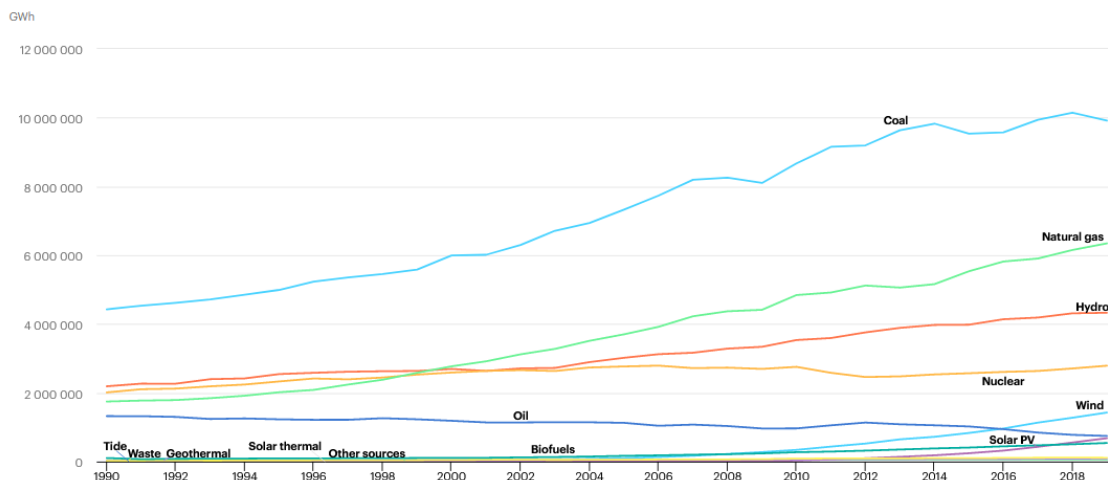


Figura 21 - Produção de energia elétrica por fonte, a nível mundial, 1990 - 2019 [34]

Uma análise igualmente interessante será verificar qual tem sido a evolução do preço da energia elétrica ao longo do tempo. Tendo em conta que o consumo de energia elétrica tem sido cada vez maior e adicionalmente entender qual o efeito do aumento da introdução das energias renováveis no preço da eletricidade e se houve um efeito positivo. Na Figura 22 apresenta-se a evolução do preço médio de energia ao longo do tempo.

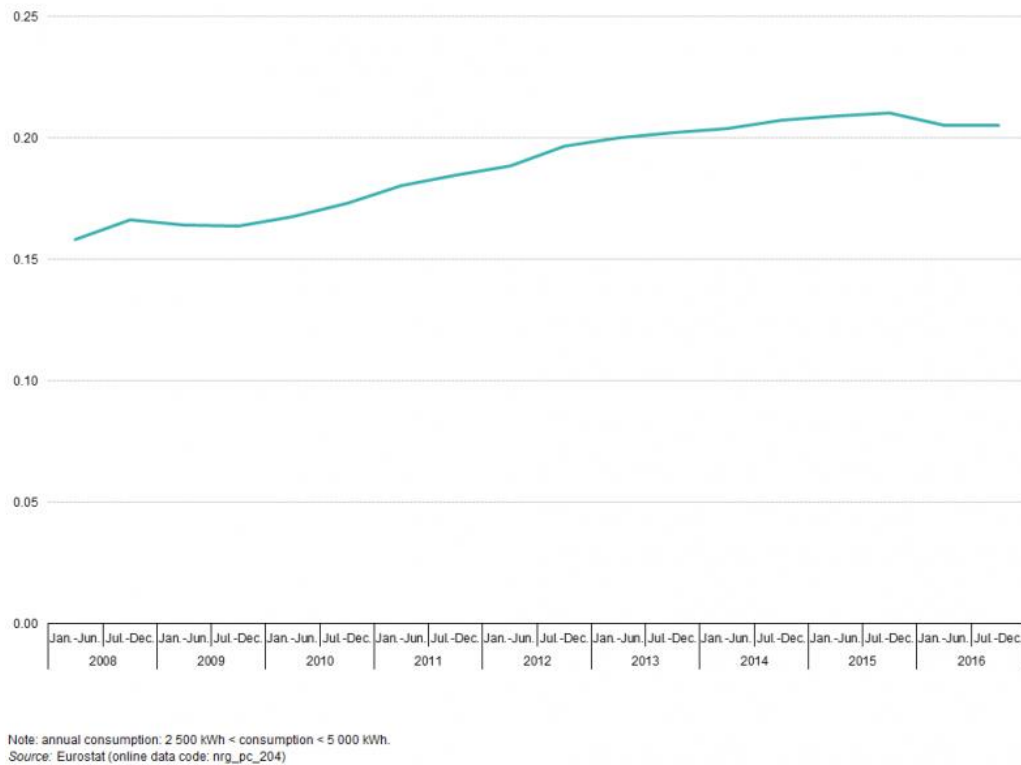


Figura 22 - Evolução do preço da eletricidade por agregado familiar, 2008-2016, €/kWh [37]

A quota dos impactos da alteração climática recente tem tido impactos no custo da energia, e estima-se que este custo aumentou cerca de 27% desde o início do discurso sobre a mudança de paradigma em relação ao clima, e estima-se que esta tendência continue e, portanto, espera-se que o custo de energia continue a aumentar [36].

Paralelamente, o modelo de mercado atual, com grande capacidade de produção renovável acaba por gerar incertezas, quanto à sua sustentabilidade, tanto para os consumidores como para os produtores, o grau de imprevisibilidade destas tecnologias acaba por também afetar o mercado atual. O esforço para o investimento em produção renovável tem de ser considerado neste âmbito, e calcula-se que este esforço de investimento tem efetivamente um efeito na redução do preço da eletricidade, mas este apenas cobre 20% dos custos de investimento totais [38].

Em Portugal, nos últimos anos tem-se verificado um claro investimento na energia a partir de fontes de energia renovável.

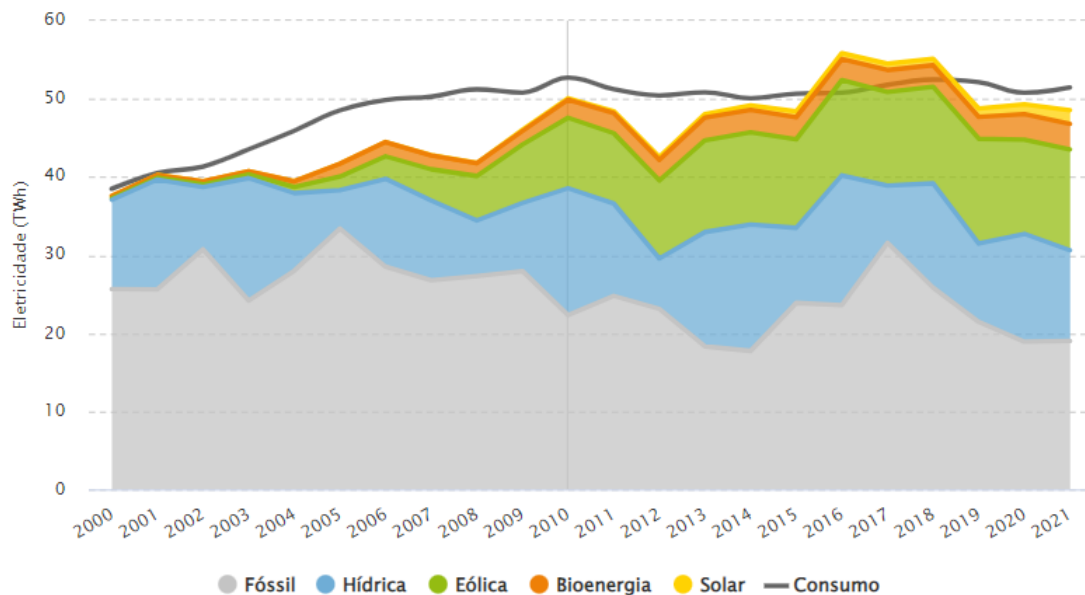


Figura 23 - Evolução das quotas de fontes de energia em Portugal, entre 2000 e 2021 [39]

Como se observa na Figura 23, já no longínquo ano de 2000, a energia hídrica já apresentava valores interessantes para a altura, sendo as barragens responsáveis por essa produção – que se manteve bastante regular ao longo dos anos em termos quantitativos. A partir do ano de 2004, novas fontes de energia renovável foram surgindo, e desde então houve um claro destaque para a energia eólica no decorrer dos anos, e apesar deste crescimento acentuado na primeira década do séc. XXI, o potencial eólico está longe de se esgotar e o potencial da energia eólica ainda pode continuar a evoluir positivamente [40].

Em relação ao que se pode esperar no futuro, a energia solar é um excelente candidato para ser a energia mais debatida nos próximos tempos. Portugal pelas condições atmosféricas que apresenta, é um país que tem uma grande aptidão para receber instalações solares fotovoltaicas/térmicas devido à sua média anual de incidência solar, no entanto, o investimento neste tipo de tecnologias também terá de aumentar [41].

Com os dados reunidos pela APREN em dezembro de 2021, é possível analisar de forma bastante concisa o panorama de Portugal no que diz respeito ao balanço energético.

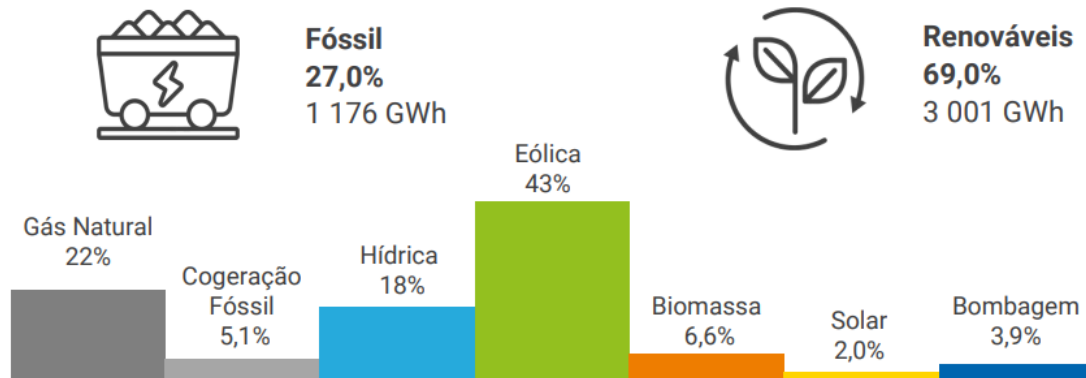


Figura 24 - Balanço energético em Portugal, dezembro de 2021 [42]

Através da análise à Figura 24, é interessante verificar que conseguiu-se atingir números impressionantes no que toca à produção de energia:

- 69% da energia produzida teve origem renovável
- Energia eólica foi responsável por 43% de energia
- 0% de energia gerada através de carvão
- Energia solar com apenas 2% - justificável pela estação no ano em que se realizou o estudo
- 4 177 GWh de energia produzidos durante o mês de dezembro

Por último, analisar-se-á o efeito deste *mix* energético no que diz respeito aos preços da eletricidade.

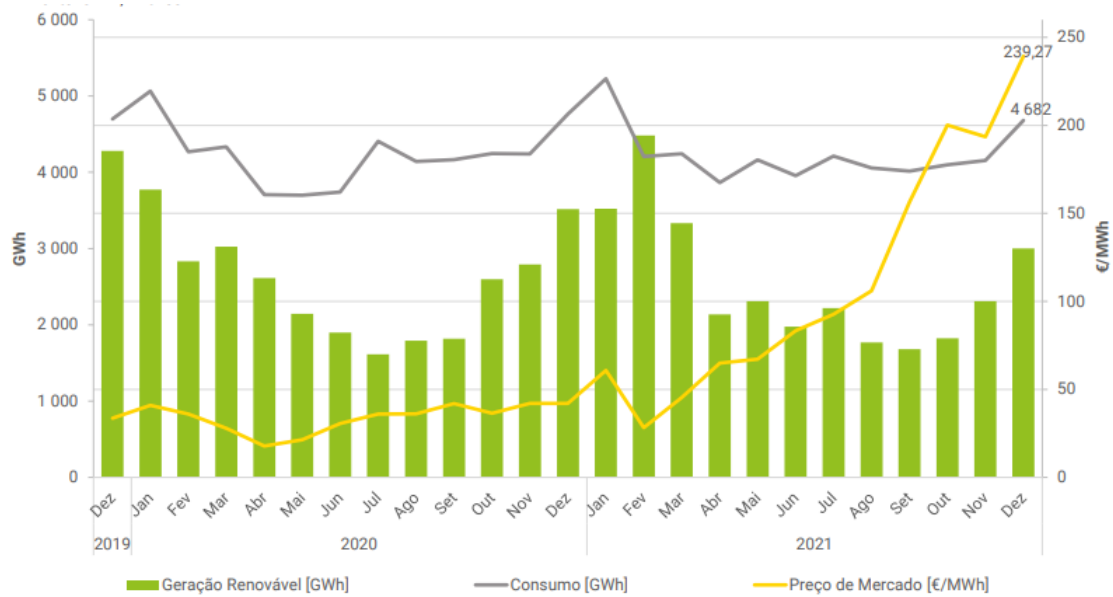


Figura 25 - Preço de mercado, consumo de eletricidade e geração renovável (dez-2019 a dez-2021) [42]

A Figura 25, apresenta uma exposição interessante da evolução do preço da eletricidade em relação ao consumo e à geração renovável. Como se pode verificar, a geração renovável depende muito da estação do ano, e acaba por ter uma maior incidência nos meses de Inverno, com a evolução da tecnologia utilizada nos painéis fotovoltaicos, será interessante acompanhar a evolução da geração renovável nos meses de verão nos próximos anos. A nível de preço de mercado, verifica-se que no ano de 2021 houve uma evolução tremenda no valor registado: em janeiro de 2021 o preço estabelecia-se, aproximadamente em 60 €/MWh e em Dezembro do mesmo ano, o valor era de 239,27 €/MWh, um aumento estrondoso de 400%.

## 2.4 Água

Durante grande parte do século 20, a gestão do recurso hídrico teve pouca atenção. Os responsáveis por este planeamento simplesmente calculavam o consumo previsto multiplicando o uso previsto *per capita* pelo total de população [43].

Apesar disto, em países como Alemanha, Dinamarca, Estónia e Espanha desde 1995 que a tendência tem sido decrescente, estes números podem ser explicados não só pela implementação de políticas de utilização racional de água, mas também pela crescente eficiência dos equipamentos e componentes utilizadas, como se verifica a partir da Figura 26.

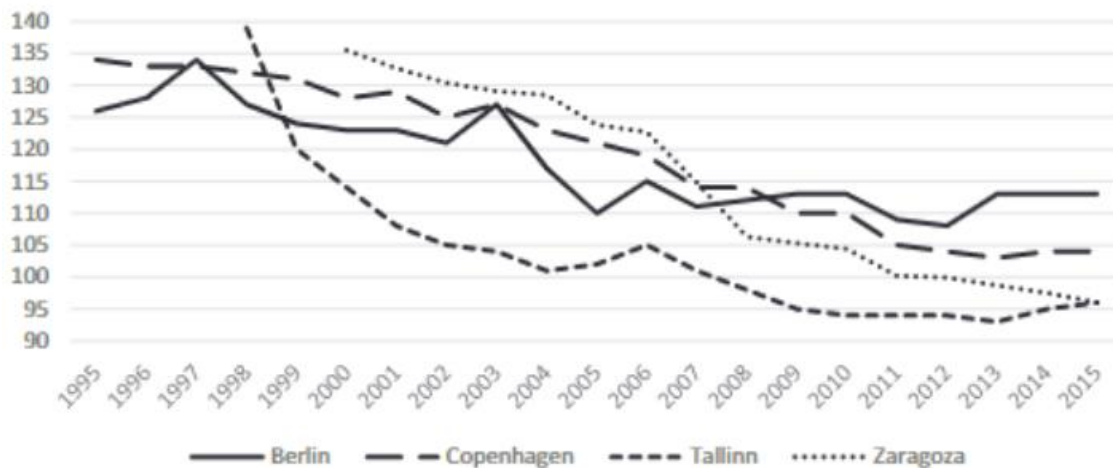


Figura 26 - Evolução do consumo de água doméstico per capita, 1995-2015 [43]

Principalmente nos meses de verão, tem-se verificado um nível alarmante do índice de seca na Europa, o EDO (European Drought Observatory) regularmente publica relatórios onde se estuda o ponto de situação em geral na Europa. Analisando a Figura 27 é possível aferir a escassez de água que se verifica na europa.

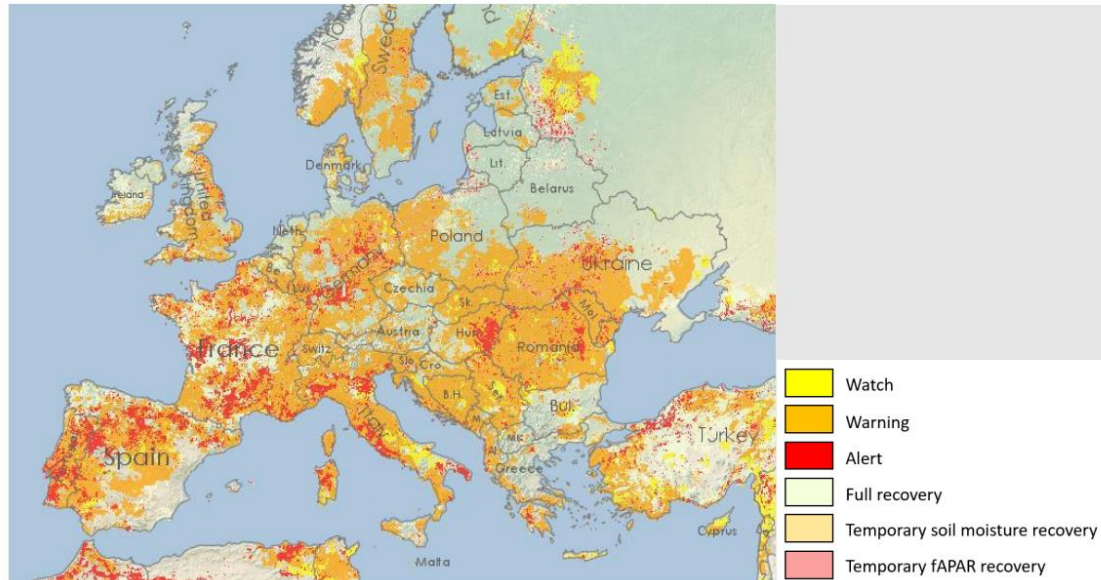


Figura 27 - Grau de escassez de água na Europa, junho 2022 [44]

Segundo este mesmo relatório, em Portugal, os reservatórios de água estão a metade da capacidade que se tem verificado em média nos últimos 7 anos, o que faz sem dúvida soar os alarmes nesta região [44]. As previsões, no entanto, também não são animadoras e espera-se que a vulnerabilidade à seca aumente. É fundamental, portanto, que se preze por uma boa gestão de recursos hídricos que irão permitir que no futuro haja uma melhor adaptação aos futuros eventos de seca [45].

#### 2.4.1 Consumo de água

Em março de 2020 a Fundação Calouste Gulbenkian (FCG) resolveu também mergulhar neste imenso problema que tem sido a gestão do recurso hídrico. Neste extenso e complexo estudo, a FCG definiu as 10 ideias chave como sendo as seguintes [46]:

1. Temos de nos preparar para cenários de escassez nas próximas duas décadas
2. Medir: um desafio crítico para se ser eficiente
3. Diferentes perfis de agricultores necessitam de diferentes abordagens de mobilização
4. Adoção de novas tecnologias exige capacitação e partilha de experiências
5. Grande Distribuição e Indústria Agroalimentar: criar standards como indutor de mudança
6. A maioria dos portugueses é ainda pouco consciente e consequente no uso da água
7. Dar o exemplo e partilhar referências de consumo responsável: despertadores para mudar comportamentos
8. Nas escolhas alimentares, o uso da água não é ainda um critério

9. Destacar a água no compromisso pela sustentabilidade é o desafio que se coloca à alimentação
10. Os Media têm um papel essencial no despertar de consciências: são precisas novas histórias

Apesar de tudo isto, a população continua a ser mais consequente na eletricidade, onde a narrativa de eficiência energética tem sido consistente e onde é mais fácil validar poupanças, uma vez que a fatura energética tem um peso maior na fatura no final do mês [46].

## 2.5 Edifícios com necessidades quase nulas de energia – nZEB

Uma das metodologias que atualmente tem merecido a atenção do público prende-se com a implementação de edifícios nZEB – nearly zero energy buildings. Esta tipologia de edifícios é definida como edifícios que têm um desempenho energético muito elevado e a baixa quantidade de energia requerida pelo edifício deve ser garantida por energia com origem em fontes renováveis [47].

$$E = \sum (E_{entregue,i} - E_{exportada,i}) * f_i \quad (1)$$

A  $E_{entregue}$  representa a energia que o sistema necessita enquanto a  $E_{exportada}$  representa a energia que o sistema consegue produzir internamente.

Em Portugal, o estatuto de nZEB é obrigatoriamente aplicável a todos os edifícios novos licenciados após dezembro de 2020, ou no caso de edifícios públicos, após 31 de dezembro de 2018 [48]

### 2.5.1 Painéis fotovoltaicos

Esta técnica de produção de eletricidade recorre a células fotovoltaicas que são constituídas por um material semiconductor no qual são adicionadas substâncias dopantes de modo a promover o efeito fotovoltaico, ou seja, a conversão direta de potência associada à radiação solar em potência elétrica DC. Cada célula pode produzir cerca de 1,5 W de potência, para uma tensão de 0,5V e corrente de 3 A, para maximizar esta potência as células são ligadas em série ou em paralelo, formando módulos [49].

Paralelamente ao painel fotovoltaico também está associado um inversor, que é o elemento responsável pela conexão entre o painel e a rede, de modo a adaptar a corrente DC (corrente contínua) do painel, à corrente AC (corrente alternada) exigida pela rede.

No estudo de implementação de painéis fotovoltaicos, alguns valores têm de ser calculados, o custo médio anual atualizado ( $c$ ) €/kWh é dado por:

$$c = \frac{(i + C_d) * C_p}{h_a} \quad (2)$$

onde as variáveis representam:

- $i$  – Inverso do fator presente da anuidade,  $i = \frac{(1+a)^n * a}{(1+a)^n - 1}$ , onde  $a$  representa a taxa de atualização e  $n$  representa o número de anos de vida útil da instalação.
- $C_p$  – Custos de investimento por kW instalado
- $h_a$  – Utilização anual da potência de pico (h)
- $C_d$  – Custos diversos de O & M

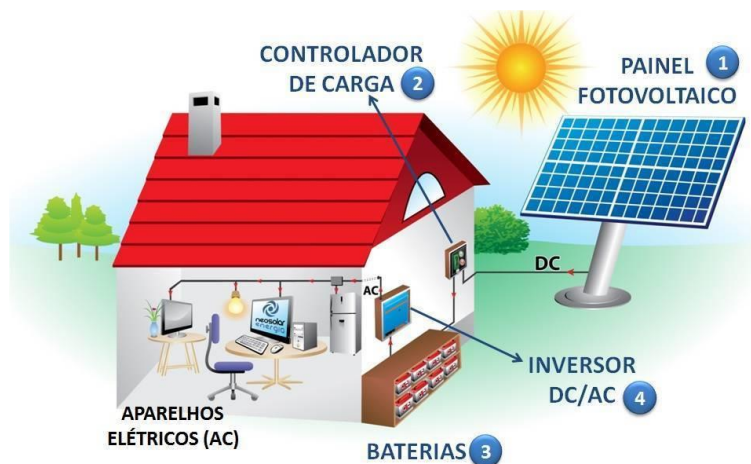


Figura 28 - Representação simplificada da ligação dos painéis fotovoltaicos

Atualmente, também a tecnologia do coletor solar fotovoltaico térmico também está a ser cada vez mais implementada, com a vantagem enorme de conseguir produzir tanto calor como energia elétrica em simultâneo [50].

No que diz respeito a conclusões relativamente à utilização destas tecnologias, estudos indicam que radiação incidente baixa, maiores velocidades de vento e temperaturas ambiente mais baixas resultam numa maior eficiência elétrica. A área ótima do painel solar é cerca de 3,3 m<sup>2</sup>, o número ideal de tubos de refrigeração é 10 e finalmente, a temperatura de entrada da água irá melhorar a eficiência elétrica, também considerando a temperatura ambiente [50].

### 2.5.2 Painéis solares térmicos

A energia solar térmica consiste na conversão de radiação solar em calor, isto significa que, o coletor solar recolhe a radiação solar e posteriormente esta radiação será utilizada para aquecimento de água ou ar para utilização tanto doméstica como comercial. Na Figura 29, é possível verificar o esquema de funcionamento deste tipo de processo.

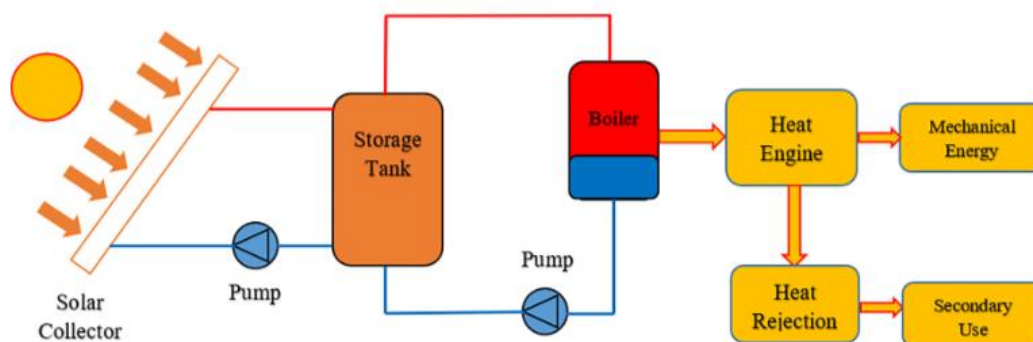


Figura 29 - Representação esquemática do funcionamento de um coletor solar [51]

Estes tipos de painéis são ideais no que diz respeito a infraestruturas com necessidades de aquecimento de água, ou seja, infraestruturas que disponham de unidades sanitárias com água quente, ou piscinas com aquecimento de água. Através desta implementação, consumos de combustíveis fósseis devem ser diminuídos significativamente.

### 2.5.3 Bomba de calor

Apesar de recentemente esta tecnologia ter evoluído significativamente nas últimas duas décadas, a bomba de calor continua a não ser consensual no ramo energético, fatores como o investimento inicial, o *design* do sistema e a sua integração no ambiente onde se insere, continua a trazer alguns desafios para a sua afirmação. Apesar disso, as bombas de calor são uma das soluções de climatização mais eficazes para a minimização do efeito de estufa, isto devido, à baixa emissão de gases CO<sub>2</sub> [52]. Além destes fatores, as bombas de calor também acabam por ser um sistema bastante versátil e que pode

ser utilizado nas mais variadas aplicações, desde a indústria petrolífera e petroquímica, na indústria da madeira, bebidas, comida, utilidades, entre outras...

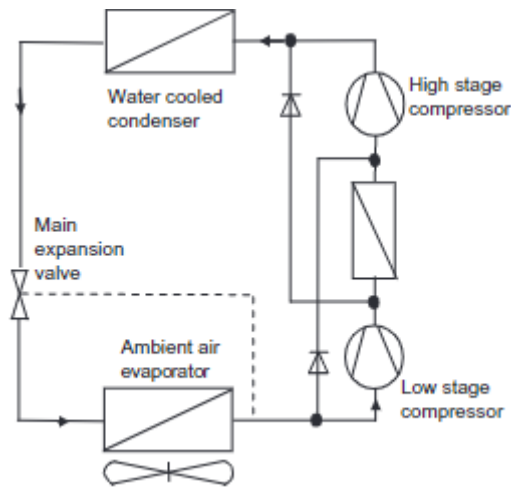


Figura 30 - Esquema sumário do sistema bomba de calor [52]

De modo ainda mais sustentável, a integração da bomba de calor e de tecnologia solar melhora significativamente o desempenho deste sistema, uma vez que a fonte de calor será a partir de energia solar. Além do fim para climatização, este tipo de bombas de calor também pode ser conjugado para incluir aquecimento de água e armazenamento de calor [52].

No que diz respeito à eficiência deste tipo de sistemas, os estudos mais recentes indicam que o coeficiente de *performance* (*coeficiente of performance* - COP) desta tecnologia ronda valores próximos de 6, a implementação de bombas de calor de multi-estágios teve um efeito positivo de 35% na eficiência energética e a utilização de ejetores maiores levou a um aumento de 20% [52].

## 2.6 Emissões poluentes

Desde a época da industrialização que as emissões de gases poluentes têm vindo a preocupar tanto a comunidade científica como a sociedade. Devido ao perigo que estes gases poluentes constituem, esforços significativos têm sido feitos de forma a minimizar os impactos que estas emissões têm provocado tanto na camada de ozono, mas também na saúde da população mundial. Por esta razão, em 1997 em Quioto, foi assinado um documento a nível internacional para reduzir a emissão de gases com efeito de estufa, o que inclui Dióxido de Carbono, Metano, Ozono, CFCs e óxido nitroso.

De acordo com a *Eurostat* [53], o resultado das ações tomadas para reduzir a emissão dos gases com efeito de estufa e outros poluentes, teve resultados notáveis, no entanto, mais baixos que o esperado. No espaço temporal de uma década, a emissão de dióxido de carbono para a atmosfera reduziu cerca de 20% enquanto as emissões de metano e óxido nitroso reduziram cerca de 14%. Apesar destes esforços, em 2018 a UE apresentou o compromisso a longo termo, até 2050, onde se espera diminuir ainda mais a emissão de gases com efeito de estufa e gases poluentes. Nesta estratégia, a UE deveria tornar-se até 2050 uma economia com zero emissões, e até 2030 a emissão de CO<sub>2</sub> deverá ser diminuída para 50%. Para que os países envolvidos consigam atingir estas metas, muitas alterações à estrutura económica, social e organizacional vão ter de ser introduzidas e em muitos casos, estas alterações irão dar origem a distúrbios à ordem social e às tradições a ela associadas, o que implica que para que estas mudanças sejam bem aceites pelas comunidades, é necessário que se desenvolvam programas concretos e claros para facilitar esta transição.

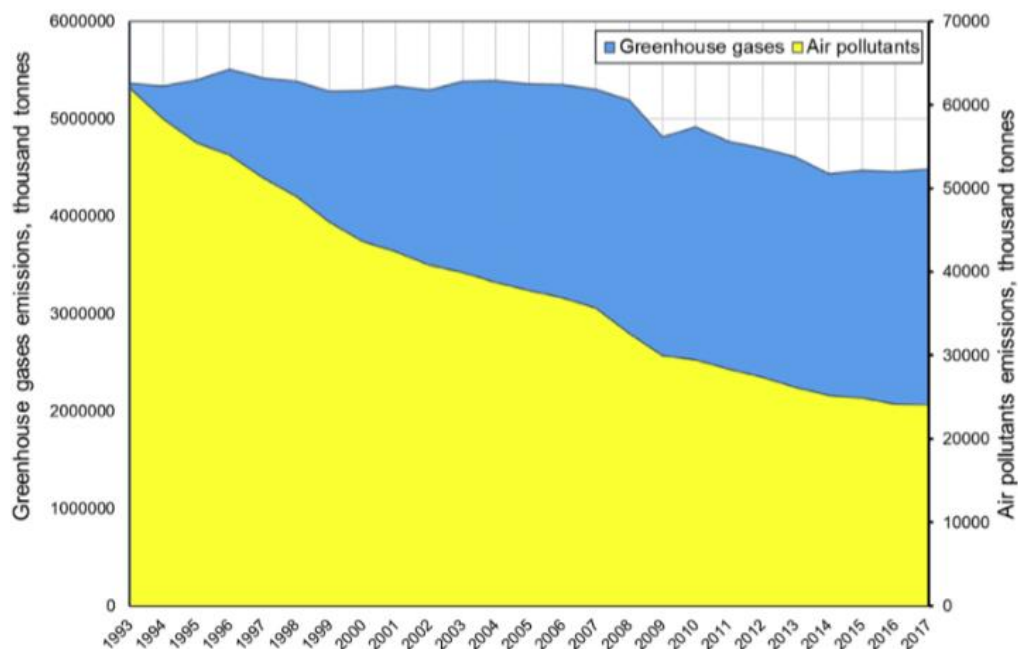


Figura 31 - Emissão total de gases com efeito de estufa e gases poluentes entre 1993 e 2017 na UE [53]

Na Figura 31, é possível verificar a evolução destas emissões, enquanto a emissão de gases poluentes tem vindo a diminuir significativamente ao longo dos anos, a emissão de gases com efeito de estufa tem evoluído consideravelmente e prevê-se que muitas dificuldades irão surgir para reverter esta evolução. Numa análise mais detalhada, é interessante verificar como tem sido a evolução da emissão de um dos principais gases responsáveis pelo efeito de estufa, o dióxido de carbono. Assim, a Figura 32 mostra como a emissão deste gás tem evoluído ao longo dos anos.

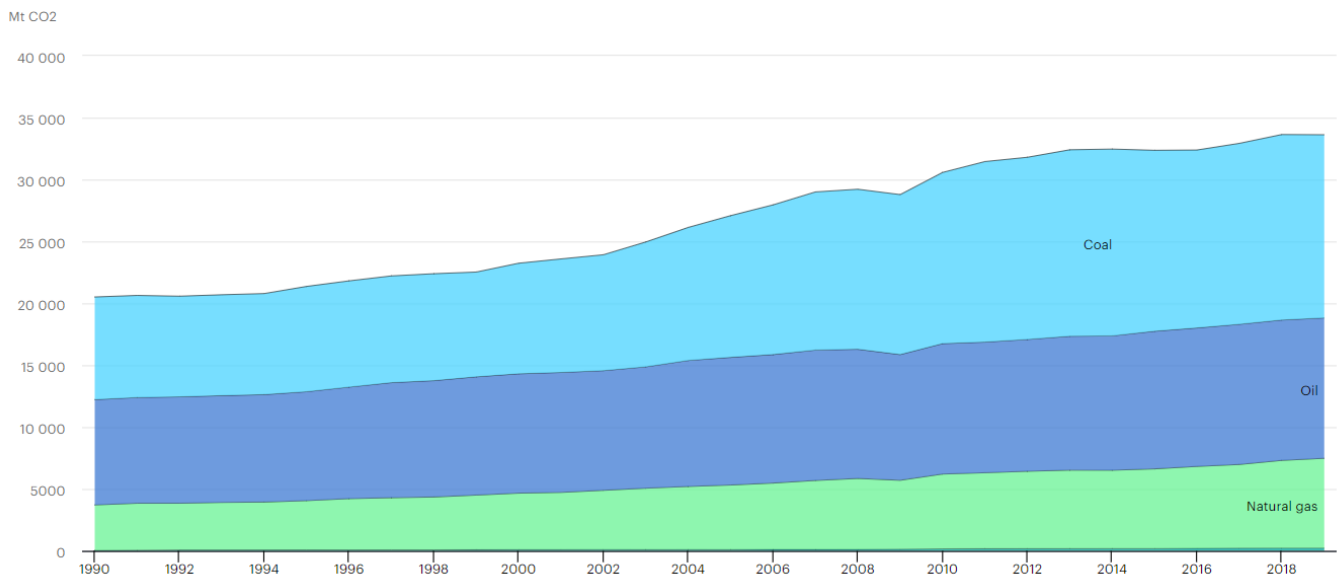


Figura 32 - Emissão de CO<sub>2</sub> a nível mundial, por fonte, entre 1990 e 2019 [54]

Como se verifica, as emissões de CO<sub>2</sub> têm resultado principalmente da queima de combustível, e tem vindo a aumentar ao longo dos anos. No futuro, devido às várias medidas que têm sido implementadas para parar a queima de carvão, é esperado que a porção derivada desde combustível venha a diminuir, por outro lado, a utilização de gás natural é esperada que aumente, por essa razão, a quantidade de CO<sub>2</sub> com origem neste combustível irá aumentar.

Em Portugal, também foram feitos esforços para combater as emissões tanto de gases com efeito de estufa como gases poluentes tais como o encerramento de centrais de produção de eletricidade que operavam através da queima de carvão e houve um aumento dos impostos sobre o CO<sub>2</sub> desta forma é também interessante analisar como tem sido a evolução de Portugal neste sentido. O gráfico abaixo mostra precisamente como tem sido esta evolução, e também é possível verificar que de facto, a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> proveniente da queima de carvão veio a diminuir desde 2016 e a tendência é que este número continue a diminuir, por outro lado, à semelhança do que vem acontecendo na UE, a quantidade de CO<sub>2</sub> com origem no gás natural tem vindo a aumentar o que se esperava. Em termos gerais, a quantidade de CO<sub>2</sub> tem vindo a diminuir o que é um sinal bastante positivo para as aspirações de Portugal em alcançar a neutralidade carbónica, como se comprova na Figura 33.

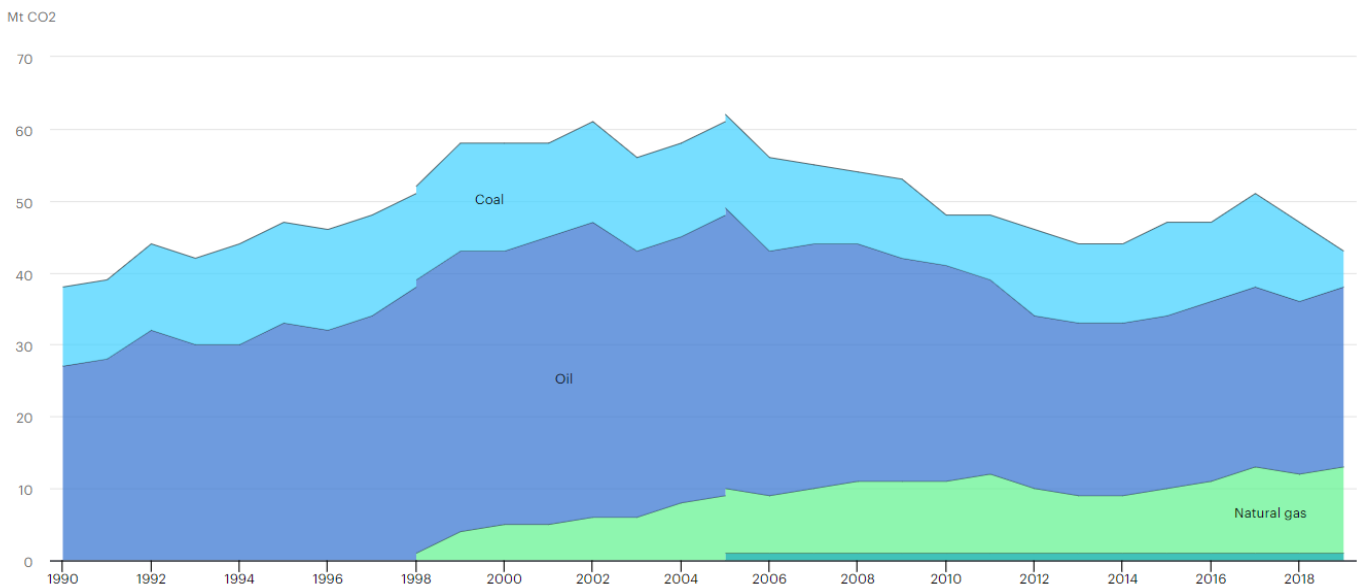


Figura 33 - Emissão de CO<sub>2</sub> em Portugal, por fonte, entre 1990 e 2019 [55]

## 2.7 Legislação

Sendo responsável por um grande consumo energético globalmente, o setor dos edifícios teria também de ser legislado, de modo a respeitar determinados valores definidos não só pelo país onde se encontra, mas também por organismos como a União Europeia. Estas medidas, tiveram como principal objetivo a melhoria do desempenho energético e conforto dos edifícios.

A primeira diretiva divulgada pelo Parlamento Europeu ocorreu em 2002 com a apresentação da diretiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios, em 2010, esta diretiva foi reformulada dando lugar à diretiva 2010/31/EU e posteriormente a diretiva 2018/844.

Nestas diretivas era possível verificar seis pontos-chave principais [56]:

- Estabelecimento de requisitos mínimos de desempenho energético ótimo
- Estabelecimento de um quadro metodológico para o cálculo dos níveis de rentabilidade
- Cumprimento de normas mínimas para edifícios novos
- Cumprimento de normas mínimas para edifícios existentes
- Estabelecimento de um sistema de certificação do desempenho energético
- Existência de mecanismos de inspeção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado

A nível nacional, ocorreu a transposição parcial da diretiva acima apresentada (diretiva 2002/91/CE) formando o decreto-lei nº 78/2006 que aprova o sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior (SCE), o decreto-lei nº 79/2006 que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e finalmente o decreto-lei nº80/2006 que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [56].

### 2.7.1 Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior

Este sistema nacional de certificação energética foi inicialmente elaborada a 4 de Abril de 2006, no decreto-lei nº 78, neste decreto-lei os principais objetivos são os seguintes [57]:

- Assegurar a aplicação regulamentar (no que diz respeito à eficiência energética e qualidade do ar interior), de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios
- Identificar medidas corretivas e de melhoria de desempenho aplicáveis ao edifício e respetivos sistemas energéticos (equipamentos como: caldeiras e equipamento de AVAC)

Relativamente aos edifícios onde este sistema se aplica, incluem-se os seguintes [57]:

- Grandes edifícios e edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação
- Edifícios de serviços existentes, sujeitos a auditorias
- Edifícios existentes para habitação e serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação

A gestão do SCE é atribuída à ADENE e é da sua competência [57]:

- Assegurar o funcionamento regular do sistema do que respeita à supervisão
- Aprovar o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade de ar interior
- Criar uma bolsa de peritos qualificados do SCE e manter o seu sítio na internet atualizado
- Facultar, *online*, o acesso a toda a informação relativa ao processo de certificação

### 2.7.2 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) procura introduzir algumas medidas de racionalização fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar num edifício para, sobretudo, evitar o seu sobredimensionamento. Exige também a adoção de medidas de racionalização energética em função da dimensão dos sistemas [58].

Este regulamento estabelece as seguintes condições [58]:

- Parâmetros a observar no projeto de novos sistemas de climatização, incluindo: Requisitos de conforto térmico e qualidade de ar; requisitos da conceção, instalação e manutenção dos sistemas de climatização e finalmente, a observância dos princípios da utilização racional da energia e da utilização de materiais e tecnologias adequadas.
- Limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes
- Limites máximos de consumos de energia para todo o edifício

No que diz respeito ao âmbito de aplicação deste regulamento, este é composto por [58]:

- Todos os edifícios ou frações autónomas não residenciais existentes com área útil superior aos valores limites definidos
- Licenciamento de todos os novos edifícios ou frações autónomas não residenciais com potência instalada prométió superior aos valores limites definidos por portaria
- Licenciamento dos novos edifícios residenciais, ou de cada uma das suas frações autónomas, que sejam projetados para serem dotados de sistemas de climatização com uma potência nominal instalada superior a um limite praseodímio ( $P_r$ ) fixado e atualizável por portaria
- Novos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou frações autónomas existentes com uma potência nominal igual ou superior a  $P_m$  definida pelo regulamento
- Grandes intervenções de reabilitação relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços

Como resultado da aplicação destes regulamentos, e como consequência das auditorias feitas, um Certificado Energético e da Qualidade do Ar será emitido onde se poderá verificar qual é a classe energética que o edifício possui [59]. Esta classificação tem oito classes distintas, variando de F até A<sup>+</sup> como se mostra na Figura 34.

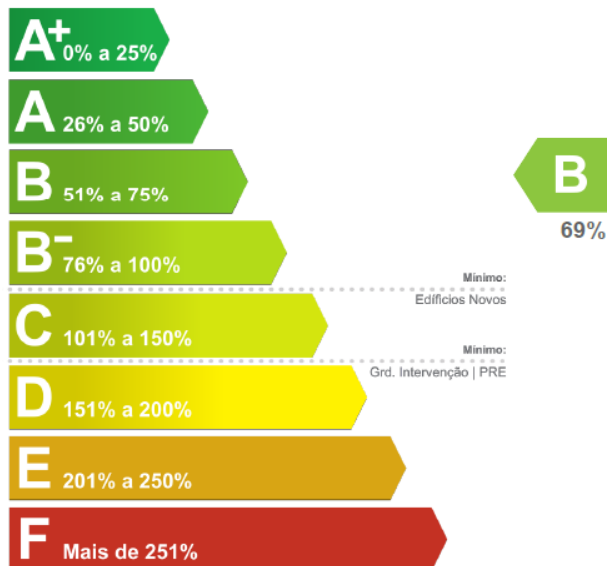


Figura 34 - Classes energéticas do Certificado Energético e da Qualidade do Ar

### 2.7.3 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Em 2006, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) foi o primeiro instrumento legal que em Portugal impôs requisitos ao projeto de novos edifícios e grandes remodelações, com o objetivo de garantir a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia [60].

Assim sendo, este regulamento vem estabelecer regras a serem observadas na fase projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, de forma que [60]:

- As necessidades de conforto térmico (aquecimento, arrefecimento, ventilação e AQS) sejam satisfeitas sem utilização excessiva de energia
- Sejam minimizadas situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas com potencial impacto negativa na construção e qualidade do ar interior

Este regulamento é aplicável a [60]:

- Novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados
- Grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias dos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados já existente
- Ampliações de edifícios existentes, exclusivamente na nova área construída

### 2.7.4 Legislação aplicável a edifícios

A legislação encontra-se em vigor no âmbito dos edifícios no âmbito da eficiência energética e do SCE é a seguinte [59]:

- Decreto-Lei n.º 102/2021 - Estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do SCE
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020 - Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o SCE
- Portaria n.º 28/2022 - Regulamenta o conteúdo e os critérios de avaliação dos exames a realizar para acesso e exercício da atividade dos técnicos do SCE
- Portaria n.º 138-G/2021 - Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços
- Portaria n.º 138-H/2021 - Regulamenta as atividades dos técnicos e as competências da entidade gestora do SCE e fixa os valores do registo dos certificados energéticos
- Portaria n.º 138-I/2021 - Regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas
- Despacho n.º 6476-D/2021 - Aprova os requisitos para a elaboração do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE)
- Despacho n.º 6476-E/2021 - Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios
- Portaria n.º 310/2021 - Fixa o valor médio de construção por metro quadrado, para efeitos do artigo 39.º do Código do Imposto Municipal sobre Imóveis, a vigorar no ano de 2022

Na Figura 35 é possível ver uma evolução temporal da divulgação da legislação mencionada.

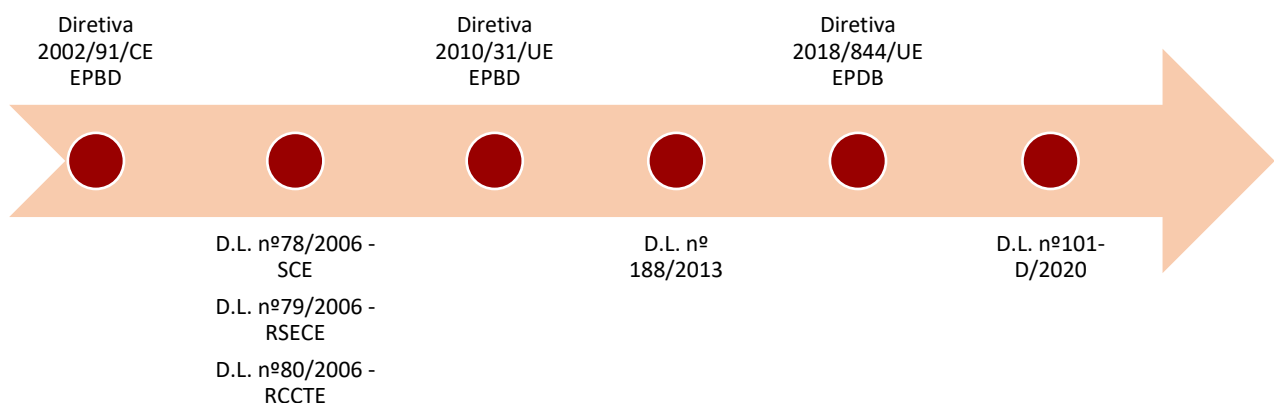


Figura 35 - Representação temporal da divulgação da legislação

## 2.8 Edifícios referência

Pretende-se com este subcapítulo expor alguns casos práticos realizados recentemente respetivamente à transformação de edifícios convencionais em edifícios nZEB.

Assim sendo irão ser expostos quatro casos distintos:

- *Realização de uma avaliação aos indicadores de desempenho de um edifício antigo convertidos em nZEB* [61]
- *De altas necessidades energéticas a nZEB: Uma reconversão de uma escola na Catalunha* [62]
- *Estratégias detalhadas de eficiência energética num edifício convertido em nZEB: um caso no Pacífico Nordeste* [63]
- *Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB)* [64]

### 2.8.1 Realização de uma avaliação aos indicadores de desempenho de um edifício antigo convertidos em nZEB

Neste estudo o edifício analisado é um prédio de cinco andares constituído maioritariamente por betão, onde se inserem cerca de 80 apartamentos. O edifício foi construído em 1986 e renovado em 2017.



Figura 36 - Edifício estudado [61]

Como medidas de renovação, foram realizadas as seguintes medidas:

- Camada adicional de isolamento nas paredes exteriores
- Renovação das janelas e caixilharia
- Renovação da rede AVAC
- Instalação de sistema de aquecimento moderno
- Instalação de painéis solares para aquecimento de água
- Instalação de painéis fotovoltaicos

Apesar dos notórios esforços para atingir o selo nZEB, a renovação mostrou-se ineficaz, visto que a utilização anual de energia não atingiu o patamar esperado, essencialmente devido às perdas térmicas nas tubagens de aquecimento, e ao comportamento humano nas habitações, o que realça a importância da necessidade de educar a sociedade com o objetivo de reduzir consumos [61].

### 2.8.2 De altas necessidades energéticas a nZEB: Uma reconversão de uma escola na Catalunha

À semelhança do caso anterior, este exemplo é baseado numa remodelação real na zona da Catalunha em Espanha.



Figura 37 - Edifício objeto de estudo [62]

O edifício tem uma área de 1641 m<sup>2</sup>, um volume total de cerca de 5586 m<sup>3</sup>. Dispõe de aquecimento através de uma caldeira, e também estão disponíveis radiadores com uma capacidade de 116 kW e um COP de 0,65 [62].

As medidas realizadas nesta renovação foram essencialmente mudanças na constituição da envolvente exterior, modernização dos equipamentos de aquecimento e iluminação e, finalmente, instalação de painéis solares. Esta intervenção teria um período de recuperação de capital igual a 41 anos [62].

Como resultado, houve um decréscimo de consumo de energia na ordem dos 56% nos sistemas de energia passivos, e com a implementação dos painéis fotovoltaicos foi possível compensar 70% do consumo total de eletricidade [62].

### 2.8.3 Estratégias detalhadas de eficiência energética num edifício convertido em nZEB: um caso no Pacífico Nordeste

O edifício estudado neste artigo é um edifício regional público conhecido como *Metro Building* localizado em Portland. Foi construído em 1940 tendo sido feita uma remodelação em 1992, é composto por sete andares com uma área de escritórios de aproximadamente 8425,6 m<sup>2</sup> e alberga cerca de 400 trabalhadores [63].



Figura 38 - *Metro Building* [63]

Relativamente à composição arquitetónica, os valores do coeficiente de transmissão de calor das paredes, telhado, janelas e claraboia são respetivamente 0,528, 0,283, 2,665 e 1,761 W/m<sup>2</sup>.K [63].

Também foi possível neste estudo determinar a composição percentual do consumo de energia no edifício como se apresenta na Figura 39.

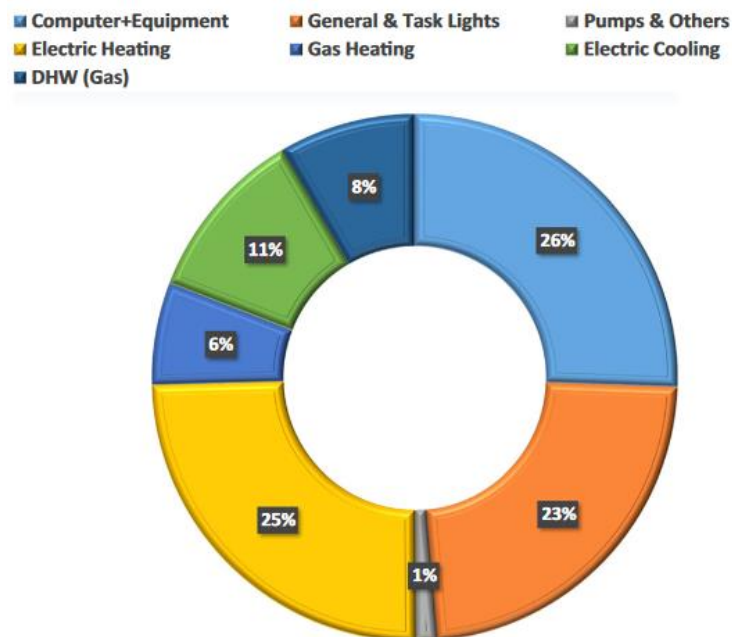


Figura 39 - Composição do consumo de energia por setor [63]

No que diz respeito às medidas estudadas para a conversão deste edifício num edifício nZEB, foram consideradas as seguintes [63]:

- Otimização das cargas ligadas à corrente (Equipamentos informáticos)
- Modernização das janelas e dispositivos de sombreamento
- Controlo de ventilação e AVAC
- Sistema de iluminação eficiente
- Sistema de AVAC e aquecimento de água eficiente
- Integração de módulos fotovoltaicos

Estas medidas provaram reduzir significativamente o consumo de energia e consequentemente reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. Enquanto o período de recuperação de capital para o sistema fotovoltaico foi cerca de 10 anos, para as restantes medidas encontra-se entre um ano e sete anos, o que é uma diferença significativa. No entanto, para ser considerado edifício nZEB, a instalação de módulos fotovoltaicos é essencial [63].

#### 2.8.4 Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB)

Este estudo foi efetuado tendo como base um edifício existente cuja localização é no centro histórico em Viana do Castelo, trata-se de um edifício com dois pisos de tipologia T2. As paredes são constituídas por alvenaria de granito autoportantes, estrutura de madeira na laje de piso e cobertura inclinada revestida a telha cerâmica e desvão em gesso cartonado. Os vãos envidraçados são compostos por caixilharia em madeira, vidro simples e portadas em madeira opaca [64].

No que diz respeito às medidas estudadas para a conversão, apresentam-se as seguintes [64]:

- Renovação das paredes, cobertura e envidraçados
- Modernização dos equipamentos
- Instalação de painéis solares para AQS
- Instalação de sistema fotovoltaico

Neste estudo foi possível comprovar a importância das proteções solares exteriores, a importância de equipamentos de climatização e AQS eficientes, mas também o elevado investimento que estes tipos de conversões implicam, obviamente uma componente também fundamental para qualquer projeto.

## 2.9 Metodologia

No que diz respeito à metodologia que será utilizada neste trabalho, a mesma será semelhante à verificada nas análises feitas aos edifícios de referência apresentados no subcapítulo anterior. Esta metodologia apesar de não ser tão rigorosa como uma auditoria energética, permite uma análise qualitativa dos consumos de recursos no edifício, e permite que haja uma extrapolação para um número de edifícios semelhantes que possam existir, aumentando então o alcance deste trabalho.

Por sua vez, uma auditoria energética seria uma análise mais quantitativa e precisa, apesar de ser uma análise feita especificamente a um edifício e, portanto, extrapolações são mais complexas de se realizar. Há também que considerar, que esta é uma análise sensível a um edifício e a empresa em questão não se mostrou disponível para permitir um estudo no âmbito de auditoria.

# CASO DE ESTUDO

- 3.1 Caraterização do edifício
- 3.2 Consumo de energia
- 3.3 Equipamentos
- 3.4 Medidas a implementar



### 3 CASO DE ESTUDO

O caso de estudo aqui apresentado nasce com base numa tentativa de mudança e melhoramento em ambiente de escritório *open space*. Numa altura em que os consumos têm de ser reduzidos ao essencial, é fundamental que haja uma otimização destes recursos e acima de tudo, uma sensibilização para o utilizador comum também fazer esforços para reduzir o consumo energético em determinado edifício. O edifício analisado neste estudo considera-se um Grande Edifício de Comércio e Serviços, localizado em Leça do Balio, no concelho de Matosinhos, apresenta também uma área útil de pavimento de 1 331 m<sup>2</sup>, por motivos de confidencialidade, não serão divulgados dados que permitam identificar a empresa e o edifício em questão. Idealmente, é de realçar que para um estudo profundo e ainda mais completo relativamente à eficiência energética, seria importante realizar o procedimento semelhante a uma auditoria energética, no entanto, devido às limitações impostas pela empresa em questão, não foi possível realizar um estudo nesse sentido.

O âmbito deste caso de estudo consiste, portanto, na análise/exposição das condições existentes no edifício: aspetos construtivos, sistemas de climatização, equipamentos existentes, condições de saneamento por exemplo, torneiras, dispensadores, entre outros. De seguida serão apresentadas propostas de melhorias com vista à redução e otimização energética, visto que há consumo de energia reativa, finalmente, será estudada a hipótese da implementação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo.

### 3.1 Caracterização do edifício

O presente edifício é um edifício relativamente recente, tendo a sua construção sido concluída em 2018. O edifício, consiste basicamente em 3 andares, cuja composição é a seguinte:

- R/C e 1º Piso: espaço *open-space* amplo, sala de reuniões, gabinetes individuais, instalações sanitárias, espaço de descanso, sala de conferência e sala de servidores, salas de chamadas
- 2º Piso: área técnica de manutenção, área de lazer e esplanada exterior

É um edifício que tem um horário limitado e, portanto, não está em funcionamento 24h por dia, sendo o seu horário das 7:00h até às 22:00h, e tem capacidade para 264 trabalhadores, estes trabalhadores têm liberdade para definir o horário que preferirem, e, portanto, o perfil de consumo pode ser variável. Na Figura 40, é possível observar o edifício e também a sua envolvente.



Figura 40 - Ilustração representativa do edifício em estudo

Importante é também saber quais são as áreas alocadas a cada tipo de atividade, assim sendo fez-se um levantamento destas áreas.

Relativamente ao piso de rés-do-chão, as áreas designadas são as seguintes:

- Salas de reuniões:  $7 \times 11 \text{ m}^2 + 10 \times 8 \text{ m}^2 + 2 \times 20 \text{ m}^2 = 197 \text{ m}^2$
- Escritórios individuais:  $4 \times 20 \text{ m}^2 = 80 \text{ m}^2$
- Sala de servidores:  $46 \text{ m}^2 + 44 \text{ m}^2 = 90 \text{ m}^2$
- Instalações sanitárias:  $4 \times 11 \text{ m}^2 + 2 \times 10 \text{ m}^2 + 2 \times 5 \text{ m}^2 = 74 \text{ m}^2$
- Sala de chamadas:  $8 \times 1,5 \text{ m}^2 = 12 \text{ m}^2$
- *Open-space*:  $12,3 \text{ m} \times 61,3 \text{ m} - 32 \text{ m}^2 = 720 \text{ m}^2$
- Outros espaços:  $10 \text{ m}^2 + 4 \text{ m}^2 + 2 \times 25 \text{ m}^2 + 5,3 \text{ m} \times 16,8 + 5 \text{ m}^2 = 158 \text{ m}^2$
- Total =  $1331 \text{ m}^2$



Figura 41 - Desenho do R/C e dimensões

Relativamente ao 1º piso, as áreas designadas são as seguintes:

- Salas de reuniões:  $6 \times 11 \text{ m}^2 + 9 \times 8 \text{ m}^2 = 138 \text{ m}^2$
- Escritórios individuais:  $4 \times 20 \text{ m}^2 = 80 \text{ m}^2$
- Sala de conferências:  $34 \text{ m}^2 + 64 \text{ m}^2 + 34 \text{ m}^2 = 132 \text{ m}^2$
- Instalações sanitárias:  $4 \times 11 \text{ m}^2 + 8 \text{ m}^2 = 52 \text{ m}^2$
- Sala de chamadas:  $8 \times 1,5 \text{ m}^2 + 2 \times 3 \text{ m}^2 = 18 \text{ m}^2$
- *Open-space*:  $12,28 \text{ m} \times 61,27 \text{ m} - 32 \text{ m}^2 = 720 \text{ m}^2$
- Outros espaços:  $10 \text{ m}^2 + 4 \text{ m}^2 + 2 \times 25 \text{ m}^2 + 9,5 \text{ m}^2 + 5,3 \times 22,2 = 191,2 \text{ m}^2$
- Total =  $1331 \text{ m}^2$

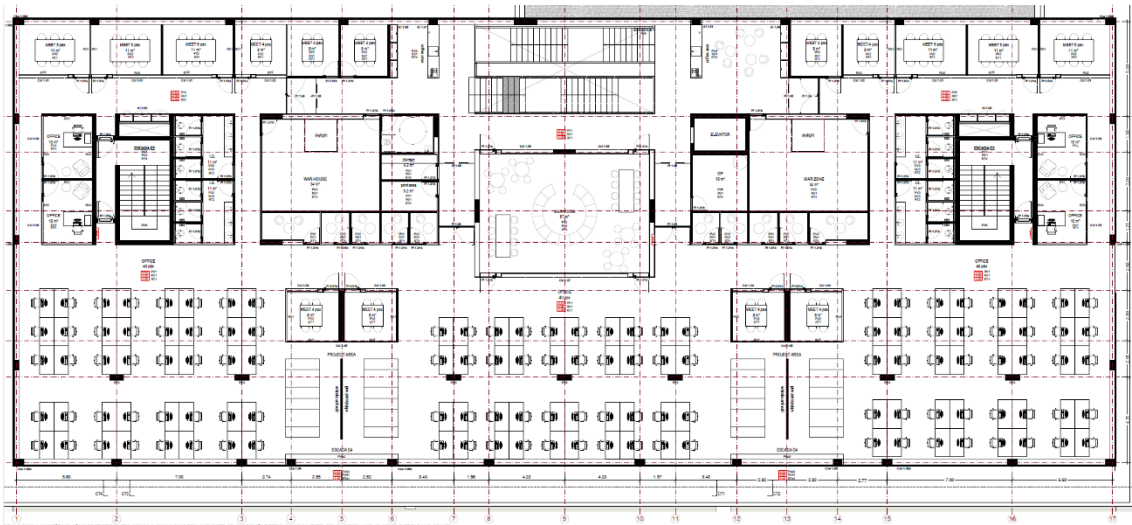


Figura 42 - Desenho do 1º piso e dimensões

No que diz respeito ao 2º piso, as áreas designadas são as seguintes:

- Espaço de lazer:  $4,3 \text{ m} \times 10,6 \text{ m} = 45,6 \text{ m}^2$
- Sala de manutenção:  $3,4 \text{ m} \times 5,3 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$
- Escadas e elevador:  $2,7 \text{ m} \times 10,4 \text{ m} + 5 \text{ m}^2 = 33 \text{ m}^2$
- Terraço:  $1234 \text{ m}^2$
- Total =  $1331 \text{ m}^2$

### 3.1.1 Aspetos arquitetónicos

A nível de arquitetura, foram disponibilizados dados suficientes para permitir que haja uma ideia clara do tipo de construção que foi feita. Tratando-se de uma construção relativamente recente, seria de esperar soluções por si só, bastante eficientes a nível energético. Através do plano de arquitetura, foi possível obter a constituição para as paredes, cobertura, pavimento e envidraçados, e com toda esta informação é também possível calcular o coeficiente de transmissão térmica ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) de cada elemento e verificar se respeita a legislação aplicada ou não. Para o cálculo deste coeficiente, é necessário aplicar a seguinte fórmula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad (3)$$

onde:

$R_j$  – Resistência térmica da camada ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )  $R_j = \frac{e_j}{\lambda_j}$

$e_j$  - Espessura da camada (m)

$\lambda_j$  – Condutibilidade térmica do material da camada ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) – Retirado a partir do ITE 50 – Informação Técnica Edifícios (LNEC)

$R_{si}, R_{se}$  - resistências térmicas superficiais interior e exterior ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ).

A constituição da Parede 1 é a representada na Tabela 1.

Tabela 1 – Constituição da parede 1

Tipo	Espessura (m)	Condutibilidade ( $W/m \cdot ^\circ C$ )
Gesso cartonado	0,015	0,25
Poliestireno expandido	0,05	0,037
Betão	0,25	2
Reboco	0,02	1,3

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,25}{2} + \frac{0,02}{1,3} + 0,04} = 0,58 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \quad (4)$$

A constituição da Parede 2 é a representada na Tabela 2.

Tabela 2 – Constituição da parede 2

Tipo	Espessura (m)	Condutibilidade (W/m.°C)
Gesso cartonado	0,015	0,25
Poliestireno expandido	0,05	0,037
Betão	0,25	0,27
Reboco	0,02	1,3

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,25}{0,27} + \frac{0,02}{1,3} + 0,04} = 0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (5)$$

A constituição da cobertura com desvão não útil  $h > 300\text{mm}$  e  $btr > 0,7$ , é definida na Tabela 3.

Tabela 3 – Constituição da cobertura com desvão não útil

Tipo	Espessura (m)	Condutibilidade (W/m.°C)
Gesso cartonado	0,015	0,25
Lã de rocha	0,04	0,04

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} = \frac{1}{0,1 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,04}{0,04} + 0,04} = 0,83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (6)$$

A constituição da cobertura com 0,7 m de altura é a descrita da Tabela 4.

Tipo	Espessura (m)	Condutibilidade (W/m.°C)
Laje betão	0.3	2
Camada de forma	0.089	2
Poliestireno expandido	0.08	0.037
Gravilha	0.2	2

Tabela 4 – Constituição da cobertura com 0,7 m de altura

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} = \frac{1}{0,1 + \frac{0,3}{2} + \frac{0,089}{2} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,2}{2} + 0,04} = 0,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (7)$$

A constituição do pavimento com 0,380 m de altura é a descrita na Tabela 5.

Tabela 5 – Constituição do pavimento com 0,38 m de altura

Tipo	Espessura (m)	Condutibilidade (W/m.°C)
Camada regularização	0.04	2
Laje de betão	0.15	2
Isolamento	0.04	0.037
Tout-venant	0.15	2

$$\text{Resistência} = \frac{0,04}{2} + \frac{0,15}{2} + \frac{0,04}{0,037} + \frac{0,15}{2} = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \quad (8)$$

Para este tipo de soluções a tabela 3 do Despacho nº15793-K/2013, para um valor médio de profundidade enterrada inferior a 0,5 m foi considerada. Além disso, também há que calcular o parâmetro B, que se calcula da seguinte forma:

$$B = \frac{A_p}{0,5 \times P} \quad (9)$$

onde:

$A_p$  – área projetada (m<sup>2</sup>)

P – Perímetro (m)

Neste caso específico:

$$B = \frac{A_p}{0,5 \times P} = \frac{61,3 \times 21,6}{0,5 \times (61,3 \times 2 + 21,6 \times 2)} = 17,56 \quad (10)$$

Tendo em conta o valor anterior, e fazendo uma interpolação linear na Tabela 3 do Despacho nº15793-K/2013, obtém-se um valor para o coeficiente de transmissão térmica de 0,215 W/m<sup>2</sup>.°C.

Tabela 6 - Coeficientes de transmissão adaptado da Tabela 3 do Despacho nº15793-K/2013

		z < 0,5			
		Rf			
B'	0,5	1	2	>3	
3	0,65	0,57	0,32	0,24	
4	0,57	0,52	0,3	0,23	
6	0,47	0,43	0,27	0,21	
10	0,35	0,32	0,22	0,18	
15	0,27	0,25	0,18	0,15	
>20	0,22	0,21	0,16	0,13	

Os valores do coeficiente de transmissão térmica calculados anteriormente, têm de ser comparados com os valores máximos admitidos pela legislação portuguesa, que são fixados pela Portaria nº 138-I/2021 e apresenta-se na Tabela 7 os valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica em edifícios de comércio e serviços.

Tabela 7 - Valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica em edifícios de comércio e serviços adaptado da Portaria n.º 138-I/2021

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,7	0,6	0,5
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{ztu} < 0,7$	0,5	0,45	0,4
Zona de PTP	Verticais	Exterior		0,9	
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,75	1,6	1,45
	Horizontais	Exterior		0,9	
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,25	1	0,9

Neste caso específico, o edifício encontra-se na região do Grande Porto, obtido através de consulta ao Despacho nº15793-F/2013. O número de graus-dias associados a esta localização calcula-se da seguinte forma:

$$GD = GD_{ref} + a (z - z_{ref}) = 1250 + 1,6 * (42 - 94) = 1167 \text{ (11)}$$

Assim sendo, verifica-se que o edifício está localizado numa zona climática I1, com este dado, já é possível consultar a Tabela 7 e retirar os valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica, procedendo então à comparação entre os valores previamente calculados e os valores legislados, como se mostra na Tabela 8.

Tabela 8 – Tabela resumo do cumprimento da legislação

Elemento	$U_{calculado}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$U_{máx.}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)
Parede 1	0,58	0,70
Parede 2	0,40	0,70
Cobertura com desvão	0,83	n/a
Cobertura com 0,669 m de altura	0,39	0,50
Pavimento	0,215	n/a

### 3.2 Consumo de energia

Uma das componentes essenciais deste estudo é precisamente saber quais são atualmente as necessidades energéticas do edifício, para isso foram monitorizadas mensalmente as faturas energéticas dos últimos 10 meses, a informação disponibilizada é bastante sumarizada e, portanto, é bastante complexo conseguir trabalhar a informação e realizar conclusões. Na Tabela 9, encontram-se os dados disponibilizados divididos em energia ativa kWh e energia reativa kvarh, e são referentes ao período entre maio de 2021 e fevereiro de 2022.

Tabela 9 – Consumo mensal de energia

Data	Energia Ativa (kWh)	Energia Reativa (kvarh)
2021/05	18748	11770
2021/06	18690	11634
2021/07	22055	13457
2021/08	23726	14116
2021/09	24204	14050
2021/10	22693	14651
2021/11	26039	14585
2021/12	26360	14288
2022/01	29174	13518
2022/02	27935	12951

Também interessante será analisar a evolução temporal em forma de gráfico, para tal recorreu-se à ferramenta MS Excel e elaborou-se o gráfico representado na Figura 43.

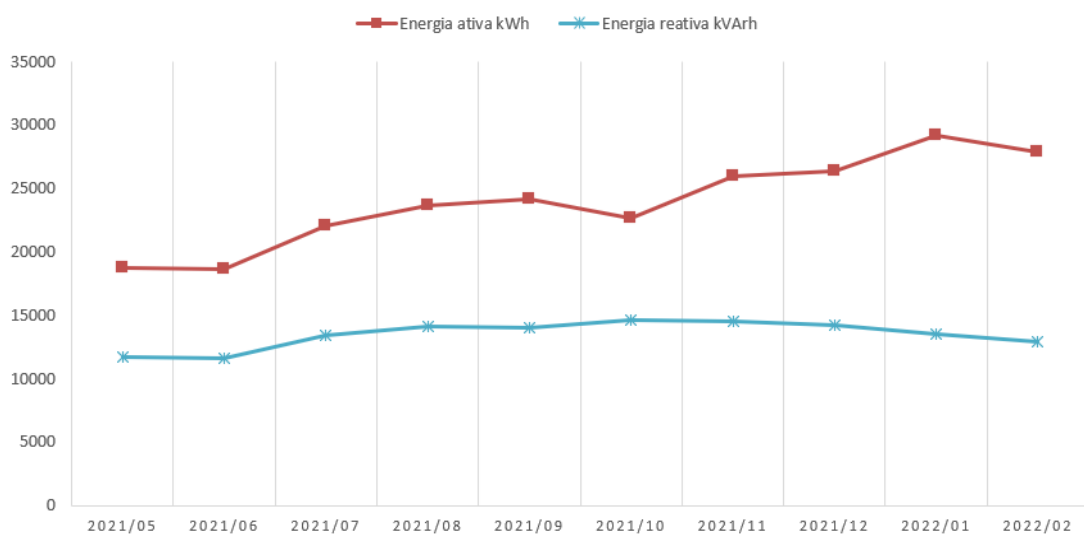


Figura 43 - Representação gráfica da evolução do consumo entre maio de 2021 e fevereiro de 2022

Como se pode verificar no gráfico representado na Figura 43, as evoluções da energia reativa têm-se mantido bastante constante ao longo dos meses, estando o seu valor na ordem dos 13 000 kvarh. Por outro lado, a energia ativa tem estado a aumentar consideravelmente, e em cerca de 10 meses, o seu valor evoluiu de 19 000 kWh para cerca de 30 000 kWh, um aumento justificado pelo levantamento das restrições associadas ao covid-19 e à maior afluência de pessoas a optar pelo trabalho presencial em prol do teletrabalho. A expectativa é que este valor continue a aumentar à medida que o trabalho presencial retome o seu fulgor habitual.

No que diz respeito à distribuição da energia, os dados fornecidos pela empresa em questão, também permitem fazer uma análise que demonstra em que tipo de setor se consome mais energia, conforme se analisa na Figura 44.

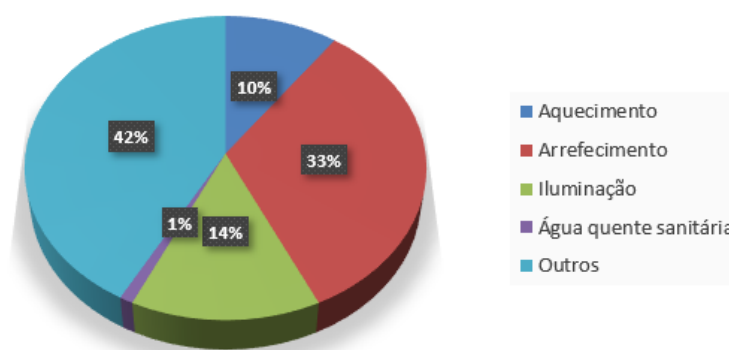


Figura 44 - Distribuição do consumo de energia no edifício

### 3.3 Equipamentos

Para aferir onde se consegue otimizar os processos energéticos existentes no edifício é necessário fazer um levantamento das condições atuais do edifício, para tal, com auxílio da informação disponibilizada irá realizar-se uma breve descrição dos equipamentos destinados a:

- Climatização
- Iluminação
- Equipamentos de trabalho (computadores, monitores, projetores, entre outros)

#### 3.3.1 Climatização

Tendo em conta que o edifício é utilizado 365 dias por ano, é fundamental que as condições interiores do edifício sejam as ideais para que os funcionários trabalhem confortavelmente. Para obter estas condições de conforto, a temperatura interior média deve ser cerca de 20 °C no Inverno e 24 °C no Verão e as renovações de ar novo por hora devem ser no mínimo 0,4 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Os equipamentos que se inserem neste âmbito são os seguintes:

- Unidades condensadoras
- Unidades evaporadoras
- Sistemas split
- Unidade de tratamento de ar

### 3.3.1.1 Unidades condensadoras

Integrante do sistema VRV (*Variable Refrigerant Volume*), como o próprio nome indica, este equipamento é responsável precisamente pelo processo de condensação do fluido. O que significa que é nesta unidade que o fluido passa do estado gasoso para o estado líquido, devido às trocas entre a temperatura ambiente e a temperatura do fluido que inicialmente está no estado líquido. Neste caso específico, a unidade deverá ser concebida em concordância com a diretiva ROHS (2002/95/CE) relativa à restrição de substâncias nocivas em equipamentos eléctricos e electrónicos, não contendo chumbo, cádmio, cromo hexavalente, mercúrio, bifenil polibrominado e difenileter polibrominado. A unidade condensadora tem as características apresentadas na Figura 45.



Modelo	UC 1 RXYQ 34T (16+18)	Unidades
Fluido frigorígeno	R410a	-
Capacidade nominal em arrefecimento	97	kW
Capacidade nominal em aquecimento	113	kW
SEER	5,5	-
SCOP	3,6	-
Peso da unidade	356+391	Kg
Dimensões (Altura x Largura x Profundidade)	3x(1685x1240x765)	mm
Pressão Sonora	64+65	dBA
Potência Sonora	86+86	dBA
Proteção Máxima	80	A
Alimentação elétrica	400V / 3F / 50 Hz	-

Figura 45 - Características técnicas e representação da unidade condensadora

### 3.3.1.2 Unidades evaporadoras

Integrante do sistema VRV, como o próprio nome indica, este equipamento é responsável precisamente pelo processo de evaporação do fluido. O que significa que nesta unidade é responsável pela transformação do fluido do estado gasoso para o estado líquido, estas equipamentos normalmente estão visíveis no espaço que se pretende climatizar. As unidades evaporadoras têm as características apresentadas na Figura 46 e 47.

- DAIKIN FXAQ 20 A



Modelo	FXAQ 20 A	Unidade
Capacidade arrefecimento total	2,0	kW
Capacidade arrefecimento sensível	1,8	kW
Capacidade aquecimento	2,5	kW
Caudal Ar	546	M <sup>3</sup> /h
Pressão estática disponível	-	Pa
Peso da unidade	12	Kg
Dimensões (Altura x Largura x Profundidade)	290x795x266	mm
Pressão sonora	33	dBA
Potência sonora	52	dBA

Figura 46 - Características técnicas e representação da unidade de evaporação FXAQ 20 A

- DAIKIN FXSQ 50 A



Modelo	FXSQ 50 A	
Capacidade arrefecimento total	4.8	kW
Capacidade arrefecimento sensível	3.7	kW
Capacidade aquecimento	6.3	kW
Caudal ar	912	m <sup>3</sup> /h
Pressão estática disponível	30 a 150	Pa
Peso da unidade	12	Kg
Dimensões (Altura x Largura x profundidade)	245 x 700 x 800	mm
Pressão sonora	34	dba
Potência sonora	60	dba
Alimentação elétrica	230V / 1F / 50 Hz	

Figura 47 - Características técnicas e representação da unidade de evaporação FXAQ 50 A

### 3.3.1.3 Sistemas split

Além do sistema VRV, para fins de climatização, o edifício também dispõe de unidades de sistema split, compostas igualmente por uma unidade de condensação e evaporação, este sistema é utilizado em salas com necessidades mais específicas de climatização e o próprio sistema acaba por ser energeticamente mais eficiente uma vez que não há energia desperdiçada nas condutas, uma vez que este processo é mais localizado em comparação com o anterior.



Figura 48 - Equipamento FTX-F 50A



Figura 49 - Equipamento RX-F 50A

As características técnicas dos equipamentos que compõem o sistema *split* apresentam-se na Figura 50.

Designação	UE1 a UE3	UC1 a UC3	
Modelo	FTXF50A	RXF50A	
Capacidade arrefecimento	5.0		kW
Capacidade aquecimento	6.0		kW
Caudal ar	1000		m <sup>3</sup> /h
Pressão estática disponível	-		Pa
Peso da unidade	14.5	47	Kg
Dimensões (Altura x Largura x Profundidade)	295x990x263	735x825x300	mm
Pressão sonora	34	49	dBA
Potência sonora	59	63	dBA
Potência elétrica		1.8	kW
Alimentação elétrica	230V / 1F / 50 Hz	230V / 1F / 50 Hz	

Figura 50 - Características técnicas do sistema *split*

### 3.3.1.4 Unidade de tratamento de ar

Este é um equipamento que é responsável pelo tratamento e recirculação do ar em alguns locais, geralmente são utilizados como parte do sistema AVAC. São compostas por diversos equipamentos como: ventilador, permutador de calor, filtros duplos, atenuadores de ruído, baterias e diversas válvulas. As características deste sistema encontram-se na Figura 51.



Referência	UTAN 1	UTAN 2	
Modelo	DAIKIN D-AHU-MODULAR-R SIZE 7	DAIKIN D-AHU-MODULAR-R SIZE 7	
Caudal Ar Insuflação	8850	8890	m <sup>3</sup> /h
Caudal Ar Extração	7800	7740	m <sup>3</sup> /h
Temperatura Insuflação Verão	23	23	°C
Temperatura Insuflação Inverno	20	20	°C
Capacidade Arrefecimento Sensível	12	12	kW
Capacidade Aquecimento	19	19	kW
Pressão Estática Disponível Insuflação	250	250	Pa
Pressão Estática Disponível Extração	220	220	Pa
Recuperação (Roda Térmica) Eurovent	79	79	%
Peso da unidade	1270	1270	Kg
Dimensões (Altura x Largura x comprimento)	1920 x 1600 x 3870	1920 x 1600 x 3870	mm
Potência Elétrica Ventilador Insuflação	2,85	2,85	kW
Potência Elétrica Ventilador Extração	1,88	1,88	kW
Potência Elétrica Roda Térmica	0.4	0.4	kW
Alimentação elétrica	400V / 3F / 50 Hz	400V / 3F / 50 Hz	
Potência Sonora saída unidade	63	63	dB
Atenuadores	600	600	mm
Alimentação elétrica	400V / 3F / 50 Hz	400V / 3F / 50 Hz	

Figura 51 - Características técnicas da unidade de tratamento de ar

### 3.3.2 Iluminação

Sendo responsável por 14% do consumo de energia, é muito importante que haja uma boa eficiência da iluminação do edifício, de seguida irão ser apresentadas as opções que foram escolhidos pelos responsáveis. No total, há cerca de cinco opções distintas para a iluminação, os catálogos dos dispositivos podem ser consultados nos anexos 1, 2, 3, 4 e 5.

- LLEDO LLES BASE LED IP44

Ceiling or wall-mounted luminaire  
BODY: white PC  
DIFFUSER: opal PC  
POWER SUPPLY: electronic driver integrated with the LED module



Figura 52 - Lâmpada LLEDO LLES BASE LED IP44

- LLEDO OCTANS 8W LED

Drive incluído e devidamente dimensionado para funcionamento com sistema LED com um consumo total de 8 W disponível nas temperaturas de cor 3000 K e 4000 K, fluxo luminoso de 680 Lm e 780 Lm, tempo de vida útil 50 000h e possibilidade de regulação de fluxo.



Figura 53 – Lâmpada LLEDO OCTANS 8W LED

- LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3

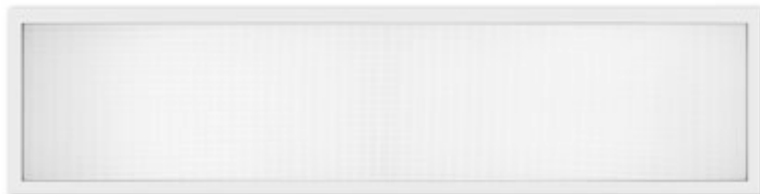


Figura 54 – Lâmpada LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3

- LLEDO DOWNLIGHT LL NVL M PLH IP44

Sistema LED com 19W de potência, 4000 K, 2050 Lm, tempo de vida útil ( $T_a=25^\circ$ ) 55 000 horas.



Figura 55 – Lâmpada LLEDO DOWNLIGHT LL NVL M PLH IP44

- LLEDO Cassiopeia LED

Luminárias Cassiopeia LED							
Fonte de luz	W	CRI	Fluxo luminoso	Peso	A	D	Referência
Modelo Standard			(lumens)	(Kg)	(mm)	(mm)	
LED 840	10	80	1260 lm	1,3	612	350	IDQTOY31242
LED 840	12	80	1510 lm	1,2	612	350	IDQTOY31262
LED 840	15	80	1950 lm	1,3	612	350	IDQTOY31282
LED 840	18	80	2320 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31202
LED 840	22	80	2860 lm	1,7	1272	700	IDQTOY31212
LED 840	30	80	3920 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31232
LED 840	43	80	5650 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31032
LED 840	22	80	2910 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31252
LED 840	27	80	3530 lm	2,2	1572	940	IDQTOY31292
LED 840	37	80	4940 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31272
LED 840	54	80	7090 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31072



Figura 56 - Lâmpada LLEDO Cassiopeia LED

### 3.3.3 Outros equipamentos

Além de todos os equipamentos e recursos apresentados anteriormente, é importante não esquecer que o edifício tem capacidade para 264 pessoas, o que significa que é natural que haja 264 computadores ligados simultaneamente e também 264 monitores (no mínimo), portanto, é esperado que haja um grande consumo de energia relacionado com estes equipamentos. Há diversos computadores a serem utilizados, mas o modelo mais utilizado é o apresentado na Figura 57.

- Lenovo ThinkPad P15 Gen 2



Figura 57 - Computador utilizado pelos funcionários

Além do computador, os monitores auxiliares também consomem energia e é fundamental que estes monitores tenham uma boa eficiência energética. Na Figura 58 encontra-se representado o monitor mais comum neste ambiente de trabalho.



Figura 58 - Monitor utilizado pelos funcionários

De acordo com a informação disponibilizada no website do fabricante é possível verificar que a classe energética deste monitor é a classe C.

Para conseguir analisar se os consumos de energia deste tipo de aparelhos, é necessário saber alguns detalhes técnicos como aqueles que estão na Figura 59.

<p><b>DISPLAY</b></p> <p><b>Panel Size</b> 23-inch</p> <p><b>Screen Dimensions</b> 509.19 mm × 286.42 mm</p> <p><b>Panel Type</b> 3-side NearEdgeless In-Plane Switching</p> <p><b>Backlight</b> WLED</p> <p><b>Aspect Ratio</b> 16:9</p> <p><b>Resolution</b> 1920 x 1080</p> <p><b>Pixel Pitch</b> 0.2652 × 0.2652 mm</p> <p><b>Dot/Pixel Per Inch (DPI/PPI)</b> 95.78</p> <p><b>Viewing Angle (H x V @ CR 10:1)</b> 178° / 178°</p> <p><b>Response Time</b> 4ms (extreme mode) 6ms (normal mode)</p> <p><b>Refresh Rate</b> 60 Hz</p> <p><b>Brightness (typical)</b> 250 cd/m<sup>2</sup></p> <p><b>Contrast Ratio (typical)</b> 1000:1</p> <p><b>Dynamic Contrast Ratio (typical)</b> 3M:1</p>	<p><b>Color Gamut</b> 75% NTSC (CIE 1931)</p> <p><b>Color Support (typical)</b> 16.7 Million</p> <p><b>Anti-glare</b> Yes</p> <p><b>CONNECTIVITY</b></p> <p><b>Video Signal</b> 1 x HDMI 1.4 1 x DP 1.2 1 x VGA</p> <p><b>Audio Signal</b> 1 x Audio Out (3.5 mm)</p> <p><b>USB Hub</b> Yes</p> <p><b>USB Upstream</b> 1 x USB 3.2 Gen 1 Type-B</p> <p><b>USB Downstream</b> 4 x USB 3.2 Gen 1 (1 x BC1.2)</p> <p><b>POWER</b></p> <p><b>Power Consumption (typ./max.)</b> 14.5W / 52W</p> <p><b>Power Consumption Sleep/Off Mode</b> &lt; 0.5 W</p> <p><b>Power Consumption Switch-off Mode</b> &lt; 0.3 W</p>	<p><b>Energystar Power Consumption (P<sub>on</sub>/E<sub>FEC</sub>)</b> 10.52W / 33.73kWh</p> <p><b>Power Supply</b> Internal</p> <p><b>Voltage Required</b> AC 100 to 240 V (47-63 Hz)</p> <p><b>MECHANICAL</b></p> <p><b>Tilt Angle (front/back)</b> -5° / 35°</p> <p><b>Swivel Angle (left/right)</b> +45° / -45°</p> <p><b>Lift (max. range)</b> 150 mm</p> <p><b>Pivot</b> -90° / 90°</p> <p><b>VESA Mount Capability</b> Yes (100 x 100 mm)</p> <p><b>Tiny Bracket Support</b> Yes (sold separately)</p> <p><b>Nano Bracket Support</b> Yes (sold separately)</p> <p><b>Kensington Lock Slot</b> Yes</p> <p><b>Cable Management</b> Yes</p> <p><b>Bezel Color</b> Raven Black</p> <p><b>Bezel Width (side)</b> 2.0 mm</p> <p><b>Bezel Width (top/bottom)</b> 2.0 / 22.0 mm</p>
--	---	--

Figura 59 – Detalhes técnicos do Lenovo ThinkVision T23i-20

### 3.4 Medidas de racionalização de energia a implementar

A metodologia aqui utilizada será feita com base nos estudos dos edifícios referência apresentados anteriormente, uma vez que face aos dados disponibilizados pela empresa, uma análise mais aprofundada não será possível, contudo, espera-se obter resultados fidedignos.

Após o levantamento dos dados, é importante estudar as possíveis medidas a serem implementadas para melhorar a eficiência energética do edifício e aproximar o edifício de um nZEB, tudo isto sem nunca esquecer a viabilidade económica do projeto. Por último, também será estudada a viabilidade económica da instalação de um banco de condensadores para diminuir a fatura de energia reativa.

1. Utilização de sensores e sincronização com ocupação de escritórios
2. Desligar tomadas de escritório no período noturno
3. Implementação de energia solar
4. Instalação de arejadores nas torneiras de casa de banho

Para conseguir calcular número exatos tanto de valor monetário como de emissão de CO<sub>2</sub> evitada, é necessário consultar legislação e documentos para obter o preço praticado de energia e também o valor de gramas de CO<sub>2</sub> emitido. Segundo a ERSE, o preço atual da energia estava no seguinte valor: 0,14 €/kWh. No que diz respeito à emissão de CO<sub>2</sub> o valor considerado será de 327 gCO<sub>2</sub>/kWh, este valor foi obtido através de consulta ao artigo 8º da diretiva ERSE nº16/2018.

### 3.4.1 Diminuição de energia em período sem ocupação

Esta medida surge no seguimento da tendência observada num período pós-pandemia onde a ocupação do escritório era significativamente menor. Através dos registos de presença é possível determinar qual a média de afluência registada durante as primeiras semanas do ano. Na Tabela 10 apresenta-se este registo semanalmente.

Tabela 10 - Registo semanal do número de trabalhadores no edifício

Semana	Nº trabalhadores	Taxa de ocupação
1	92	34.85%
2	100	37.95%
3	91	34.32%
4	119	44.92%
5	129	48.71%
6	123	46.74%
7	119	45.23%
8	136	51.59%
9	107	40.45%
10	75	28.56%
11	69	26.14%
12	63	23.86%
13	55	20.76%
14	50	19.09%
15	50	18.79%
16	47	17.65%

Como se pode verificar na Tabela 10, a taxa de ocupação do edifício é muito reduzida, e como tal, seria bastante interessante estudar como evoluiria o consumo de energia se houvesse uma sinergia entre os lugares ocupados e os focos de luz ligados, uma vez que caso uma zona não tivesse ocupantes, seria um desperdício de energia ter focos de luz em funcionamento desnecessariamente. O valor médio da taxa de ocupação do edifício situa-se nos 34%, um valor extremamente baixo e que indica que o consumo de energia não está a ser eficiente uma vez que todas as luzes do escritório se encontram ligadas.

Considerando que 14% da potência de energia consumida é gasta em iluminação, o valor concreto obtém-se utilizando a média prevista de energia consumida na capacidade máxima (400 701 kWh/ano), fornecida pelo certificado da ADENE, e multiplicando por 14%, o que totaliza:

$$E_{\text{iluminação}} = 400\,701 \text{ kWh} \times 0,14 = 56\,100 \text{ kWh (12)}$$

Uma vez que a taxa de ocupação é cerca de 34%, considera-se que 66% da energia gasta em iluminação está a ser desperdiçada, portanto, o consumo anual que se iria evitar é estimado considerando a energia que se irá poupar (56 100 kWh x 0,66 =37 026 kWh).

$$E_{\text{poupada}} = 56\,100 \text{ kWh} \times 0,66 = 37\,026 \text{ kWh/ano} \quad (13)$$

$$\text{Custo}_{\text{poupado}} = E_{\text{poupada}} \times \text{preço energia} = 37\,026 \text{ kWh} \times 0,14 \text{ €/kWh} = 5\,183 \text{ €/ano} \quad (14)$$

Em termos de emissões de CO<sub>2</sub> evitada, o cálculo pode ser feito da seguinte forma:

$$\text{CO}_{2, \text{evitado}} = 37\,026 \text{ kWh/ano} \times 327 \text{ gCO}_2/\text{kWh} = 12\,107\,502 \text{ gCO}_2/\text{ano} = 12,11 \text{ tonCO}_2/\text{ano} \quad (15)$$

### 3.4.2 Diminuição de energia no período noturno

Uma das situações mais comuns atualmente é a subvalorização da energia que os equipamentos gastam quando se encontram no estado de hibernação, muitas vezes tanto o computador como os monitores ficam no modo *de* hibernação o que a longo prazo pode ter gastos acumulados significativos. Através dos catálogos disponibilizados pelas marcas tanto do monitor como do computador, é possível verificar que a potência utilizada pelos equipamentos quando se encontram neste modo é baixa (aproximadamente 0,5 W por equipamento).

O período temporal considerado será a partir das 20h até às 7h do dia seguinte, o que perfaz um total de 11, e o número de equipamento estimado será 1 computador e 1 monitor por cada trabalhador – 528 (264 x 2). Para perceber o consumo associado ao modo de hibernação anual, há que realizar o seguinte cálculo:

$$E_{\text{hibernação}} = \text{Potência}_{\text{hibernação}} \times n^{\circ} \text{ total de equipamentos} \times \text{horas diárias} \times n^{\circ} \text{ dias} \times n^{\circ} \text{ semanas} = 0,5 \text{ W} \times 528 \times 11 \text{ h} \times 5 \text{ dias} \times 52 \text{ semanas} = 755 \text{ kWh/ano} \quad (16)$$

O valor monetário poupado é dado pelo seguinte cálculo:

$$\text{Custo}_{\text{hibernação}} = E_{\text{hibernação}} \times \text{preço energia} = 755 \text{ kWh} \times 0,14 \text{ €/kWh} = 106 \text{ €/ano} \quad (17)$$

Finalmente, calcular a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> evitada é importante e é conseguido através da seguinte fórmula:

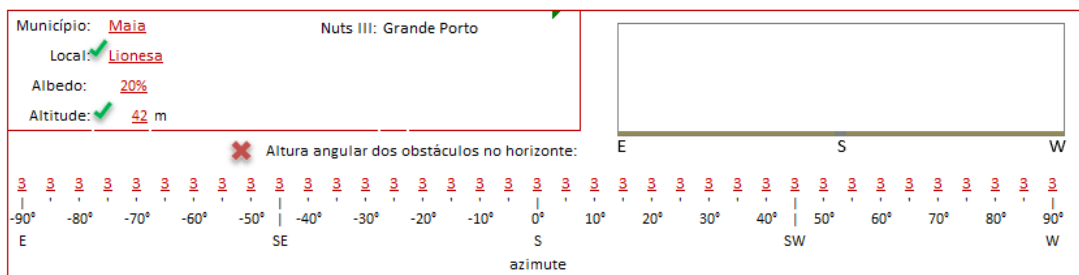
$$\text{CO}_{2, \text{evitado}} = 755 \text{ kWh/ano} \times 327 \text{ gCO}_2/\text{kWh} = 246 \ 885 \text{ gCO}_2/\text{ano} = 246,9 \text{ kgCO}_2/\text{ano} \quad (18)$$

### 3.4.3 Implementação de energia solar com recurso a painel fotovoltaico

Relativamente à implementação de energia solar, é importante acima de tudo verificar se o local do edifício dispõe de capacidade solar para conseguir suprimir as necessidades do edifício. Para a realização deste estudo foi utilizado um *software* cujo nome é SCE.ER que é uma aplicação desenvolvida pela DGE (Direção-Geral de Energia e Geologia) disponibilizada gratuitamente, onde metodologias oficiais do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) são aplicadas de forma a obter dados fidedignos.

O primeiro passo neste tipo de aplicação é definir o local onde o edifício se encontra. Neste caso, como se pode verificar na Figura 60, é suficiente indicar o município onde o edifício se encontra, o albedo e finalmente a altitude onde o edifício se localiza. Além disto, também é possível indicar se existem obstáculos no horizonte que provoquem sombra o que naturalmente terá efeito na simulação, neste caso específico não há obstáculos no horizonte do edifício.

#### Definição de novos locais



The screenshot shows the 'Definição de novos locais' (Definition of new locations) screen in the SCE.ER software. It includes the following fields and values:

- Município: Maia
- Nuts III: Grande Porto
- Local:  Lionesa
- Albedo: 20%
- Altitude:  42 m

Below these fields is a section for 'Altura angular dos obstáculos no horizonte:' (Angular height of obstacles on the horizon), which is currently empty. At the bottom, there is a horizontal axis labeled 'azimute' (azimuth) ranging from -90° to 90° in 10-degree increments. The cardinal directions are marked: E (-90°), SE (-45°), S (0°), SW (45°), and W (90°). A green line is drawn across the top of the azimuth axis, indicating a clear horizon with no obstacles.

Figura 60 - Parâmetros da localização do edifício no software SCE.ER

De seguida, e como neste caso apenas se irá estudar a implementação de um solar fotovoltaico, há que adicionar à base de dados o módulo fotovoltaico que se pretende instalar. Os dados pedidos pelo software estão disponíveis no catálogo do fabricante e são os seguintes: material, estrutura, “V<sub>mpp</sub>” (tensão no ponto de máxima potência), “I<sub>mpp</sub>” (corrente no ponto de máxima potência), “NOCT” (temperatura nominal de operação), “ $\delta P_{max}$ ” (variação da potência máxima com a temperatura), “ $\delta V_{max}$ ” (variação da tensão máxima com a temperatura) e “ $\delta I_{max}$ ” (variação da corrente máxima com a temperatura). Para este estudo, o módulo selecionado é o modelo *Tiger Neo N-type 78HL4* da marca *JinkoSolar*, que se mostra na Figura 61 e é sustentado pelo catálogo do fabricante, disponível no anexo 6.

### Definição de novo modelo de módulo solar fotovoltaico

Marca e modelo	<b>JinkoSolar Tiger 78HL4</b>																		
Dimensões	Comprimento: <b>2.465</b> m	Largura: <b>1.134</b> m																	
Tecnologia	Material: <b>Si</b>	Estrutura: <b>crystalino</b>																	
Parâmetros técnicos	<p>Nº de células: <b>156</b></p> <table> <tr> <td>Voc: <b>55.4</b> V</td> <td><math>\delta Voc</math>: <b>-0.25%</b> /K</td> <td>▼</td> <td>-139 mV/K</td> </tr> <tr> <td>Isc: <b>14.18</b> A</td> <td><math>\delta Isc</math>: <b>0.046%</b> /K</td> <td>▼</td> <td>6.52 mA/K</td> </tr> <tr> <td>V<sub>mpp</sub>: <b>45.7</b> V</td> <td><math>\delta P_{max}</math>: <b>-0.30%</b> /K</td> <td>▼</td> <td>-1.84 W/K</td> </tr> <tr> <td>I<sub>mpp</sub>: <b>13.46</b> A</td> <td>NOCT: <b>45.0</b> °C</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>degradação máxima: <b>0.4%</b> /ano</p>			Voc: <b>55.4</b> V	$\delta Voc$ : <b>-0.25%</b> /K	▼	-139 mV/K	Isc: <b>14.18</b> A	$\delta Isc$ : <b>0.046%</b> /K	▼	6.52 mA/K	V <sub>mpp</sub> : <b>45.7</b> V	$\delta P_{max}$ : <b>-0.30%</b> /K	▼	-1.84 W/K	I <sub>mpp</sub> : <b>13.46</b> A	NOCT: <b>45.0</b> °C		
Voc: <b>55.4</b> V	$\delta Voc$ : <b>-0.25%</b> /K	▼	-139 mV/K																
Isc: <b>14.18</b> A	$\delta Isc$ : <b>0.046%</b> /K	▼	6.52 mA/K																
V <sub>mpp</sub> : <b>45.7</b> V	$\delta P_{max}$ : <b>-0.30%</b> /K	▼	-1.84 W/K																
I <sub>mpp</sub> : <b>13.46</b> A	NOCT: <b>45.0</b> °C																		

Figura 61 - Parâmetros do módulo fotovoltaico no software SCE.ER

Por último, há que definir os parâmetros da simulação, como por exemplo, o número de módulos a instalar, o tipo de instalação, a eficiência do inversor, se o sistema está em modo de autoconsumo ou se tem baterias associadas à instalação, entre outros. A simulação foi feita com os valores mostrados na Figura 62.

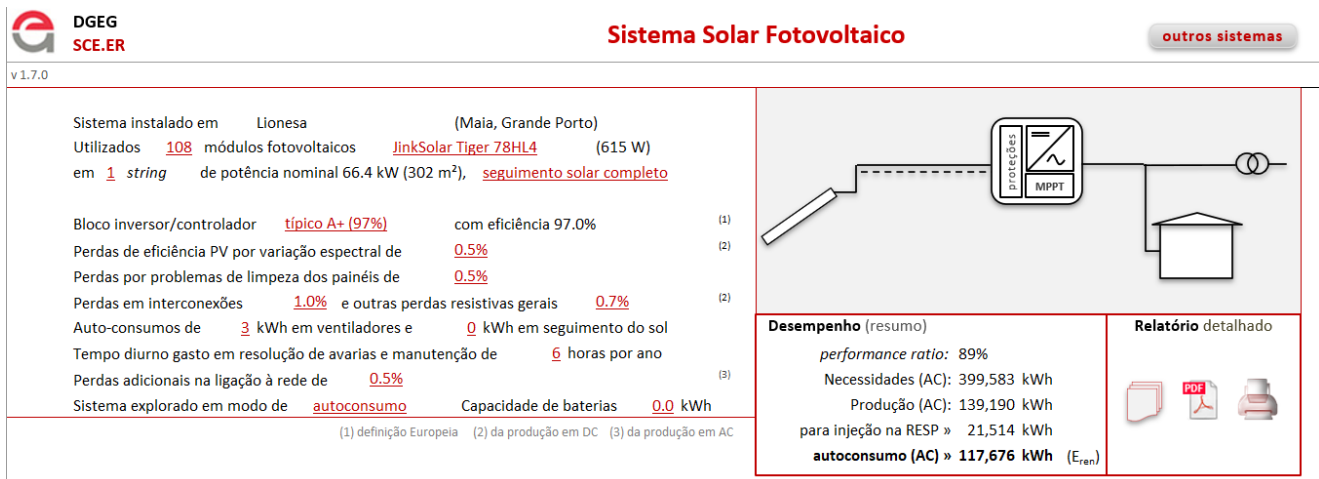


Figura 62 - Simulação do sistema solar fotovoltaico no software SCE.ER

Após realizada a simulação é gerado um relatório com indicadores que permitem concretizar algumas conclusões relativamente à viabilidade ou não desta implementação. Como se verifica na Figura 63, mesmo com uma área total de 302 m<sup>2</sup> de módulos solares, a energia elétrica para autoconsumo não ultrapassa os 117 676 kWh/ano, o que corresponde a 29% da necessidade total do edifício, o relatório está disponível no anexo 8.

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico			
Sumário			
Instalação em Lionesa (Maia)	energia solar incidente:	727,656 kWh/ano	<b>Índices de desempenho</b> produtividade técnica: 2096 kWh/kW instalado aproveitado: 1772 kWh/kW instalado rendimento relativo: 89% (performance ratio) i.e. 19% da energia incidente necessidades cobertas: 29%
301.9 m <sup>2</sup> de módulos JinkSolar Tiger 78HL4	produção fotovoltaica potencial (DC):	152,952 kWh/ano	
seguimento solar completo	perdas de sistema (DC):	-4,110 kWh/ano	
permanentemente orientados para o sol.	perdas e consumos parasíticos (AC):	-5,187 kWh/ano	
Potência: 66.4 kW (nominal)	produção (AC):	139,190 kWh/ano	
	autoconsumo (AC):	117,676 kWh/ano	

Figura 63 - Sumário do relatório da simulação do sistema solar fotovoltaico

Em termos de emissões de CO<sub>2</sub> evitada, o cálculo pode ser feito da seguinte forma:

$$\text{CO}_{2, \text{evitado}} = 117\,676 \text{ kWh/ano} \times 327 \text{ gCO}_2/\text{kWh} = 32\,480\,052 \text{ gCO}_2/\text{ano} = 32,5 \text{ tonCO}_2/\text{ano} \text{ (19)}$$

### 3.4.4 Redução de consumo de água na casa de banho

Uma medida que visa a poupança de água neste edifício, está relacionada com a instalação de arejadores nas torneiras dos lavatórios de casa de banho presentes no edifício. Atualmente, a torneira que está instalada em todos os lavatórios de casa de banho do edifício é a da Figura 64.



Figura 64 - Especificação da torneira Thatii PE 516601

No entanto, esta torneira não tem previsto nenhum mecanismo no que diz respeito a poupança de água. Assim sendo, resolveu-se estudar a implementação do dispositivo que é o arejador cujo objetivo é reduzir o caudal debitado pela torneira. Segundo o projeto hidráulico elaborado aquando da construção do edifício, o caudal previsto para o débito de água destas torneiras é de 0,1 l/s o que corresponde a 6 l/min.

O arejador escolhido para o efeito é da marca *NEOPERL* e tem as características apresentadas na Figura 65.

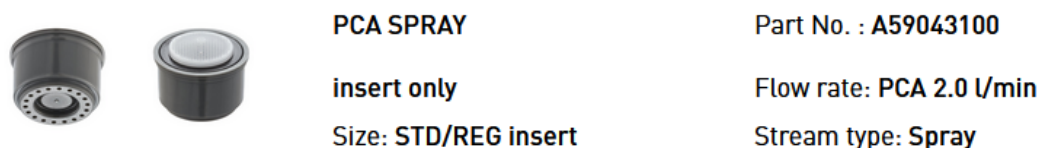


Figura 65 - Arejador NEOPERL

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- 4.1 Utilização de sensores e sincronização com ocupação de escritórios
- 4.2 Desligar tomadas de escritório no período noturno
- 4.3 Implementação de energia solar com recurso a painel fotovoltaico
- 4.4 Instalação de arejadores nas torneiras de casa de banho



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Utilização de sensores e sincronização com ocupação de escritórios

Esta medida apesar de gerar uma poupança anual na ordem dos 1000 € pode trazer a longo prazo significativas poupanças energéticas, mas também uma redução significativa da emissão de CO<sub>2</sub>. No entanto, há que ter em conta que para conseguir realizar a simbiose entre a marcação dos lugares no escritório e a desativação nessa área é necessário o desenvolvimento de um sistema que permita fazer isto de forma automática, o que significará alguns custos acrescidos. Como os custos associados ao desenvolvimento desta aplicação são complexos e bastante variáveis, é um desafio calcular com exatidão qual seria a tempo de retorno para este projeto.

Assumindo que o valor ideal para o Período de Recuperação de Capital (PRC) usualmente assumido é cerca de 5 anos, consegue-se fazer o cálculo inverso e determinar qual o valor máximo que se deve permitir para a implementação deste sistema, desta forma:

$$PRC = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \Leftrightarrow 5 = \frac{\text{Investimento}}{5\,183\,€} \Leftrightarrow \text{Investimento} = 25\,915\,€ \quad (20)$$

Assim sendo o valor máximo admissível para o investimento no desenvolvimento deste tipo de sistema, deverá ser 25 915€.

Em termos percentuais, esta medida irá permitir uma poupança de 37 026 kWh/ano, quando comparado com o consumo geral do edifício esta poupança representa cerca de 9% do consumo de energia elétrica no edifício.

### 4.2 Desligar tomadas de escritório no período noturno

Para implementar a medida acima referida, ao contrário da medida anterior, não é necessário um sistema tão evoluído, bastando programar que a partir das 20h as tomadas referentes aos equipamentos que não estão a ser usados, tais como monitores e computadores, deixem de estar em funcionamento. Este processo é algo relativamente simples de se atingir e, portanto, considera-se que o investimento inicial para este sistema é zero. Assim sendo, apesar do retorno não ser tão relevante como o anterior, acaba por ser uma poupança tanto monetária como ambiental o que acaba sempre por ser benéfico.

Em termos percentuais, esta medida irá permitir uma poupança de 755 kWh/ano, quando comparado com o consumo geral do edifício esta poupança representa cerca de 0,18% do consumo de energia elétrica no edifício.

### 4.3 Implementação de energia solar com recurso a painel fotovoltaico

A implementação de painéis solares na cobertura do edifício seria um processo bastante moroso e com um grau de complexidade elevado. Para garantir uma incerteza menor neste projeto, estudos exaustivos e bastante pormenorizados deveriam ser feitos para garantir uma maior fiabilidade do projeto.

No que diz respeito ao investimento inicial deste projeto há que considerar os dois aspetos fundamentais: o preço dos painéis fotovoltaicos e o preço da mão de obra para a implementação de todo o sistema.

Relativamente aos painéis solares, o estudo feito considerou a instalação de 108 painéis solares, o que corresponde a 280 m<sup>2</sup> de painel fotovoltaico, cada um destes painéis têm um preço de venda ao consumidor de aproximadamente 200 €/unidade, considerando que se irão instalar 100 painéis, o valor total no que concerne a matéria-prima será cerca de 21 600 €. O inversor selecionado, Figura 66, consegue funcionar em simultâneo em 12 painéis solares fotovoltaicos o que resulta numa necessidade de 9 inversores, segundo o orçamento obtido, cada inversor tem um custo de 4 900 € o que perfaz um total de investimento em inversores de 44 100 €, o catálogo deste dispositivo está disponível no anexo 7.



Figura 66 - Inversor selecionado para o projeto

No que diz respeito à instalação dos painéis, visto que os escritórios pertencem a uma empresa do ramo energético, o valor seria substancialmente baixo. Tendo em conta que através do estudo de mercado realizado, a instalação destes sistemas está a rondar os 10 000€, uma vez que a instalação seria feita por trabalhadores da própria empresa, o custo final seria reduzido para cerca de 5 000 €. O investimento total deste sistema situa-se nos 70 700 €.

Por outro lado, há também que calcular a poupança possível com este tipo de sistemas: o sistema conseguiria produzir 117 676 kWh/ano, considerando o preço médio da eletricidade igual ao considerado anteriormente: 0,14 €/kWh, resulta numa poupança anual média de 16 475 €/ano.

O PRC para esta situação é dado pela seguinte fórmula:

$$PRC = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Poupança}} \Leftrightarrow PRC = \frac{70\,700\ \text{€}}{16\,475\ \text{€}} \Leftrightarrow PRC = 4,3\ \text{anos (21)}$$

Tendo em conta o valor obtido, considera-se que este projeto é de facto bastante rentável e deve ser tido em conta num futuro próximo tanto do ponto de vista económico com ambiental.

Em termos percentuais, esta medida irá permitir uma poupança de 117 676 kWh/ano, quando comparado com o consumo geral do edifício esta poupança representa cerca de 29% do consumo de energia elétrica no edifício.

#### 4.4 Instalação de arejadores nas torneiras de casa de banho

De acordo com os dados fornecidos, o caudal de débito que o novo arejador permite é de 2,0 l/min, o que significa que houve uma redução de caudal de 4 l/min. Através da ferramenta SBTool, que é uma ferramenta desenvolvida para avaliar o desempenho relativo à sustentabilidade em edifícios, foi possível calcular o consumo anual de água no edifício a estudar, tendo como base de cálculo a tabela apresentada na Figura 67 utilizada no programa mencionado anteriormente.

Dispositivo de utilização	Tipo de Dispositivo	Consumo por utilização (litros)	Proporção na habitação (soma=1)	Nº utilizações por ano	Nº de utilizações / dia.hab.	Vol. Anual de água consumida (m <sup>3</sup> /hab.ano)
Bacias de retrete	Descarga de 10 l	10,5		365	6	
	Descarga de 9 l	9,5		365	6	
	Descarga de 7,5 l	8		365	6	
	Descarga de 6 l	6,5		365	6	
	Dupla descarga 6/4 l	4,5		365	6	
	Descarga de 4 l	4		365	6	
	Dupla descarga 6/3 l	4		365	6	
	Dupla descarga 4/2 l	3		365	6	
	Sistema seco	0		365	6	
	Outro			365	6	
Torneiras	Torneiras convencionais	1		365	10	
	Torneiras com redutor de caudal	0,5		365	10	
	Torneiras com arejador	0,5		365	10	
	Outro			365	10	
Lava-louça	Torneiras convencionais	12		365	1	
	Torneiras com redutor de caudal	6		365	1	
	Torneiras com arejador	6		365	1	
	Outro			365	1	
Chuveiros	12 < fluxo ≤ 15	67,5		365	0,7	
	9 < fluxo ≤ 12	52,5		365	0,7	
	6 < fluxo ≤ 9	37,5		365	0,7	
	4,5 < fluxo ≤ 6	26,5		365	0,7	
	fluxo ≤ 4,5	22,5		365	0,7	
	Outros			365	0,7	
Máquina de Roupa	Prática corrente	75		365	0,15	
	Baixo consumo	45		365	0,15	
	Outro			365	0,15	
Máquina de Louça	Prática corrente	25		365	0,12	
	Baixo consumo	15		365	0,12	
	Outro			365	0,12	
Previsão do volume anual de água consumido per capita no interior do edifício ( $P_{CA}$ ) = $\Sigma$ =						

Figura 67 - Dados para o cálculo do consumo anual de água

Para obter resultados a partir da Figura 67, é necessário preencher a coluna número 4, e automaticamente através da multiplicação de todas as colunas, irá ser calculado o consumo por tipo de dispositivo. Para o caso inicial irá ser definido que as bacias de retrete têm um dispositivo de dupla descarga 6/4 l, a torneira será torneira convencional e finalmente os chuveiros têm um fluxo entre 4,5 e 6 l/min.

Dispositivo de utilização	Tipo de Dispositivo	Consumo por utilização (litros)	Proporção na habitação (soma=1)	Nº utilizações por ano	Nº de utilizações / dia.hab.	Vol. Anual de água consumida (m <sup>3</sup> / hab.ano)
Bacias de retrete	Descarga de 10 l	10,5		365	6	0
	Descarga de 9 l	9,5		365	6	0
	Descarga de 7,5 l	8		365	6	0
	Descarga de 6 l	6,5		365	6	0
	Dupla descarga 6/4 l	4,5	1	365	6	9,855
	Descarga de 4 l	4		365	6	0
	Dupla descarga 6/3 l	4		365	6	0
	Dupla descarga 4/2 l	3	0	365	6	0
	Sistema seco	0		365	6	0
	Outro			365	6	0
Torneiras	Torneiras convencionais	1	1	365	10	3,65
	Torneiras com redutor de caudal	0,5	0	365	10	0
	Torneiras com arejador	0,5	0	365	10	0
	Outro			365	10	0
Lava-louça	Torneiras convencionais	12	0	365	1	0
	Torneiras com redutor de caudal	6	0	365	1	0
	Torneiras com arejador	6	0	365	1	0
	Outro			365	1	0
Chuveiros	12 < fluxo ≤ 15	67,5		365	0,7	0
	9 < fluxo ≤ 12	52,5	0	365	0,7	0
	6 < fluxo ≤ 9	37,5		365	0,7	0
	4,5 < fluxo ≤ 6	26,5	1	365	0,7	6,77075
	fluxo ≤ 4,5	22,5	0	365	0,7	0
	Outros			365	0,7	0
Máquina de Roupa	Prática corrente	75	0	365	0,15	0
	Baixo consumo	45	0	365	0,15	0
	Outro			365	0,15	0
Máquina de Louça	Prática corrente	25	0	365	0,12	0
	Baixo consumo	15	0	365	0,12	0
	Outro			365	0,12	0
Previsão do volume anual de água consumido per capita no interior do edifício ( $P_{CA}$ ) = $\Sigma$ =						<b>20,28</b>

Figura 68 - Cálculo do consumo de água per capita

Como se verifica na Figura 68, o consumo de água anual por utilizador é 20,28 m<sup>3</sup>/hab.ano. Tendo em conta o número de trabalhadores na capacidade máxima é 264, o consumo total é cerca de 5353,9 m<sup>3</sup>/ano.

Considerando a alternativa proposta, a única diferença será no tipo de dispositivo da torneira, que será torneira com arejador, esta mudança está refletida na Figura 69.

Dispositivo de utilização	Tipo de Dispositivo	Consumo por utilização (litros)	Proporção na habitação (soma=1)	Nº utilizações por ano	Nº de utilizações / dia.hab.	Vol. Anual de água consumida (m <sup>3</sup> / hab.ano)
Bacias de retrete	Descarga de 10 l	10,5		365	6	0
	Descarga de 9 l	9,5		365	6	0
	Descarga de 7,5 l	8		365	6	0
	Descarga de 6 l	6,5		365	6	0
	Dupla descarga 6/4 l	4,5	1	365	6	9,855
	Descarga de 4 l	4		365	6	0
	Dupla descarga 6/3 l	4		365	6	0
	Dupla descarga 4/2 l	3	0	365	6	0
	Sistema seco	0		365	6	0
	Outro			365	6	0
Torneiras	Torneiras convencionais	1	0	365	10	0
	Torneiras com redutor de caudal	0,5	1	365	10	1,825
	Torneiras com arejador	0,5	0	365	10	0
	Outro			365	10	0
Lava-louça	Torneiras convencionais	12	0	365	1	0
	Torneiras com redutor de caudal	6	0	365	1	0
	Torneiras com arejador	6	0	365	1	0
Chuveiros	Outro			365	1	0
	12 < fluxo ≤ 15	67,5		365	0,7	0
	9 < fluxo ≤ 12	52,5	0	365	0,7	0
	6 < fluxo ≤ 9	37,5		365	0,7	0
	4,5 < fluxo ≤ 6	26,5	1	365	0,7	6,77075
	fluxo ≤ 4,5	22,5	0	365	0,7	0
Máquina de Roupa	Outros			365	0,7	0
	Prática corrente	75	0	365	0,15	0
	Baixo consumo	45	0	365	0,15	0
Máquina de Louça	Outro			365	0,15	0
	Prática corrente	25	0	365	0,12	0
	Baixo consumo	15	0	365	0,12	0
	Outro			365	0,12	0
Previsão do volume anual de água consumido per capita no interior do edifício ( $P_{CA}$ ) = $\Sigma$ =						<b>18,45</b>

Figura 69 - Previsão do volume anual de água consumida *per capita*

Como se averigua na Figura 69, o consumo de água anual por utilizador é 18,45 m<sup>3</sup>/hab.ano. Tendo em conta o número de trabalhadores na capacidade máxima é 264, o consumo total é cerca de 4870,8 m<sup>3</sup>/ano.

A poupança no consumo de água é portanto: 483,1 m<sup>3</sup>/ano, o que resulta numa redução percentual de 9%. Através da consulta à Figura 70 para 2022 fornecido pela empresa INDAQUA, é possível aferir o preço de água ao comércio e indústria.

TARIFA DE VENDA DE ÁGUA (Valores sujeitos a IVA à taxa legal em vigor)	Escalões (m <sup>3</sup> /30 dias)	Euros/m <sup>3</sup>
Domésticos	1º Escalão - 0 a 5 m <sup>3</sup>	0,6371
	2º Escalão - 6 a 15 m <sup>3</sup>	1,0359
	3º Escalão - 16 a 25 m <sup>3</sup>	1,8729
	4º Escalão - superior a 25 m <sup>3</sup>	2,8061
Comércio/Indústria	1º Escalão - 0 a 50 m <sup>3</sup>	1,9844
	2º Escalão - 51 a 200 m <sup>3</sup>	2,2085
	3º Escalão - superior a 200 m <sup>3</sup>	2,4587
Estado	Escalão Único	2,3844
Autarquias	Escalão Único	0,7103
Instituições/Associações	Escalão Único	0,7103
Obras	Escalão Único	2,7832

Figura 70 - Tarifário do consumo de água para 2022

O preço estipulado é de 2,4587 €/m<sup>3</sup>, assim, a poupança total anual é a seguinte:

$$Poupança_{\text{água}} = Red_{\text{consumo}} \times 2,4587 \Leftrightarrow Poupança_{\text{água}} = 483,1 \times 2,4587 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow Poupança_{\text{água}} = 1187,8 \text{ €/ano (22)}$$

Adicionalmente, foi feito o levantamento do número de torneiras disponíveis no edifício, totalizando 28 torneiras, o que significa que haverá necessidade de adquirir 28 arejadores, que através da consulta efetuada têm um preço a rondar os 4 € por unidade. Assim, o investimento total seria de 112 €. Desta forma, é também possível calcular o PRC desta medida:

$$PRC = \frac{\text{Investimento}}{\text{Poupança}} \Leftrightarrow PRC = \frac{112 \text{ €}}{1187,8 \text{ €}} \Leftrightarrow PRC = 0,1 \text{ anos (23)}$$

Assim sendo, agrupando todos os valores calculados anteriormente, conseguimos aferir que no que diz respeito a energia elétrica, as medidas apresentadas resultaram numa redução percentual no consumo de eletricidade de cerca de 9% do consumo total no edifício, cerca de 37 781 kWh/ano e no que diz respeito à redução da fatura da eletricidade, esta foi cerca de 38%, paralelamente, uma redução de 9% foi observada no consumo de água no edifício.

Em termos de redução de emissões de CO<sub>2</sub>, observou-se uma redução anual de aproximadamente 44,9 tonCO<sub>2</sub>/ano, o que corresponde a cerca de 24% das emissões totais de CO<sub>2</sub> do edifício, 149,1 tonCO<sub>2</sub>/ano.

Relativamente à componente económica do caso de estudo, caso fossem implementadas todas as medidas, a poupança anual rondaria os 22 846 € o que é uma poupança bastante significativa, com especial foco para a implementação de painéis solares fotovoltaicos cujo projeto permitiria uma poupança anual de 16 475 € e além disso, iria contribuir para o aumento da eficiência energética do edifício e poderia permitir que o edifício atingisse um nível de eficiência superior ao que tem atualmente. O projeto da instalação de arejadores, também é bastante rentável visto que tem um PRC bastante baixo o que significa que o investimento feito daria retorno bastante rapidamente o que é um excelente indicador.

# CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- 5.1 Conclusões
- 5.2 Sugestões de trabalhos futuros



## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

Com o passar dos últimos anos, cada vez mais há uma sensibilização por parte de entidades responsáveis no que diz respeito à redução do consumo de recursos e também na obtenção de energia através de fontes alternativas. Estas metodologias além de reduzirem os consumos de recursos, irão também contribuir para um menor consumo de energia não-renovável, mas também para uma redução da emissão de gases poluentes.

Na mais recente auditoria energética realizada ao edifício estudado, o mesmo obteve a classe B. Consoante esta classificação e no sentido de alcançar uma melhor classificação foram propostas quatro medidas para suprimir necessidades de recursos. Através do relatório desta auditoria, foi sugerido que simplesmente com a implementação de painéis fotovoltaicos seria possível atingir a classe A. No estudo realizado, além da instalação de painéis fotovoltaicos foi também estudada a forma de reduzir consumo de energia elétrica, mas também redução do consumo de água.

Relativamente aos resultados obtidos com este estudo, foi possível atingir uma redução no consumo de energia elétrica de 37 781 kWh, que corresponde a 9% do consumo total de eletricidade no edifício e também uma redução de 483,1 m<sup>3</sup>/ano no consumo de água, o que corresponde a cerca de 9% no consumo de água total no edifício.

Em relação à emissão de CO<sub>2</sub>, foi registada uma poupança anual da ordem das 35,4 ton, o que corresponde a aproximadamente 25%, o que simboliza um quarto das emissões do edifício, um valor bastante significativo.

Financeiramente, o projeto obteve alguns indicadores bastante positivos, no entanto, há que ser feita uma análise financeira mais profunda de modo a obter resultados ainda mais precisos.

Numa tentativa de extrapolar os resultados obtidos neste estudo, foi feito um levantamento do número de grandes empresas (>250 trabalhadores) a operar em Portugal que são cerca de 875 empresas. Considerando que todas estas empresas conseguiriam implementar as medidas apresentadas neste trabalho, iríamos obter uma redução de emissões de CO<sub>2</sub> de 38 165 tonCO<sub>2</sub>/ano, que corresponde a uma diminuição de sensivelmente 0,1 % das emissões nacionais o que acaba por ser um indicador bastante positivo olhando para a complexidade das medidas a implementar e o resultado das mesmas.

Tendo em conta que a construção do edifício é relativamente recente (concluída há quatro anos), é de esperar que os equipamentos instalados no edifício já sejam bastante eficientes, o que acabou por se verificar tanto a nível de climatização, como a nível de iluminação, após comprovar que todas os sistemas de iluminação são compostos por lâmpadas LED, deixando assim pouco espaço de manobra para uma eventual melhoria através da substituição destes equipamentos por outros mais eficientes.

Por último, é importante notar que atualmente, é essencial que haja uma monitorização dos consumos energéticos dos edifícios para que haja uma correta análise e propostas de melhorias. Nesse sentido, é de realçar que a utilização deste tipo de sistemas de monitorização iria aumentar não só o grau de eficácia das medidas apresentadas, mas também contribuir para uma maior sensibilização e realização dos próprios utilizadores.

## 5.2 Sugestões de trabalhos futuros

Um dos principais entraves para o desenvolvimento deste trabalho foi precisamente o acesso limitado a informação acerca dos consumos energéticos no edifício a estudar. Para obter resultados mais precisos é fundamental que haja documentação extensa e pormenorizada acerca dos consumos energéticos do edifício. Uma monitorização do edifício durante um certo período de tempo seria bastante interessante e também iria diminuir o grau de incerteza do estudo.

Adicionalmente, a utilização de *softwares* mais especializados tanto no ramo do AVAC como no projeto fotovoltaico também permitiram resultados mais precisos.



# Referências Bibliográficas

6.1 NORMAS

6.2 LEGISLAÇÃO



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Smil, V., "Energy and civilization: a history", MIT Press, 2018
- [2] Farias, L. M., & Sellitto, M. A., "Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras", *Revista Liberato*, 12(17), 07-16, 2011
- [3] APREN, "Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental em 2022." [Online]. Disponível: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- [4] United Nations Development Programme. "Sustainable Development Goals Booklet", 2015
- [5] Acaravci, A., & Ozturk, I., "On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe", *Energy*, 35(12), 5412-5420, 2010
- [6] Brundtland, G., "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.", United Nations General Assembly, 1987
- [7] United Nations Organization, "The Millennium Development Goals Report", 2011
- [8] Sachs, J. D. "From millennium development goals to sustainable development goals", *The Lancet*, 379(9832), 2206-2211, 2012
- [9] United Nations Organization. "The 2030 Agenda is at the heart of the PARIS21 Strategy." [Online]. Disponível: <https://www.paris21.org/sustainable-development-goals>
- [10] Savitz, A., "The triple bottom line: how today's best-run companies are achieving economic, social and environmental success-and how you can too", John Wiley & Sons, 2013
- [11] Mondini, G., "Sustainability assessment: From Brundtland report to sustainable development goals", *Valori e Valutazioni*, (23), 2019
- [12] Slaper, T. F., & Hall, T. J., "The triple bottom line: What is it and how does it work", *Indiana Business Review*, 86(1), 4-8, 2011
- [13] United Nations Conference on Environment & Development, "AGENDA 21", 1992
- [14] Sitarz, D., "Agenda 21: The earth summit strategy to save our planet", 1993
- [15] Grubb, M., Koch, M., Thomson, K., Sullivan, F., & Munson, A., "The Earth Summit Agreements: A Guide and Assessment: An Analysis of the Rio'92 UN Conference on Environment and Development (Vol. 9)", Routledge, 2019
- [16] Böhringer, C., "The Kyoto protocol: a review and perspectives", *Oxford Review of Economic Policy*, 19(3), 451-466, 2003
- [17] United Nations Organization. "The eight Millennium Development Goals." [Online]. Disponível: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/05/jeffrey-sachs-interview/mdgs/>
- [18] United Nations Organization, "Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development", 2015
- [19] United Nations Organization, "The Sustainable Development Goals Report", 2021
- [20] Silva, M., "ABC dos objetivos de desenvolvimento sustentável", 2020
- [21] Birdsall, N., Kharas, H. J., Mahgoub, A., & Perakis, R., "Quality of official development assistance assessment", Washington, DC: Center for Global Development, 2010

- [22] Goldemberg, J., "World energy assessment. Energy and the challenge of sustainability", 2001
- [23] Gunnarsdóttir, I., Davidsdóttir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdóttir, S., "Sustainable energy development: History of the concept and emerging themes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*", 141, 110770, 2021
- [24] Vera, I., & Langlois, L., "Energy indicators for sustainable development", *Energy*, 32(6), 875-882, 2007
- [25] Martinot, E., Chaurey, A., Lew, D., Moreira, J. R., & Wamukonya, N., "Renewable energy markets in developing countries", *Annual review of energy and the environment*, 27(1), 309-348, 2002
- [26] Johannesson, J., & Clowes, D., "Energy resources and markets—Perspectives on the Russia–Ukraine War", *European Review*, 30(1), 4-23, 2022
- [27] Olabi, A. G., & Abdelkareem, M. A., "Renewable energy and climate change", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112111, 2022
- [28] Krumm, A., Süsser, D., & Blechinger, P., "Modelling social aspects of the energy transition: What is the current representation of social factors in energy models?", *Energy*, 239, 121706, 2022
- [29] Halova G O, "Analysis of the changing role of renewable energy in global energy production and consumption Economics of industries and regions", *Innovation and investment*, 1 113-8, 2017
- [30] Shalaeva, D. S., Kukartseva, O. I., Tynchenko, V. S., Kukartsev, V. V., Aponasenko, S. V., & Stepanova, E. V., "Analysis of the development of global energy production and consumption by fuel type in various regions of the world", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 952, No. 1, p. 012025), IOP Publishing, 2022
- [31] Internacional Energy Agency Data Services, "Electricity consumption, World 1990-2019", 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TotElecCons>
- [32] Internacional Energy Agency Data Services, "Electricity consumption, Portugal 1990-2019", 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=PORTUGAL&fuel=Energy%20consumption&indicator=TotElecCons>
- [33] Internacional Energy Agency Data Services, "Electricity consumption by sector, World 1990-2019", 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=ElecConsBySector>
- [34] Internacional Energy Agency Data Services, "Electricity generation by source, World 1990-2019", 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>
- [35] Ahmad, T., & Zhang, D., "A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far.", *Energy Reports*, 6, 2020
- [36] York, R., & Bell, S. E., "Energy transitions or additions: Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy.", *Energy Research & Social Science*, 51, 40-43, 2019
- [37] Eurostat, "Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)", 2022, [Online]. Disponível:

[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg\\_pc\\_205/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205/default/table?lang=en)

- [38] de Campos Pinto, P. D, “ANÁLISE DO IMPACTO DA ENERGIA RENOVÁVEL NOS PREÇOS DE MERCADO DA ELETRICIDADE EM PORTUGAL ENTRE 2009 E 2016.”, 2018
- [39] APREN, “Evolução da Produção Elétrica em Portugal Continental”, 2021, [Online]. Disponível: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- [40] Simões, T., Couto, A., Duque, J., Fontes, M., & Estanqueiro, A, “Planear o futuro da energia eólica em Portugal”, LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2019
- [41] Figueira, T. V. G., “Energia Solar em Portugal - Mapeamento do potencial fotovoltaico com recurso a Sistemas de Informação Geográfica”, 2019
- [42] APREN, “Boletim – Eletricidade Renovável”, 2021
- [43] Stavenhagen, M., Buurman, J., & Tortajada, C., “Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe”, Cities, 79, 187-195, 2018
- [44] European Drought Observatory, “Drought in Europe – GDO Analytical Report”, 2022
- [45] Alonso, C. A. P., “Desenvolvimento de mapas de vulnerabilidade da agricultura à seca em Portugal (Doctoral dissertation)”, 2018
- [46] Fundação Calouste Gulbenkian, “O USO DA água EM PORTUGAL OLHAR, COMPREENDER E ACTUAR COM OS PROTAGONISTAS CHAVE”, Fundação Calouste Gulbenkian & Return On Ideas, 2020
- [47] Kurnitski, J., Allard, F., Braham, D., Goeders, G., Heiselberg, P., Jagemar, L. & Virta, M., “How to define nearly net zero energy buildings nZEB”, Rehva Journal, 48(3), 6-12, 2011
- [48] Almeida, M. G. D., Ferreira, M. A. P. S., & Rodrigues, A., “Definição de nZEB em Portugal–Contributo com base em análises de custo de ciclo de vida.”, 2016
- [49] Castro, R. M., “Introdução à energia fotovoltaica.”, DEEC/Seção de Energia Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico, 2002
- [50] Jamil, F., Ali, H. M., Nasir, M. A., Karahan, M., Janjua, M. M., Naseer, A., & Pasha, R. A., “Evaluation of photovoltaic panels using different nano phase change material and a concise comparison: An experimental study.”, Renewable Energy, 169, 1265-1279, 2021
- [51] Kumar, L., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A., “Global advancement of solar thermal energy technologies for industrial process heat and its future prospects: A review”, Energy Conversion and Management, 195, 885-908, 2019
- [52] Chua, K. J., Chou, S. K., & Yang, W. M., “Advances in heat pump systems: A review”, Applied energy, 87(12), 3611-3624, 2010
- [53] Brodny, J., & Tutak, M., “The analysis of similarities between the European Union countries in terms of the level and structure of the emissions of selected gases and air pollutants into the atmosphere.”, Journal of cleaner production, 279, 123641, 2021
- [54] Internacional Energy Agency Data Services, “ CO2 emissions by energy source, World 1990-2019”, 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySource>

- [55] Internacional Energy Agency Data Services, “CO2 emissions by energy source, Portugal 1990-2019”, 2019, [Online]. Disponível: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=PORTUGAL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySource>
- [56] EUR-Lex, “Desempenho energético dos edifícios”, 2021, [Online]. Disponível: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM:en0021%20>
- [57] “Decreto-Lei n. 978/2006 de 4 de Abril,” 2006.
- [58] “Decreto-Lei n. 979/2006 de 4 de Abril,” 2006.
- [59] ADENE, “Legislação”, 2022, [Online]. Disponível: <https://www.sce.pt/legislacao/>
- [60] “Decreto-Lei n. 980/2006 de 4 de Abril,” 2006.
- [61] Hamburg, A., Kuusk, K., Mikola, A., & Kalamees, T., “Realisation of energy performance targets of an old apartment building renovated to nZEB. *Energy*, 194, 116874”, 2020.
- [62] Berardi, U., Manca, M., Casaldaliga, P., & Pich-Aguilera, F., “From high-energy demands to nZEB: The retrofit of a school in Catalonia, Spain”, *Energy Procedia*, 140, 141-150, 2017.
- [63] Alajmi, A., Short, A., Ferguson, J., Poel, K. V., & Griffin, C., “Detailed energy efficiency strategies for converting an existing office building to NZEB: a case study in the Pacific Northwest.” *Energy Efficiency*, 13(6), 1089-1104, 2020.
- [64] Costa, Rui J. G., Bragança, L., Mateus, Ricardo, Bezerra, J. C., “Reabilitação sustentável de edifícios antigos: contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade”, Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil (DEC), 2014.

## 6.1 Normas

EN 15603:2008 – Desempenho Energético de Edifícios

EN 15251:2007 – Norma de Conforto Europeia

ISSO 15927-4:2005 – Referência utilizada em cálculos energéticos

EN 15603:2008

*Standards* EPBD

## 6.2 Legislação

Despacho nº15793-F/2013

Despacho nº15793-K/2013

ITE 50

Decreto-Lei n.º 101-D/2020

Diretiva 2002/91/CE

Diretiva 2010/31/EU

Diretiva 2018/844

Decreto-lei nº 78/2006

Decreto-lei nº 79/2006

Decreto-lei nº 80/2006

Decreto-Lei n.º 102/2021

Decreto-Lei n.º 101-D/2020

Portaria n.º 28/2022

Portaria n.º 138-G/2021

Portaria n.º 138-H/2021

Portaria n.º 138-I/2021

Despacho n.º 6476-D/2021

Despacho n.º 6476-E/2021

Portaria n.º 310/2021



# ANEXOS

- 7.1 ANEXO 1 – LLEDO LLES BASE LED IP44
- 7.2 ANEXO 2– LLEDO OCTANS 82 LED
- 7.3 ANEXO 3– LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3
- 7.4 ANEXO 4– LLEDO DOWNLIGHT L NVL M PLH IP44
- 7.5 ANEXO 5 – LLEDO CASSIOPEIA LED
- 7.6 ANEXO 6– JINKOSOLAR TIGER NEO N-TYPE 78HL4
- 7.7 ANEXO 7– HUAWEI SUN2000-60KTL-M0
- 7.8 ANEXO 8– RELATÓRIO SCE.ER FOTOVOLTAICO



## 7 ANEXOS

### 7.1 Anexo 1 – LLEDO LLES BASE LED IP44

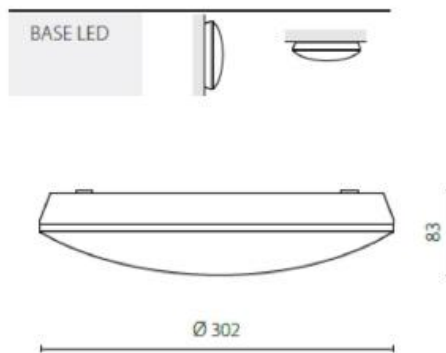
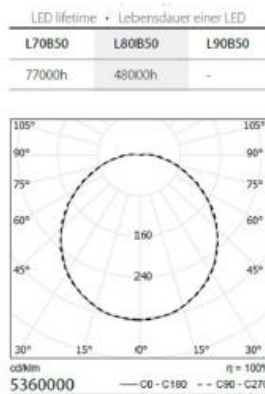


#### LLEDO LLES BASE LED IP44

Ceiling or wall-mounted luminaire  
 BODY: white PC  
 DIFFUSER: opal PC  
 POWER SUPPLY: electronic driver integrated with the LED module



BASE LED IP44 302	LED 830	1400lm	15W	230V AC	0,80
BASE LED IP44 302	LED 840	1400lm	15W	230V AC	0,80



Lledó Iluminação Portugal  
[info@lledoportugal.com](mailto:info@lledoportugal.com)  
 2104725200

SEDE: Rua do Empreesto Industrial, nº 5 - 1ª DM  
 Quinta Grande, Alfragide  
 2510-135 AMADORA  
 DELEGACÃO NORTE: Estrada Exterior de Circunvalação, 12252 - 1ª, Sala 2.18  
 4460-282 SENHORA DA HORA

## 7.2 Anexo 2 – LLEDO OCTANS 82 LED

**LLEDO** FEEL  
THE  
LIGHT

### LLEDO OCTANS 8W LED

**Tipo:** Luminária tipo spot de embutir

**Corpo :** fabricado em alumínio com acabamento na cor branco ou cinza e com difusor em policarbonato

**Equipamento e fonte de Luz::** Drive incluído e devidamente dimensionado para funcionamento com sistema LED com um consumo total de 8W disponível nas temperaturas de cor 3000K e 4000K, fluxo luminoso de 680Lm e 780Lm, tempo de vida útil 50.000h, 5 anos de garantia. Possibilidade de regulação de fluxo.

**Dimensões e Peso:** 90x65mm, dimensão de corte 73mm; 0,2Kg

**IP e Classe:** IP65; Classe II



Lledó Iluminação Portugal  
[info@lledoportugal.com](mailto:info@lledoportugal.com)  
 2104725200

SEDE -Rua do Entrepósito Industrial, nº 5 - 1ª DM  
 Quinta Grande, Alfragide  
 2610-135 AMADORA

DELEGAÇÃO NORTE : Estrada Exterior de Circunvalação, 12252 - 2ª, Sala 2.18  
 4460-282 SENHORA DA HORA

## 7.3 Anexo 3 – LLEDO EMPOTRAR LED SNOW/G3

# LLEDO

## EMPOTRAR LED

### SNOW /G3

#### Cuerpo deluminaria

Formado por marco-bastidor de aluminio de extrusión de sección plana en color blanco.

Tensión de alimentación: 220-240 V/50-60 Hz.  
Bajo pedido 100-240V/50-60 Hz.

Factor de potencia corregido  $\varphi > 0,9$ .

Montaje: Empotrado en techos de perfilera vista en T, la luminaria descansa sobre perfilera vista. Posibilidad de instalación suspendida, superficie o empotrada en techos de pladur (15 mm) mediante kits accesorios (ver accesorios).

#### Componente óptico

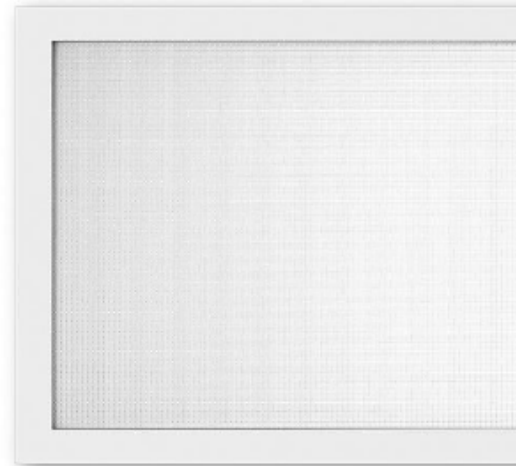
La nueva tecnología de ópticas en PMMA ofrece uniformidad en el difusor sin marcado de la fuente luminosa, incluso con su reducida altura de 9 mm.

Estructura microprismática de alta transparencia está formada por una matriz de microconos de base hexagonal para un total control del deslumbramiento.

Elevado rendimiento y limitación del deslumbramiento:  
L < 1.000 cd/m<sup>2</sup> a 65 respecto a la vertical para un UGR < 19.



Vista frontal completa  
Versión 1200x300mm



Detalle vista frontal



Detalle perspectiva  
Versión 500x600mm

SIMPLIFY YOUR  
LIGHTING  
105 lm/W

lledogrupo.com

GLM-ARAG-SERIES



EMPOTRAR LED • SNOW<sup>®</sup>

LLEDO LIGHTING BOX/CO1-2017-01

**Componente óptico (cont.)**

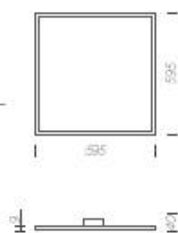
Fuente de luz: LEDB40 con alta selección de *binning* (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

Vida útil L70/B50 @ 50.000 h Ta25°C.

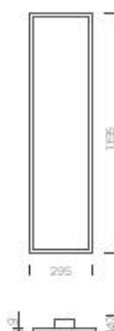
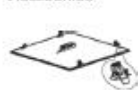
**Dimensiones**

Módulo empotrable:

SNOW<sup>103</sup> 600x600 mm



SNOW<sup>103</sup> 300x1200 mm

**ACCESORIOS**

KIT EMPOTRAMIENTO

TECHOS DE PLADUR

□ Corte entecho:  
585x685 mm / 1185x585 mm

KIT MONTAJE EN

SUPERFICIE

KIT MONTAJE

SUSPENDIDO

**Aplicaciones**

Oficinas



Colegios/ Centros de formación



Centros comerciales



Pasillos

**Luminarias**

Fuente de luz	W	Temperatura de color	ICRI	Flujo	Kg	Referencias: no regulable	regulable (DALI)
<b>SNOW<sup>103</sup> • Luminaria de empotrar para techos de perfiles vista en T con componente óptico microprismático para uso en oficinas. Color blanco</b>							
<b>Módulo 600x600 mm</b>							
LEDB40	36	4.000 K	>80	3,770 lm	4,4	LLED57JISB405G3	LLED57JISB406G3
<b>Módulo 300x1.200 mm</b>							
LEDB40	36	4.000 K	>80	3,770 lm	4,5	LLED57JILB405G3	LLED57JILB406G3

**Accesorios**

SNOW <sup>103</sup> KITS ACCESORIOS DE MONTAJE	Referencia
KIT completo clips (4P) para montaje en techos de pladur de hasta 15mm de espesor. Para versiones 1.195x295mm es necesario pedir dos unidades de KIT (corte en techo AxB menos 10 mm)	LLED57JCLIP5G3
<b>600x600 mm</b>	
Kit completo (2P) sistema de suspensión regulable en altura (L= 350 hasta 1.200 mm)	LLED57J000XVG3
KIT marco bastidor para montaje en superficie versiones 595x595 mm	LLED57JISMARG3
<b>1200x600 mm</b>	
Kit completo (2P) sistema de suspensión regulable en altura (L= 350 hasta 1.200 mm)	LLED57J00IXVG3
KIT marco bastidor para montaje en superficie versiones 1195x295 mm	LLED57JILMARG3

## 7.4 Anexo 4 – LLEDO DOWNLIGHT L NVL M PLH IP44



### LLEDO DOWNLIGHT LL NVL M PLH IP44

**Tipo:** Aparelho de iluminação tipo downlight quadrado

**Montagem:** encastrada

**Corpo:** fabricado em alumínio de extrusão e moldado na cor branco ral9003, com difusor microprismático PMMA e refletor em alumínio polido, versão IP44 equipado com difusor PMMA opal.

**Equipamento e fonte de luz:** Devidamente eletrificado com drive eletrônico para funcionamento com sistema LED 19W de potência, 4000°K 2050Lm, reprodução cromática 80Ra, 3 SCDM com tempo de vida útil (Ta=25°) 55.000 Horas/L80

**Dimensões e Peso:** 215x215x107mm e 200x200mm dimensão de corte; 1,2Kg

**IP e Classe:** IP20/IP44; Classe II



*LleDO*  
iluminación

Centro  
de Atención  
al Cliente

c/ Cid Campeador 14,  
28935 Móstoles,  
Madrid, España

Tel: 91 781 44 70  
lledosa.com



## 7.5 Anexo 5 – LLEDO CASSIOPEIA LED

# LLEDO

## Luminária estanque CASSIOPEIA LED

### Corpo da luminária

Fabricado em policarbonato injetado Moldado de cor cinza que permite um IP68

### Montagem

Saliente/Suspensa

### Fonte de luz

Devidamente eletrificada com drive para funcionamento com Leds de várias potências na cor 840 com um L90B50 às 50.000h.

Tensão de alimentação:  
100-240 V / 50-60 Hz

O fornecimento da luminária incorpora driver eletrônico

### Componente Ótico

Difusor fabricado em policarbonato translúcido, estável aos UV e resistente ao impacto. Refletor fabricado em folha de aço na cor branca (Ral9003).

### Observações

Concebido especificamente em zonas onde se necessita maior proteção contra agentes externos. Resistentes à água, ao pó, ao impacto e a temperaturas até 35°C.

### IP, IK e Classe

IP66; IK10; Classe I



## ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL INTERIOR/EXTERIOR



Versão DALI



Kit de emergência



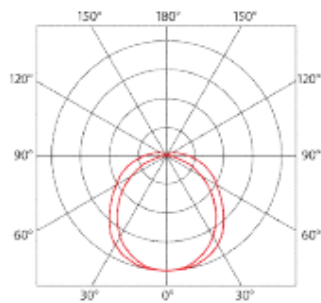
[info@lledoportugal.com](mailto:info@lledoportugal.com)

LLEDO

### Dimensões



### Curva fotométrica – A=1272 mm e D=700 mm



### Exemplos de aplicações

#### Armazéns



#### Industria



#### Outras áreas



### Luminárias Cassiopeia LED

Fonte de luz	W	CRI	Fluxo luminoso Luminárias (lumens)	Peso (Kg)	A (mm)	D (mm)	Referência
Modelo Standard							
LED 840	10	80	1280 lm	1,3	612	350	IDQTOY31242
LED 840	12	80	1510 lm	1,2	612	350	IDQTOY31262
LED 840	15	80	1950 lm	1,3	612	350	IDQTOY31282
LED 840	18	80	2320 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31202
LED 840	22	80	2880 lm	1,7	1272	700	IDQTOY31212
LED 840	30	80	3920 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31232
LED 840	43	80	5650 lm	1,9	1272	700	IDQTOY31032
LED 840	22	80	2910 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31252
LED 840	27	80	3530 lm	2,2	1572	940	IDQTOY31292
LED 840	37	80	4940 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31272
LED 840	54	80	7090 lm	2,3	1572	940	IDQTOY31072

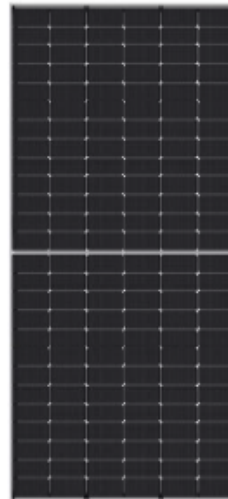
LLEDO

info@lledoportugal.com

7.6 Anexo 6 – JINKOSOLAR TIGER NEO N-TYPE 78HL4

www.jinkosolar.com

**Tiger Neo N-type  
78HL4-(V)  
595-615 Watt  
MONO-FACIAL MODULE**



**N-Type**

Positive power tolerance of 0~+3%

- IEC61215(2016), IEC61730(2016)
- ISO9001:2015: Quality Management System
- ISO14001:2015: Environment Management System
- ISO45001:2018 Occupational health and safety management systems

**Key Features**



**SMBB Technology**  
Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



**Hot 2.0 Technology**  
The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



**PID Resistance**  
Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



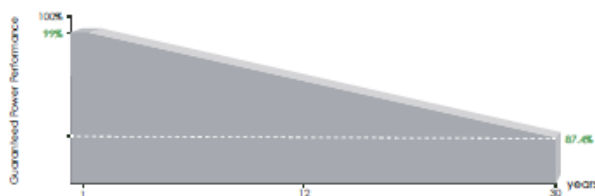
**Enhanced Mechanical Load**  
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



**Durability Against Extreme Environmental Conditions**  
High salt mist and ammonia resistance.

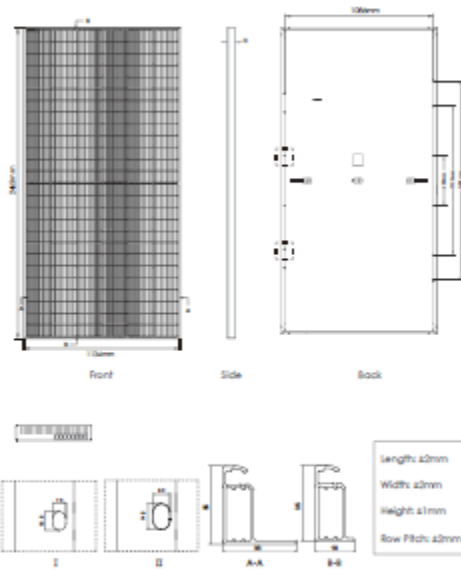


**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**

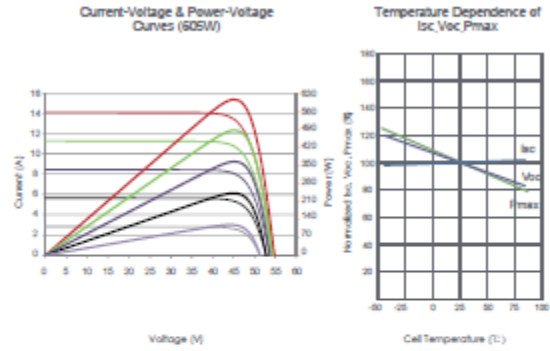


- 12 Year Product Warranty
- 30 Year Linear Power Warranty
- 0.40% Annual Degradation Over 30 years

**Engineering Drawings**



**Electrical Performance & Temperature Dependence**



**Packaging Configuration**

(Two pallets = One stack)  
 31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

**Mechanical Characteristics**

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2465x1134x35mm (97.05x44.65x1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.46 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

**SPECIFICATIONS**

Module Type	JKM595N-78HL4		JKM600N-78HL4		JKM605N-78HL4		JKM610N-78HL4		JKM615N-78HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.29V	41.93V	45.39V	42.05V	45.49V	42.16V	45.59V	42.26V	45.69V	42.39V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.67A	13.22A	10.73A	13.30A	10.79A	13.38A	10.85A	13.46A	10.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.80V	52.05V	54.95V	52.20V	55.10V	52.34V	55.25V	52.48V	55.40V	52.62V
Short-circuit Current (Isc)	13.90A	11.22A	13.97A	11.28A	14.04A	11.34A	14.11A	11.39A	14.18A	11.45A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.46%		21.64%		21.82%		22.00%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5  
 NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

©2021 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.  
 Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. JKM595-615N-78HL4-(V)-F1-EN (IEC 2016)

7.7 Anexo 7 – HUAWEI SUN2000-60KTL-M0

SUN2000-60KTL-M0  
Smart PV Controller



**Smart**

12 strings intelligent monitoring



**Efficient**

Max. efficiency 98.7%



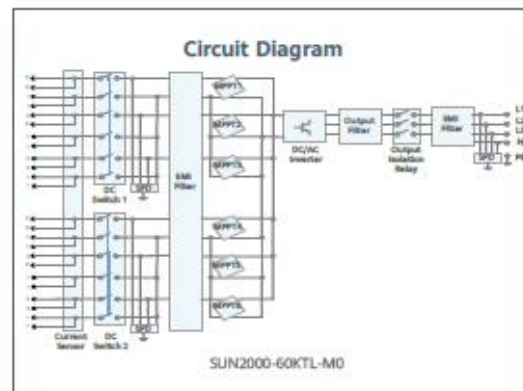
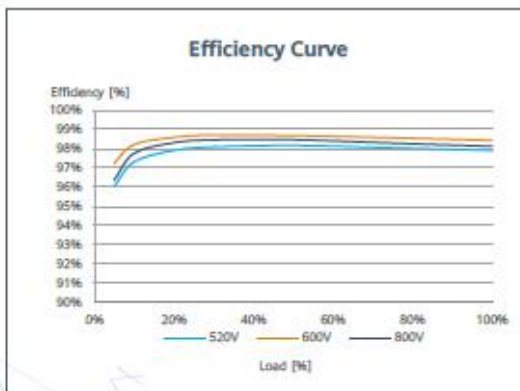
**Safe**

Fuse free design



**Reliable**

Type II surge arresters for DC & AC



SUN2000-60KTL-M0  
**Technical Specification**

Technical Specification	SUN2000-60KTL-M0
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
European efficiency	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V
<b>Input</b>	
Max. Input Voltage <sup>1</sup>	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range <sup>2</sup>	200 V – 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers	6
Max. input number per MPP tracker	2
<b>Output</b>	
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings; 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. Output Current	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
<b>Protection</b>	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
<b>Communication</b>	
Display	LED Indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)
Smart Dongle-4G	4G / 3G / 2G via Smart Dongle – 4G (Optional)
<b>General Data</b>	
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 Inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C – 60°C (-13°F – 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 – 100%
DC Connector	Amphenol Hellos H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2 W
<b>Standard Compliance (more available upon request)</b>	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

<sup>1</sup> The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

<sup>2</sup> Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

## 7.8 Anexo 8 – RELATÓRIO SCE.ER FOTOVOLTAICO

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico													
<b>Sumário</b>													
Instalação em Lionesa (Maia)			energia solar incidente: 727,656 kWh/ano				<b>Índices de desempenho</b>						
301.9 m <sup>2</sup> de módulos JinkSolar Tiger 78HL4			produção fotovoltaica potencial (DC): 152,952 kWh/ano				produtividade técnica: 2096 kWh/kW instalado						
seguintemente orientados para o sol			perdas de sistema (DC): -4,110 kWh/ano				aproveitado: 1772 kWh/kW instalado						
Potência: 66.4 kW (nominal)			perdas e consumos parasíticos (AC): -5,187 kWh/ano				rendimento relativo: 89% (performance ratio)						
			produção (AC): 139,190 kWh/ano				i.e. 19% da energia incidente						
			autoconsumo (AC): 117,676 kWh/ano				necessidades cobertas: 29%						
<b>Local e clima</b>													
NUTS III: Grande Porto			Município: Maia			Local: Lionesa			elevação: Grande Porto m albedo: 5%				
<b>obstruções do horizonte</b>													
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S													
altura angular: 3													
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W													
altura angular: 3													
<b>Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico</b>													
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 108 módulos JinkSolar Tiger 78HL4 (301.9 m <sup>2</sup> ) permanentemente orientados para o sol.													
Potência nominal da instalação 66.4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 46 V.													
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.4% por ano (Informação não utilizada em cálculos).													
Perdas ambientais: 0.5% por variação espectral, 0.5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.													
Perdas eléctricas (DC): 1.0% na interconexão de módulos, 0.7% perdas resistivas gerais.													
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.													
Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97.0% (definição Europeia).													
Perdas de 0.5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Consumos parasíticos: 0.20 kWh/ano para ventilação, 0 kWh/ano nos seguidores solares (trackers).													
Sem baterias.													
Sistema explorado em regime de autoconsumo.													
<b>Aproveitamento do recurso solar</b>													
<b>radiação solar directa</b>													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	3.0	5.3	8.7	11.7	14.7	18.3	19.2	16.6	12.1	6.0	3.7	2.0	10.1 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos módulos	7.9	11.5	15.7	18.5	21.7	26.3	28.0	25.5	20.8	12.0	9.3	5.7	16.9 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos módulos	7.9	11.5	15.7	18.5	21.7	26.3	28.0	25.5	20.8	12.0	9.3	5.7	16.9 kWh/m <sup>2</sup> .dia
<b>radiação solar global</b>													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14.6	20.0	27.3	34.6	39.7	41.7	40.6	36.3	29.8	22.4	16.0	13.0	28.0 kWh/m <sup>2</sup> .dia
na horizontal (à superfície)	6.4	9.9	15.0	19.4	23.3	26.6	26.9	23.5	18.0	11.4	7.5	5.0	16.1 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos módulos	12.0	17.4	23.4	27.5	31.8	36.6	37.7	34.4	28.4	18.6	14.0	9.1	24.2 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos módulos	11.7	17.0	22.8	26.9	31.1	35.9	37.1	33.8	27.9	18.2	13.6	8.8	23.7 kWh/m <sup>2</sup> .dia
<b>Desempenho energético</b>													
<b>temperatura</b>													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	10	11	13	14	17	20	22	22	21	17	14	12	18 °C
nos módulos (média diurna)	33	34	38	38	40	45	49	54	53	46	42	34	42 °C
<b>energia</b>													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	30,419	39,003	59,383	67,650	80,930	90,438	96,999	87,798	70,237	47,218	34,519	23,001	727,656 kWh
produção fotovoltaica (DC)	6,538	8,556	12,647	14,387	17,061	19,522	19,945	18,161	14,583	9,968	7,321	4,874	152,952 kWh
perdas do sistema (DC)	-176	-230	-340	-387	-459	-525	-536	-488	-392	-268	-197	-131	-4,110 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-222	-290	-429	-488	-579	-662	-676	-616	-495	-338	-248	-165	-5,187 kWh
produção disponível (AC)	5,950	7,786	11,509	13,092	15,544	17,765	18,155	16,527	13,271	9,071	6,662	4,436	139,190 kWh
necessidades do edifício (AC)	34,667	30,634	33,791	32,446	34,667	33,528	33,791	34,667	31,570	34,667	33,523	32,914	399,583 kWh
autoconsumo (AC)	5,130	6,997	8,902	10,800	12,877	14,501	14,554	14,210	11,139	8,545	6,141	3,882	117,676 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	820	1,608	4,216	6,509	9,176	11,867	15,464	17,781	19,912	20,438	20,960	21,514	21,514 kWh
<b>Avaliação do desempenho</b>													
rendimento global:	19% da energia incidente			▲			produtividade técnica	2096 kWh/kW instalado			▲		
rendimento relativo:	89% (performance ratio)			▲			i.e.	461 kWh/m <sup>2</sup> instalado			▲		
							exploração real	1772 kWh/kW instalado			▲		
							i.e.	390 kWh/m <sup>2</sup> instalado			▲		
<b>Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)</b>													
Potência do sistema:	66.4 kW			= deve ser menor que a potência contratada									
	139,190 kWh < 399,583 kWh			[produção anual < consumo anual]									
Passível de remuneração:	21,514 kWh												

25/08/2022 15:57