



Nuno Renato Pinto da Silva de NZEB - *Nearly Zero Energy Buildings* num edifício de serviços

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – Ramo das Energias Renováveis e Sistemas de Potência**

Júri

Presidente: Prof. Doutor José Henrique Querido Maia,
Instituto Politécnico de Setúbal

Orientador: Prof. Doutor Victor Manuel de Carvalho
Fernão Pires, Instituto Politécnico de Setúbal

Vogal: Prof. Doutor José Luís Estrelo Gomes de
Sousa, Instituto Politécnico de Setúbal

Novembro, 2016

"O melhor momento para plantar uma
árvore teria sido há vinte anos atrás. O
segundo melhor momento é agora!"

Provérbio Chinês

Agradecimentos

Este trabalho é o resultado de um esforço pessoal, concretizado numa fase complicada da minha vida. Reúne contributos de várias pessoas a quem devo o meu profundo e sentido agradecimento.

Primeiro agradeço ao meu orientador, Prof. Doutor Víctor Manuel de Carvalho Fernão Pires, pela partilha do seu conhecimento científico, as suas contribuições para o trabalho e toda a disponibilidade demonstrada. A todos os professores que lecionaram o curso por todos os conhecimentos transmitidos e pelas experiências profissionais partilhadas e ao coordenador do curso o Prof. Doutor José Henrique Querido Maia.

Um muito obrigado à entidade que me possibilitou o acesso ao edifício, em especial à Eng^a. Eliana Bessada, que disponibilizou a informação possível e cedeu os analisadores de energia para realizar as medições necessárias.

À minha mulher Catarina pelo estímulo e apoio incondicional; pela compreensão e pelo seu amor e grande amizade, assim como pela sensatez com que insistentemente me aconselha a terminar o que começo, independentemente das dificuldades que possam surgir. À minha enteada Beatriz, pelo carinho, pela sua constante alegria e força de vida transmitida. À minha filha Inês por estar presente e poder transmitir-lhe um modelo de vida e de empenho que ela poderá seguir no futuro.

Aos meus pais, pelo amor e dedicação, por todo o apoio de retaguarda que representam. Ao meu irmão, à minha família e amigos por todo o apoio que me deram, assim como por tudo o que representam na minha vida.

Resumo

Uma das maiores inquietações mundiais atuais está diretamente relacionada com a tomada de consciência de que é insustentável a população mundial continuar a utilizar recursos energéticos de origem meramente fóssil. Sendo assumido de uma forma generalizada que os edifícios são os maiores responsáveis por uma enorme parte do consumo da energia mundial, tornou-se evidente a necessidade de desenvolver meios para que os consumos de energia se tornem mais reduzidos. Neste contexto surgiu o conceito *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB) – Edifício de balanço energético quase zero. Esta ideia tem vindo a ser cada vez mais divulgada, representando uma das mais recentes tentativas levadas a cabo pela União Europeia (EU) para que o consumo energético de origem meramente fóssil nos edifícios seja reduzido. Este trabalho divide-se em três grandes blocos. Numa primeira fase, suporte teórico com recurso a várias leituras e consultas bibliográficas realizadas, serão abordadas temáticas afetas ao consumo de energia no Mundo, na Europa e mais concretamente, em Portugal. Neste contexto, serão abordados os conteúdos ligados aos documentos legislativos mais significativos que regulam a área da eficiência energética nos edifícios e será efetuada uma clarificação pormenorizada do conceito NZEB. No seguimento desta análise será abordado um caso real de um edifício existente. Para a sua análise e posteriores propostas de medidas no sentido de atingir o conceito NZEB, estabelece-se a construção do modelo de análise, onde é formulado o problema, definidos os objetivos do estudo e as hipóteses de trabalho; indicando-se o método escolhido, o procedimento de recolha de dados, os instrumentos utilizados e as características do meio onde se realiza a investigação. Proceder-se-á à descrição do edifício em estudo, à análise dos dados obtidos e à exposição de conteúdos afetos a diversas técnicas de melhorias, a diferentes tipos de soluções inovadoras e a um conjunto de estratégias, que poderão no contexto de uma reabilitação de um edifício proporcionar uma melhoria do seu desempenho energético.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Energias renováveis, NZEB, Edifícios de balanço energético quase zero, Edifício com necessidades quase nulas, Iluminação Eficiente, Arrefecimento e Aquecimento,

Abstract

Nowadays one of the world's greatest concerns is directly related to the understanding that it is impossible for the world population to continue consuming energy resources of pure fossil origin as a first option. It is generally assumed that buildings account for a large part of the world's energy consumption and therefore it is generally accepted that energy consumption must be reduced. It is in this context that the concept Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) arises.

This idea has become increasingly popular, representing one of the most recent attempts of the European Union (EU) to reduce energy of pure fossil origin consumption in buildings. This work is divided into three major blocks. The first phase will be a theoretical support in which several summaries of bibliographical consultations will be presented, several themes related to the consumption of energy in the World, in Europe and, more specifically, in Portugal will be approached. In this context, content related to the most significant legislative documents regulating the area of energy efficiency in buildings will be addressed and a detailed clarification of the NZEB concept will be addressed. This analysis will be centred in a real case of an existing building. For its analysis and subsequent proposals to try to achieve a NZEB building, it will be developed an analysis model, from which the problem will be formulated, the objectives of the present study and the working hypotheses will be defined; the method, the data collection procedure, the instruments used and the characteristics of the environment where the research is carried out will also be mentioned. A description of the building under study, the analysis of the data obtained and the proposal of various improvement techniques, different types of innovative solutions and a set of strategies will be carried out. In the context of a rehabilitation these solutions may surely improve energy performance.

Keywords: Energy Efficiency, Renewable Energies, NZEB - Near zero energy buildings, Nearly zero building, Efficient Lighting, Cooling and Heating,

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xiv
Capítulo 1	
Introdução	1
1.1. Motivação e Pertinência do Tema	6
1.2. Objetivo e Metodologia	6
1.3. Estrutura do Trabalho	7
Capítulo 2	
Enquadramento Geral	9
2.1. O Conceito NZEB.....	10
2.2. A Legislação em Portugal e as Diretivas Europeias	12
2.3. Os NZEB como estratégia de melhoria da eficiência energética	18
2.4. O consumo energético do parque edificado em Portugal	21
Capítulo 3	
Estudo de um edifício de serviços existente	29
3.1. Caracterização do edifício	29
<i>3.1.1. Descrição dos Sistemas Técnicos existentes</i>	<i>31</i>
3.2. Consumos de energia	42
<i>3.2.1. Custos com o consumo de energia elétrica.....</i>	<i>47</i>
<i>3.2.2. Indicador de Eficiência Energética (IEE) com base na fatura energética de 2015 (IEE Faturas)</i>	<i>49</i>
3.3. Estado geral atual da instalação	50
<i>3.3.1. Diagrama de carga geral do edifício.....</i>	<i>50</i>
<i>3.3.2. Estacionamentos.....</i>	<i>50</i>

3.3.3. Zonas Comuns.....	52
3.3.4. Escritórios.....	52
3.3.5. Laboratório.....	54
3.3.6. Datacenter	55
3.4. Estado atual da instalação (por sistema energético).....	57
3.4.1. Iluminação	57
3.4.2. Equipamentos.....	57
3.4.3. Elevadores	57
3.4.4. AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.....	58
3.5. Afetação dos principais consumidores	60
Capítulo 4	
Medidas a adotar para atingir o objetivo de NZEB.....	61
4.1. Metodologia	61
4.2. Oportunidades de melhoria de Eficiência Energética indicadas no Certificado Energético	64
4.2.1. Equipamentos.....	64
4.2.2. Zonas Comuns.....	64
4.2.3. Escritórios.....	64
4.2.4. Iluminação	65
4.2.5. Equipamentos.....	66
4.2.6. Elevadores	66
4.2.7. AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.....	66
4.3. Medidas de melhoria adicional	67
4.3.1. Tarifário atual.....	67
4.3.2. Equipamentos gerais	67
4.3.3. Datacenter	67
4.3.4. Sistema de Gestão Técnica Centralizada	68
4.4. Contribuição de Energias Renováveis.....	70
4.5. Resumo das estratégias utilizadas para atingir o objetivo NZEB.....	76
Capítulo 5	
Considerações finais e proposta de desenvolvimentos futuros	78
Bibliografia	80
Anexo I	
Plantas do edifício do estudo	

Anexo II

Apresentação do Edifício Solar XXI como exemplo NZEB em Portugal

Anexo III

Tecnologias utilizadas nos painéis fotovoltaicos

Anexo IV

Simulações realizadas para instalação dos Painéis fotovoltaicos

Índice

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Consumo mundial total final por combustível 1971 a 2014 (Mtoe) [1].....	1
Figura 1.2 – Percentagem do consumo total final por combustível 1973 e 2014 [1].....	2
Figura 1.3 – Previsão do consumo total final por setor em 2040 [1]	2
Figura 1.4 – Concentração atmosférica mundial de dióxido de carbono (CO ₂), e alteração da temperatura média global do planeta [2].....	3
Figura 1.5 – Fotografia do acordo histórico em Paris [3].....	4
Figura 1.6 – Consumo mundial total por fonte de energia 1990 – 2040 (quadrilhão Btu) [4].....	5
Figura 2.1 – Poluentes primários e as suas fontes – 2015 [7]	9
Figura 2.2 – O conceito NZEB graficamente [9].....	11
Figura 2.3 – Gráfico representando o caminho rumo a um edifício com necessidade energéticas nulas (Net ZEB), com o quase (Nearly ZEB) e variantes plus. [10]	11
Figura 2.4 – Evolução legislativa em Portugal. [15]	12
Figura 2.5 – A EPBD como principal driver para os NZEB.[16].....	13
Figura 2.6 – SCE 2013. [15].....	14
Figura 2.7 – Road Map para aplicação do conceito NZEB.[16].....	15
Figura 2.8 – Exemplo de desvio financeiro, energético e ambiental entre requisitos atuais e custo-ótimo e nível NZEB. [17].....	16
Figura 2.9 – Integração das renováveis nos NZEBs [16].....	17
Figura 2.10 – Possíveis formas de captação e integração das renováveis nos cálculos para NZEBs [18].....	17
Figura 2.11 – Mapa dos edifícios NZEB existentes atualmente [19].....	18
Figura 2.12 – Redução de emissões poluentes [16]	19

Figura 2.13 – Redução de consumo de energia [16].....	20
Figura 2.14 – Emissões de GEE em Portugal [23]	21
Figura 2.15 – Classes energéticas em edifícios construídos antes de 2006 [24]	22
Figura 2.16 – Classes energéticas em edifícios construídos depois de 2006 [24]	22
Figura 2.17 – Número de certificados energéticos emitidos por ano e por tipo de documento	23
Figura 2.18 – Amostra de edifícios novos habitacionais por zona.....	24
Figura 2.19 – Energia útil, final e primária por zona na Habitação	24
Figura 2.20 – Energia primária na Habitação PT vs EU	25
Figura 2.21 – Desempenho dos edifícios novos no SCE - Habitação	25
Figura 2.22 – Contributo de energia renovável na Habitação – PT vs EU	26
Figura 2.23 – Amostra de edifícios de Comercio e Serviços novos por zona	26
Figura 2.24 – Desempenho dos edifícios novos no SCE de Comercio e Serviços por zona.....	27
Figura 2.25 – Energia Primária nos Edif. Comércio e Serviços – PT vs EU	27
Figura 2.26 – Principais indicadores NZEB – PT Edif. Comércio e Serviços vs EU	28
Figura 2.27 – Contributo de energia renovável nos Edif. Comércio e Serviços – PT vs EU.....	28
Figura 3.1 – Classes de Eficiência Energética do Edifício.....	30
Figura 3.2 – Diagrama de distribuição da rede elétrica	32
Figura 3.3 – Planta do piso 1 assinalando na envolvente exterior com duas zonas diferentes	33
Figura 3.4 – Foto da zona encarnada Figura 3.5 – Foto da zona verde	33
Figura 3.6 – Luminárias dos escritórios.....	34
Figura 3.7 – Luminárias dos estacionamento	34
Figura 3.8 – Luminárias das Instalações Sanitárias	35
Figura 3.9 – Luminárias exteriores	35
Figura 3.10 – Percentagem de Potência de iluminação por tecnologia....	36
Figura 3.11 - Percentagem de Potência de iluminação por local.....	37

Figura 3.12 – Desagregação de equipamentos gerais.....	39
Figura 3.13 – Implantação e distribuição dos painéis solares na Cobertura	41
Figura 3.14 – Consumo de energia elétrica	43
Figura 3.15 – Gráfico do consumo de energia elétrica mensal	44
Figura 3.16 – Gráficos dos consumos de energia elétrica mensal/ano....	45
Figura 3.17 – Repartição dos consumos de energia elétrica por tarifário	46
Figura 3.18 – Repartição dos consumos de energia elétrica por tarifário	46
Figura 3.19 – Gráfico do consumo vs custo de energia elétrica anual.....	47
Figura 3.20 – Gráfico do rácio do custo de energia elétrica de 2015 vs custo médio	48
Figura 3.21 – Diagrama de carga do QGBT	50
Figura 3.22 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Piso -2 (QE -2)	51
Figura 3.23 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Piso -1 (QE -1)	51
Figura 3.24 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico das Zonas Comuns (QZC)	52
Figura 3.25 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso0 (QC0)	53
Figura 3.26 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso1 (QC1)	53
Figura 3.27 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso2 (QC2)	54
Figura 3.28 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Laboratório (QLAB)	55
Figura 3.29 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do <i>Datacenter</i> (5dias)	56
Figura 3.30 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do <i>Datacenter</i> (1dia).....	56
Figura 3.31 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico dos Elevadores Q.EL 1 e Q.EL 2	58
Figura 3.32 – Estado de alguns equipamentos de AVAC	58
Figura 3.33 – Diagrama de carga do Q. AVAC Cob1	59
Figura 3.34 – Ilustração gráfica dos consumos reais	60
Figura 4.1 – Foto da Fachada sul do edifício Solar XXI em Lisboa.....	62

Figura 4.2 – Desempenho do edifício Solar XXI.....	62
Figura 4.3 – Painéis fotovoltaicos instalados no estacionamento e fachada sul do edifício Solar XXI.....	63
Figura 4.4 – Painel fotovoltaico escolhido para a medida de melhoria.....	71
Figura 4.5 – Vista aérea com implantação dos painéis fotovoltaicos existentes, nas fachadas e no estacionamento exterior	72
Figura 4.6 – Orientação dos painéis nas Fachadas	72
Figura 4.7 – Exemplificação da instalação dos painéis fotovoltaicos na fachada sudeste e sudoeste do edifício	73
Figura 4.8 – Orientação dos painéis no Estacionamento exterior	74
Figura 4.9 – Representação gráfica do balanço energético	77

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Áreas das zonas funcionais de cada Piso.....	30
Tabela 3.2 – Percentagem de potência de iluminação por tecnologia	36
Tabela 3.3 – Potência de iluminação por local.....	36
Tabela 3.4 – Luminárias instaladas nos Escritórios	37
Tabela 3.5 – Luminárias instaladas na Formação.....	37
Tabela 3.6 – Luminárias instaladas nos Estacionamentos	38
Tabela 3.7 – Luminárias instaladas nos Armazéns.....	38
Tabela 3.8 – Luminárias instaladas no Laboratório.....	38
Tabela 3.9 – Equipamentos gerais existentes.....	39
Tabela 3.10 – Características nominais dos VRF instalados	40
Tabela 3.11 – Resumo das características das unidades <i>Split</i>	41
Tabela 3.12 – Períodos horários da tarifa de fornecimento de energia elétrica	42
Tabela 3.13 – Consumos mensais de energia elétrica	43
Tabela 3.14 – Consumos de energia elétrica por tarifário.....	45
Tabela 3.15 – Consumos vs Custos mensais de energia elétrica.....	47
Tabela 3.16 – Custos mensais de energia elétrica	48
Tabela 3.17 – IEE com base nas faturas de 2015	49
Tabela 3.18 – Afetação dos consumos reais por sistema.....	60
Tabela 4.1 – Medidas de melhoria indicadas no CE [26].....	66
Tabela 4.2 – Medidas de melhoria indicadas no CE	75
Tabela 4.3 – Resumo das estratégias propostas	76
Tabela 4.4 – Impacto das energias Renováveis	76
Tabela 4.5 – Medidas propostas vs Balanço energético.....	77

Lista de Siglas e Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
BIPV	<i>Building Integrated Photovoltaic</i>
BPIE	<i>Buildings Performance Institute Europe</i>
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
ERSE	Entidade Regulador do Setor Energético
FER	Fontes de energia renováveis
GEE	Gases de Efeitos de Estufa
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEE	Indicador de Eficiência Energética
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LNEG	Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i> (Edifício de balanço energético quase zero)
QAI	Qualidade do Ar Interior
QE	Quadro Elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SGTC	Sistema de Gestão Técnica Centralizada
UPS	Fonte de alimentação ininterrupta
VRF	Fluxo refrigerante variável

Capítulo 1

Introdução

No decorrer da extensa história da humanidade, têm vindo a ser desenvolvidas distintas formas de transformar, conduzir e armazenar energia, uma vez que a sua utilização é fundamental para a sobrevivência do ser humano.

Desde a era pré-industrial, ou seja desde meados do século XVIII, o Homem tem vindo a modificar os vários recursos naturais disponíveis no planeta com o objetivo de obter energia e, com isso, adquirir maior conforto, melhores condições de vida e de saúde. Todavia, a utilização prioritária dos recursos de origens fósseis e as desflorestações exercidas sem qualquer regra ou preocupação de foro ambiental têm vindo a deteriorar o meio ambiente que é essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos que habitam o planeta Terra.

Segundo a *International Energy Agency (IEA) World Energy* em 2014 [1], mais de 84,5% de toda a energia no mundo era obtida através de petróleo, carvão, gás e eletricidade. A Figura 1.1 ilustra ver a evolução do consumo energético mundial total que mais que duplicou em 43 anos (de 1971 a 2014).

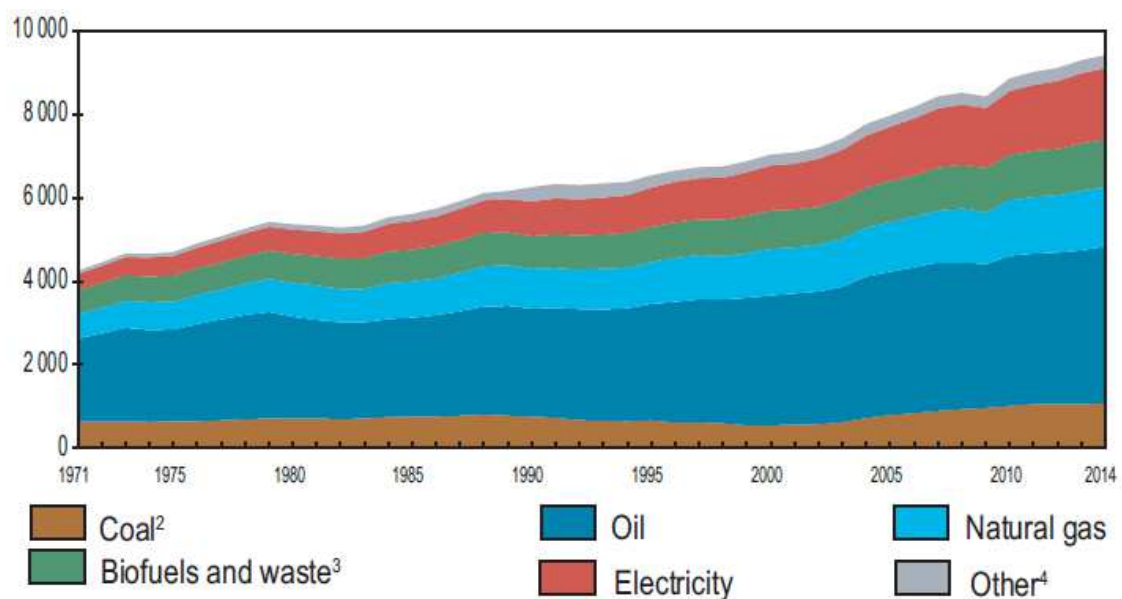


Figura 1.1 – Consumo mundial total final por combustível 1971 a 2014 (Mtoe) [1]

Na Figura 1.2 pode-se verificar que o aumento de consumo nestas últimas quatro décadas deveu-se principalmente ao consumo de energia elétrica (+8,7%) e ao gás natural (1,1%).

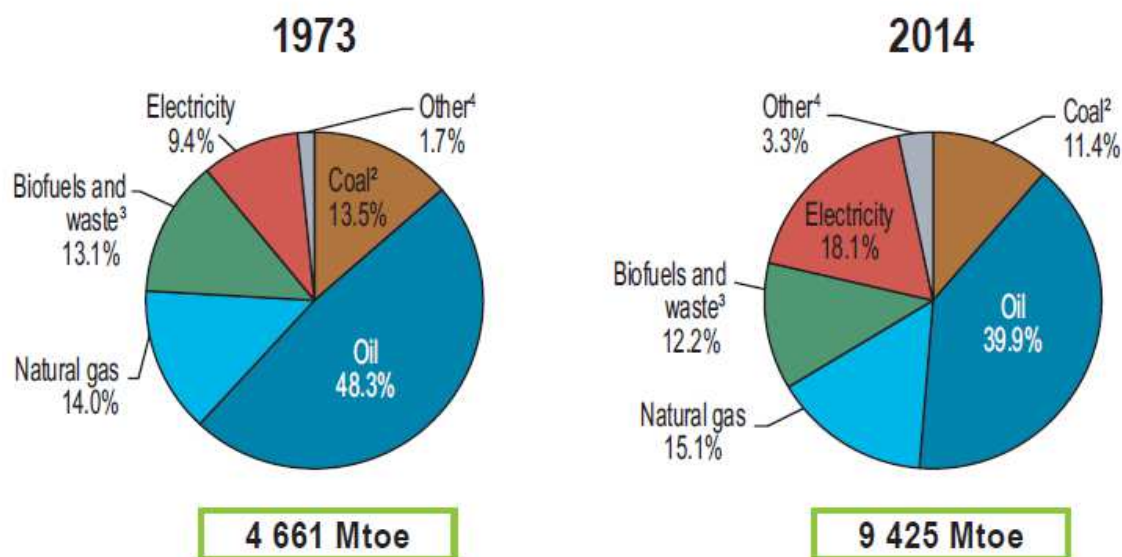


Figura 1.2 – Percentagem do consumo total final por combustível 1973 e 2014 [1]

A IEA – *International Energy Agency*, *World Energy 2016* prevê para 2040 um aumento do consumo total de cerca de 1129 Mtoe (11,9%) face a 2014, sendo o setor dos edifícios e agricultura os principais responsáveis com 33%, como indica a Figura 1.3.

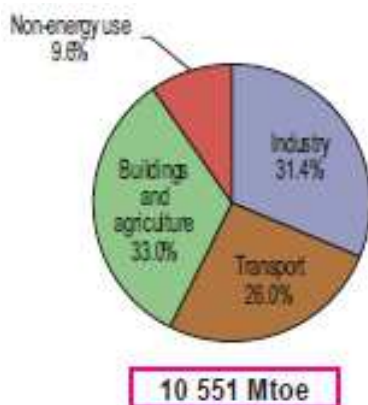


Figura 1.3 – Previsão do consumo total final por setor em 2040 [1]

A utilização prioritária dos recursos de origens fósseis é um erro uma vez que estes recursos são finitos e danificam de forma muito gravosa o meio ambiente. De facto, esta realidade conduziu ao aumento da concentração de gases na atmosfera e, conseqüentemente, ao aumento do efeito de estufa o que veio provocar um aumento da temperatura global do planeta. Na Figura 1.4 verifica-se que estamos a aproximarmo-nos do limiar dos 450 ppm de concentração de CO₂, tendo já em maio de 2013 sido atingindo os 400ppm. Este é um facto que, embora amplamente divulgado e debatido, não tem sido resolvido. Pelo contrário, de acordo com

dados obtidos através da IEA [2], o aumento da temperatura global do planeta foi de cerca de 0,8°C, situação ilustrada na Figura 1.4 com a variação em 20 anos. Estima-se que, no caso de não serem tomadas medidas preventivas, iremos presenciar um aumento de temperatura entre os 2,8°C e os 4,5°C ainda durante o século XXI, facto que nos deveria deixar a todos alarmados já que é a sobrevivência da vida no planeta Terra que fica irremediavelmente ameaçada.

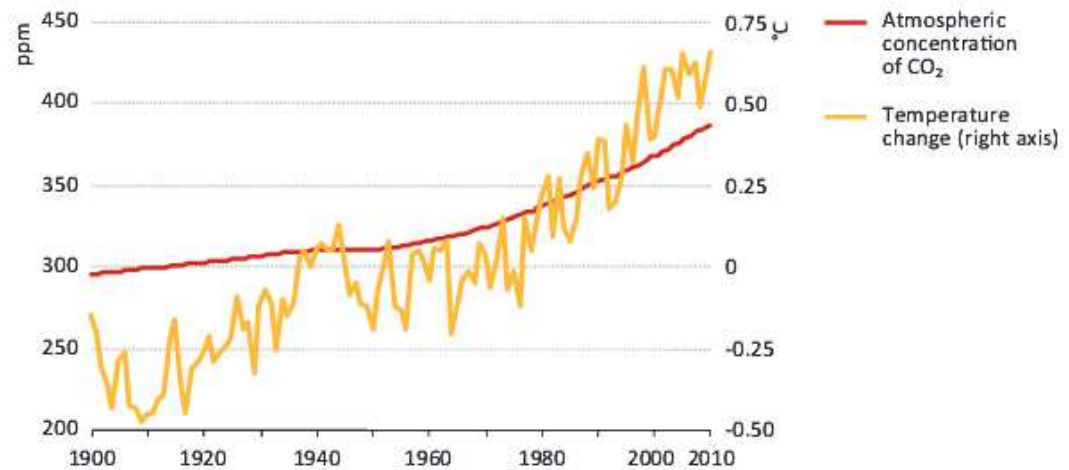


Figura 1.4 – Concentração atmosférica mundial de dióxido de carbono (CO₂), e alteração da temperatura média global do planeta [2]

Ainda de acordo com a IEA, a consciência global do fenómeno das alterações climáticas está a aumentar e estão a ser tomadas medidas políticas para tentar resolver as causas subjacentes a este problema. “*Governments agreed at the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Conference of the Parties in Cancun, Mexico in 2010 (COP-16) that the average global temperature increase, compared with pre-industrial levels, must be held below 2 degrees Celsius (°C), and that this means greenhouse-gas emissions must be reduced.*” [2].

A quantidade de emissões de dióxido de carbono (CO₂), está claramente dependente da economia global, sendo que a procura de combustíveis fósseis é muito mais intensa nos países desenvolvidos. Independentemente da consciencialização que se vai ganhando acerca da necessidade de gradualmente se irem diminuindo as quantidades de CO₂ enviadas para a atmosfera, a verdade é que se estima que as necessidades energéticas mundiais serão cada vez maiores.

A assinatura do Protocolo de Quioto em 1997 foi consequência de uma série de ações que tentaram minorizar as consequências da emissão de gases para a atmosfera, a saber:

- *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá em outubro de 1988;
- *IPCC's First Assessment Report* em Sundsvall, Suécia em agosto de 1990 e

- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática na ECO-92 no Rio de Janeiro, Brasil em junho de 1992.

Este tratado internacional assumiu compromissos para a redução destas emissões, uma vez que estas agravam o efeito de estufa, causando o aquecimento global. Mais recentemente, a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 atingiu o seu objetivo quando, pela primeira vez na história, um acordo universal - o Acordo de Paris - definiu medidas para reduzir os efeitos das mudanças climáticas [3]. Foi aprovado com aclamação por quase todos os países. O acordo rege o período a partir do ano de 2020 e limitará o aquecimento global a menos de 2°C até 2100, em comparação com o que se verificava antes da era industrial.



Figura 1.5 – Fotografia do acordo histórico em Paris [3]

O setor energético é o maior responsável pelas emissões que poluem o ar e, apesar de existirem notórios esforços e uma preocupação mais consciente na promoção da utilização de fontes de energia menos poluentes, as atuais estatísticas não são muito reconfortantes, estimando-se que este consumo diário aumente.

Segundo o referencial do *International Energy Outlook 2016* o consumo mundial de aumentará no comércio de energia de todas as fontes de energia até 2040 [4], como ilustra a Figura 1.6. As fontes de energia renováveis serão as que terão o crescimento mais rápido durante o período da projeção. Entre 2012 e 2040 prevê-se um aumento de 2,6% no consumo de energia renovável. A energia nuclear é a segunda fonte de energia com maior crescimento com um aumento de 2,3% ao ano. Embora se preveja que o consumo de combustíveis não fosseis cresça mais rapidamente do que o consumo de combustíveis fosseis, os primeiros ainda representam 78% da energia utilizada em 2040. O gás natural será o combustível fóssil de crescimento mais rápido (devido à sua abundância e ao aumento de fornecimentos de gás

comprimido, gás de xisto e metano), em cerca de 1,9%. Prevê-se também que o gás natural superará o carvão em 2030.

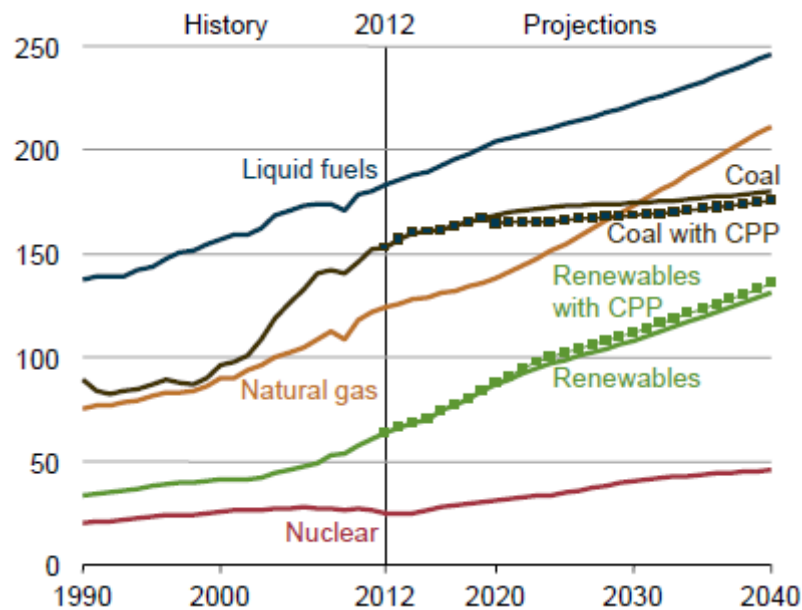


Figura 1.6 – Consumo mundial total por fonte de energia 1990 – 2040 (quadrilhão Btu) [4]

A Matriz Energética Mundial estrutura os consumos por fontes energéticas e é uma das chaves que permite analisar os desafios com os quais nos iremos deparar no futuro. Esta estrutura mostra claramente que o petróleo e os demais combustíveis fósseis terão um peso significativo nos recursos energéticos que utilizaremos. Contudo, a partir da análise dos gráficos acima, é possível também perceber que é previsível que o consumo energético evolua de uma forma mais responsável, destacando-se o aumento do recurso a energias renováveis, o que naturalmente irá beneficiar o meio ambiente e, conseqüentemente, o planeta que habitamos.

É neste contexto mundial em que a procura energética tem aumentado, aliado à progressiva consciencialização da necessidade de produção energética com a consciência da necessidade de diminuição da utilização de combustíveis fósseis, que as instâncias governamentais se começaram a sentir obrigadas a preparar diretivas mais sustentáveis em termos ambientais para o planeta. Desta forma, e para ilustrar de modo mais concreto estas medidas, podemos apontar o caso da legislação que tem vindo a ser implementada para o caso dos edifícios que são apresentados como um dos grandes responsáveis pelo consumo energético mundial. Neste contexto, foram emitidas diretivas europeias com o fim de diminuir as necessidades energéticas do parque edificado europeu, com um importante destaque para o setor habitacional. Foram, por isso, indicados objetivos para aumentar a eficiência energética do parque habitacional. O objetivo é conseguir que todos os novos edifícios, a partir de 2020, sejam energeticamente eficientes e o seu balanço energético quase zero, com importante realce para a produção energética por fontes renováveis.

1.1. Motivação e Pertinência do Tema

Tendo em consideração a importância do tema no contexto do que foi descrito anteriormente, pode-se considerar que a presente dissertação de mestrado, para além de atrativa, é da maior atualidade.

Numa época em que a consciência está desperta para as questões ambientais e para a forma insustentável como o ser humano tem vindo a gerir os recursos naturais do planeta, torna-se essencial encontrar soluções económicas, sociais e ambientalmente sustentáveis para corrigir estes problemas. À luz do da Diretiva 2010/31/EU [5], do Parlamento Europeu e do Conselho de 2010, transportada para a conjuntura legal portuguesa através do Decreto-Lei 118/2013 [6], os edifícios que necessitam de ser intervencionados, terão de melhorar de forma significativa o seu comportamento do ponto de vista energético para cumprimento da mais recente regulamentação sobre a matéria. Naturalmente, em consequência destas diretivas, tanto os processos de construção de edifícios, como os materiais e os equipamentos neles a utilizar, terão de ser adequadamente selecionados, de modo a assegurar que num ciclo anual o balanço energético de um edifício seja tendencialmente zero. Mais ainda, é de referir que os edifícios deverão ser construídos com fontes de energia renováveis, de modo a satisfazerem parte das suas próprias necessidades energéticas sem recurso a energias de origem fóssil.

O objetivo da presente dissertação de mestrado é apresentar um estudo para a reabilitação energética de um edifício de serviços. Serão propostas medidas que visam conseguir que o saldo energético entre a energia produzida e a consumida seja muito inferior ao que acontecia no início deste trabalho e que idealmente num ciclo anual, este saldo seja aproximadamente zero, de modo a poder ser considerado NZEB. Estas propostas poderão também servir de base para a melhoria da eficiência energética e de aproveitamento das fontes de energias renováveis para produção energética em qualquer edifício existente.

Este trabalho surge numa altura muito pertinente visto uma grande parte do património edificado em Portugal carecer de intervenção. Este trabalho poderá ser um estímulo, ao mesmo tempo que divulgará a importância destas intervenções que são um instrumento importante, através das quais poderá ser possível diminuir o consumo de energia nos edifícios.

1.2. Objetivo e Metodologia

O objetivo deste trabalho, centralizado particularmente num edifício em Lisboa, compreende a identificação e a definição de estratégias ativas que apresentem por um lado uma diminuição significativa dos consumos energéticos ao longo do período de ocupação do mesmo e, por outro lado, a criação de energia a partir de fontes renováveis. Pretende-se que esta redução de

consumos seja conseguida não privilegiando o recurso à energia elétrica como a única fonte de energia. Pelo contrário, pretende-se que tenha a capacidade de produzir eletricidade através de fontes renováveis, que preencherão as suas necessidades energéticas anuais.

Desta forma pretende-se, de forma geral, comprovar a possibilidade da construção de edifícios sustentáveis em Portugal tanto no que respeita à sua eficiência energética como ao balanço energético quase zero, mesmo num contexto de edifícios existentes e, de forma mais específica, contribuir para a melhoria de desempenho energético de um edifício.

Numa primeira fase, foi realizada uma visita ao edifício, por forma a ter um primeiro contacto com o mesmo. Analisaram-se as plantas de arquitetura, os projetos de instalações elétricas, de instalações mecânicas e o certificado energético com o objetivo de conhecer e analisar detalhadamente o edifício.

Em seguida, foram realizadas medições aos principais consumidores de energia no edifício e foi analisado o consumo energético dos últimos 5 anos.

Posteriormente, através da análise e do estudo de edifícios de balanço energético quase zero já construídos em Portugal, nomeadamente o Edifício Solar XXI localizado em Lisboa, observaram-se e compararam-se as medidas que foram adotadas para garantir a sua eficiência energética e alcançar o balanço energético quase nulo pretendido no edifício em estudo neste trabalho.

Finalmente, foram examinados os dados obtidos relativos ao consumo energético de modo a conseguir desenvolver propostas de melhoria da eficiência energética e de aproveitamento das fontes de energias renováveis para produção de energia no edifício em estudo.

1.3. Estrutura do Trabalho

Para o desenvolvimento da presente dissertação optou-se por dividir o trabalho em cinco capítulos.

No primeiro capítulo foi definido o enquadramento geral do tema em estudo, tratando-se a problemática das alterações climáticas que o planeta tem sofrido devido ao consumo excessivo de energia com origem fóssil. Esta situação tem-se vindo a verificar de forma clara no parque edificado português, sendo a construção de edifícios sustentáveis de balanço energético quase zero, uma forma de inversão do cenário atual.

No segundo capítulo foi apresentada uma análise do consumo energético do parque edificado em Portugal. Foi ainda analisada a relação das fontes energéticas com os diferentes tipos de utilização e os tipos de sistemas de construção que apresenta este setor. Foi igualmente analisada a diretiva 2010/31/EU e a sua relevância na construção de edifícios de balanço

energético quase nulo, bem como o contributo que a certificação, a eficiência energética e a construção sustentável apresentam para a temática.

No terceiro capítulo apresentou-se a caracterização e um estudo de um edifício de serviços já construído.

No quarto capítulo descreveram-se as medidas propostas para serem adotadas nesse edifício de modo a definir as melhores estratégias para conseguir tornar o edifício com balanço energético quase nulo.

Finalmente, no quinto capítulo apresentaram-se as considerações finais do trabalho e definiram-se alguns temas para desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Enquadramento Geral

No final do século XX e no início do século XXI, tornou-se evidente a forma insustentável como estão a ser utilizados os recursos energéticos presentes nas sociedades industrializadas. A maior parte da energia utilizada tem origem na exploração de recursos naturais de origem fóssil. A utilização indiscriminada destes recursos de cariz limitado contribuiu muito expressivamente para as alterações climáticas atualmente registadas, não existindo dúvidas que estas alterações climáticas foram causadas pelo uso abusivo dos recursos energéticos fósseis, que durante a sua combustão produzem a libertação de elevadas quantidades de gases para a atmosfera e que provocam o efeito de estufa.

A produção e utilização de energia não só representam a maior parte de poluição atmosférica da ação humana, como também são responsáveis por uma proporção muito elevada das emissões relacionadas com o homem de alguns poluentes-chave. Isto aplica-se tanto ao dióxido de enxofre (SO₂) como aos óxidos de azoto (NO_x), cujas emissões são quase inteiramente imputáveis à produção e utilização de cerca de 85% de partículas suspensas (Figura 2.1) [7].

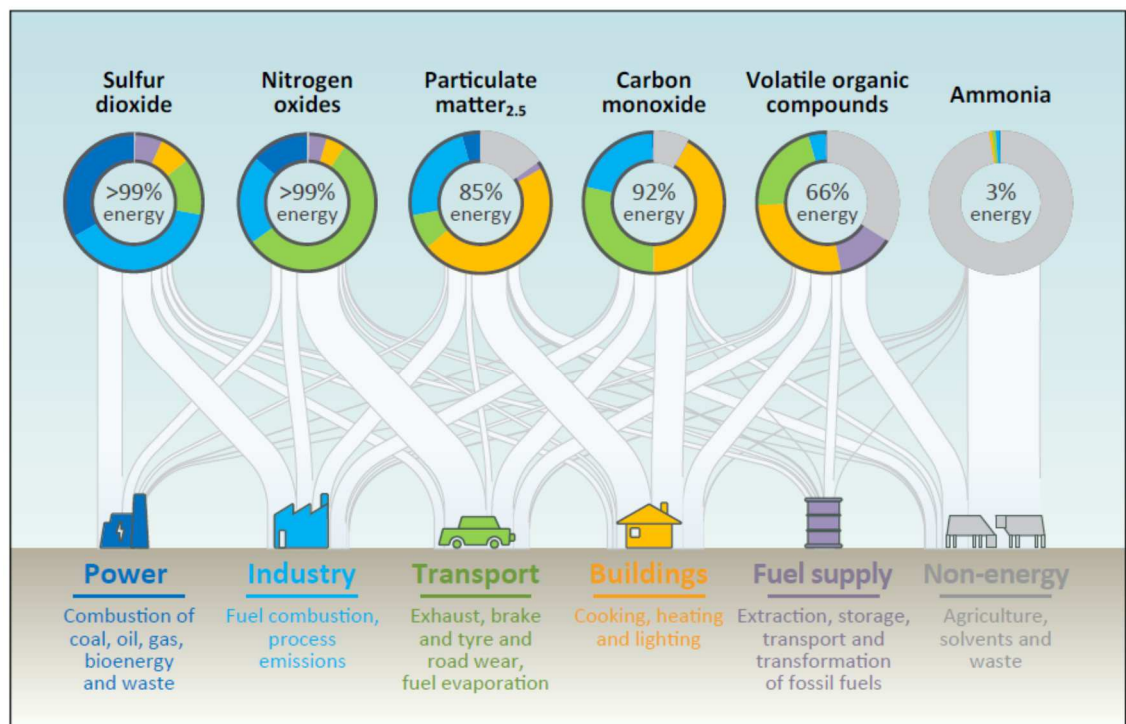


Figura 2.1 – Poluentes primários e as suas fontes – 2015 [7]

Alguns gases como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) ou o óxido nitroso (N₂O) são substâncias com capacidade de absorver radiação infravermelha, podendo por isso ser considerados como gases que causam efeito de estufa. Para tentar combater esta situação, ao abrigo do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, a União Europeia está obrigada a cumprir um valor máximo de emissões deste tipo de gases, para que a longo prazo a subida da temperatura global se situe abaixo dos 2°C. Outro dado relevante é o facto de grande parte do consumo de energia dentro da UE, cerca de 40%, ser da responsabilidade dos edifícios [8]. Assim, a redução da percentagem de consumo de energia que a EU está obrigada a cumprir, está regulada na Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios [5].

2.1. O Conceito NZEB

Na sequência da diretiva atrás referida [5], surgiu um novo conceito *NZEB – Nearly Zero Energy Buildings*, ou seja, edifícios com necessidades quase nulas de energia.

No Artigo 2. – Definições, é referido “Para efeitos da presente diretiva, entende-se por:” no ponto “2. «Edifício com necessidades quase nulas de energia», um edifício com um desempenho energético muito elevado, determinado nos termos do anexo I. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades;”, obrigando os edifícios a serem projetados e construídos com um saldo energético entre as perdas e os consumos existentes no edifício e ganhos provenientes de fontes renováveis seja perto de zero. Este balanço deverá ser obtido em grande parte pelo recurso a energias provenientes de fontes renováveis mas também através de reabilitações nos edifícios que os possam conduzir à redução das suas necessidades energéticas.

A Figura 2.2 ilustra de uma forma mais perceptível o conceito NZEB, ou seja, de um lado as necessidades energéticas (a encarnado) de aquecimento, arrefecimento, iluminação, água quente, entre outras e do outro lado a geração de energia (a azul) elétrica através do fotovoltaico, eólico, geotermia e de energia térmica pelos coletores solares, biomassa, entre outras. Anualmente o balanço energético da energia consumida (Input) e da energia produzida deverá ser quase zero.

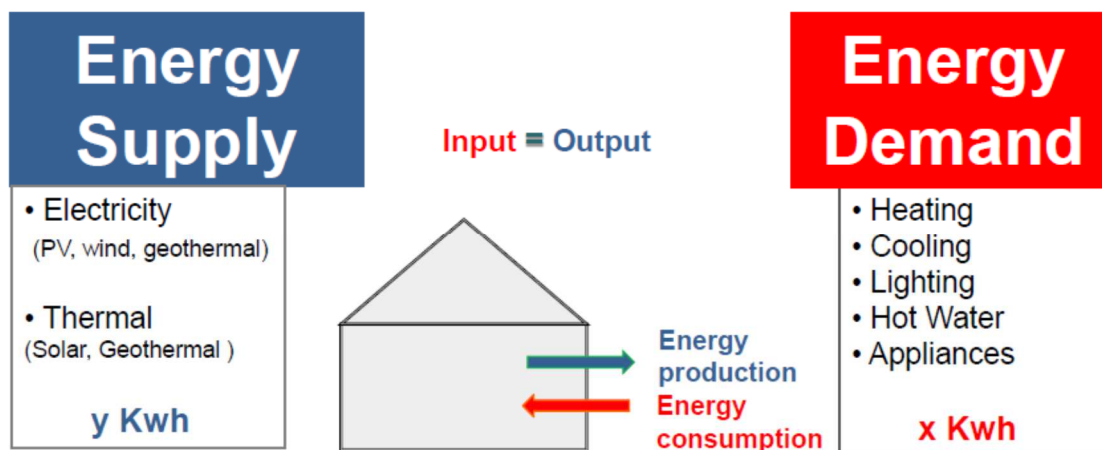


Figura 2.2 – O conceito NZEB graficamente [9]

Um gráfico que ajuda de forma significativa a perceber melhor os vários conceitos relacionados com o conceito NZEB é o apresentado na Figura 2.3. Neste, podemos observar no eixo das abcissas, as necessidades energéticas, no eixo das ordenadas, a produção ou exportação de energia renovável, originando como referência a reta a tracejado dos edifícios com necessidades energéticas zero (*Net ZEB*). Assim o ponto de partida será o índice de referência do edifício sendo aplicadas todas as melhorias de eficiência energética até ser atingido um edifício com baixas necessidades energéticas. Obtido esse valor é necessário recorrer à geração de energia através das fontes renováveis (através dos vários níveis) para atingir o balanço zero. Objetivo para os edifícios novos.

No estudo realizado nesta dissertação aplica-se a definição quase zero (NZEB) uma vez tratar-se de um edifício existente, com várias condicionantes arquitetónicas, de orientação solar e soluções já aplicadas. Nesta sequência, os edifícios NZEB normalmente situarem-se dentro da faixa a verde da figura 2.3.

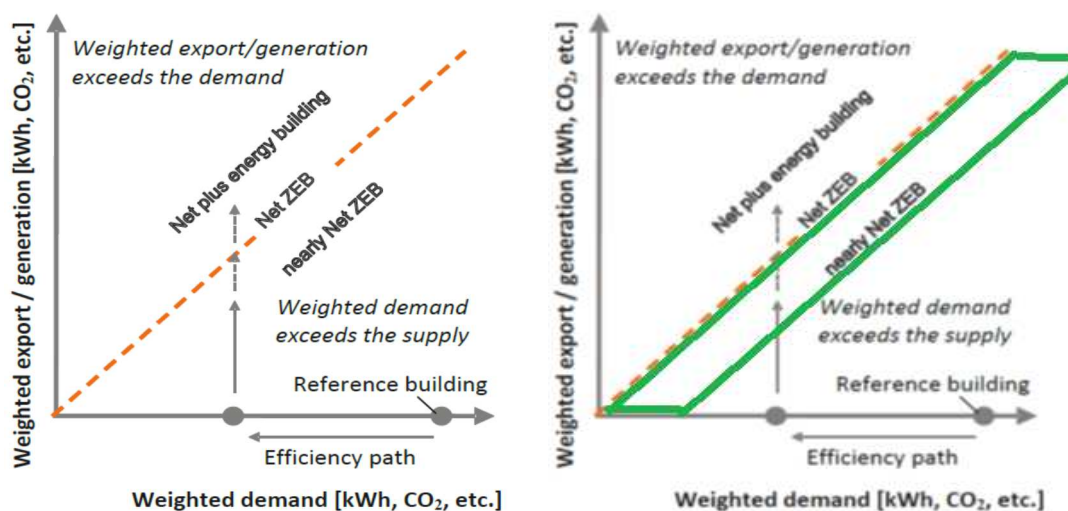


Figura 2.3 – Gráfico representando o caminho rumo a um edifício com necessidade energéticas nulas (*Net ZEB*), com o quase (*Nearly ZEB*) e variantes *plus*. [10]

2.2. A Legislação em Portugal e as Diretivas Europeias

Até 1990 não existia em Portugal qualquer regulamentação que obrigasse os projetistas de novos edifícios ou de reabilitações profundas de edifícios a acautelar os requisitos de conforto térmico. O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) apareceu como forma de salvaguardar esta situação e passou a regulamentá-la [11].

Apesar de nos anos 90 serem utilizados meios mecânicos para regular a temperatura interior dos edifícios e a qualidade do ar em alguns edifícios, surgiu um regulamento que tentou impedir os sobredimensionamentos dos edifícios ao nível da potência dos sistemas neles instalados, vindo assim a melhorar de forma substancial a eficiência energética dos edifícios, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) [12].

Com a Diretiva Europeia 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002 relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios [13], Portugal viu-se obrigado a transpor para a legislação nacional as suas indicações. Assim, 2006 transformou-se num ano de mudança para este tipo de regulamentações uma vez que foram realizadas alterações ao RCCTE e ao RSECE através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [14]. Com essas novas alterações, o RCCTE passou a impor que uma parte considerável dos edifícios tenha meios de promoção das condições ambientais nos espaços interiores e passou a ser obrigatório existir um limite ao consumo que decorre do potencial do equipamento e da sua utilização. Na figura 2.4 é bem ilustrada a evolução legislativa nacional.

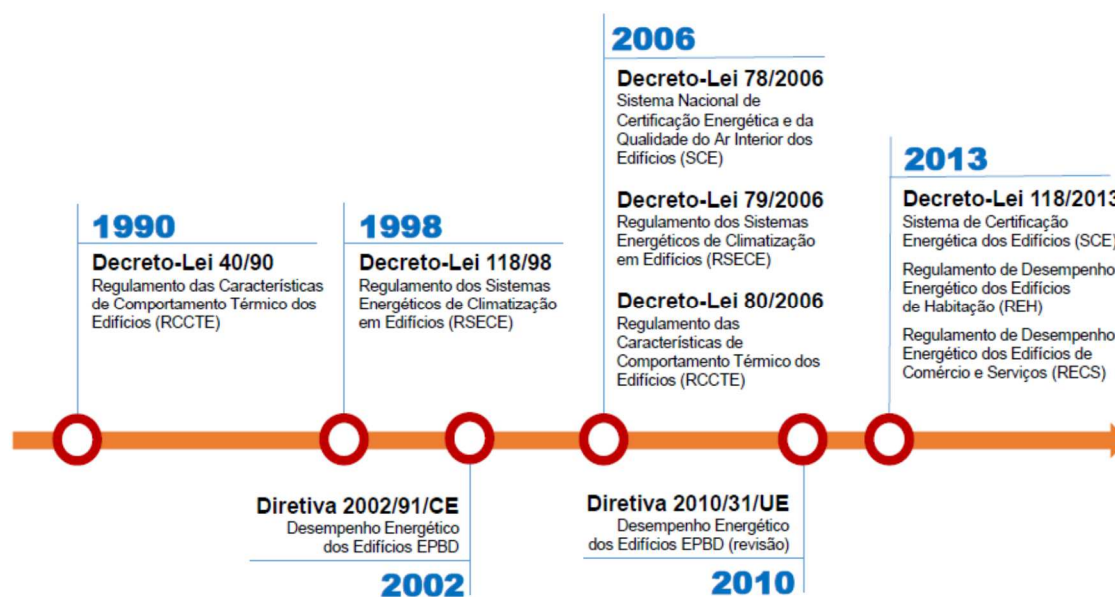


Figura 2.4 – Evolução legislativa em Portugal. [15]

Com a transposição da Diretiva 2010/31/EU no Decreto-Lei 118/2013, o SCE, RCCTE e o RSECE foram revogados.

Na Figura 2.5 são indicados os temas introduzidos pelas diretivas europeias, incluindo os NZEB em 2010.



Figura 2.5 – A EPBD como principal driver para os NZEB.[16]

O Decreto-Lei 118/2013 alterou a regulamentação referente à eficiência energética e à certificação energética de edifícios em Portugal. Aprova ainda o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. [5]

Na figura 2.6 é apresentada a diversa legislação portuguesa relativa à eficiência energética dos edifícios:

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Decreto-Lei 118/2013 – SCE/ REH/RECS; alterado pelos DL 68-A e 194/2015 ▪ Lei 58/2013 – Técnicos do SCE 		
Portarias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 349-A/2013 – SCE – Funcionamento do SCE; alterada pela 115/2015 ▪ 349-B/2013 – REH – Requisitos; alterada pela 379-A/2015 ▪ 349-C/2013 – Licenciamento – Procedimentos licenciamento e folhas de cálculo ▪ 349-D/2013 – RECS – Requisitos e metodologias ▪ 353-A/2013 – Ventilação e Qualidade Ar Interior – Requisitos e metodologias ▪ 66/2014 – Sistema de avaliação dos técnicos do SCE 		
Despachos	<table border="0"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-C/2013 – Layout e afix. dos CEs ▪ 15793-D/2013 – Fatores conversão (Fpu) ▪ 15793-E/2013 – Regras simplificação ▪ 15793-F/2013 – Dados climáticos ▪ 15793-G/2013 – Receção instalações PM </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-I/2013 – Necessidades REH ▪ 15793-J/2013 – Classif. energética ▪ 15793-K/2013 – Parâm. Térmicos ▪ 15793-L/2013 – Viabilidade económ. </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-C/2013 – Layout e afix. dos CEs ▪ 15793-D/2013 – Fatores conversão (Fpu) ▪ 15793-E/2013 – Regras simplificação ▪ 15793-F/2013 – Dados climáticos ▪ 15793-G/2013 – Receção instalações PM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-I/2013 – Necessidades REH ▪ 15793-J/2013 – Classif. energética ▪ 15793-K/2013 – Parâm. Térmicos ▪ 15793-L/2013 – Viabilidade económ.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-C/2013 – Layout e afix. dos CEs ▪ 15793-D/2013 – Fatores conversão (Fpu) ▪ 15793-E/2013 – Regras simplificação ▪ 15793-F/2013 – Dados climáticos ▪ 15793-G/2013 – Receção instalações PM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15793-I/2013 – Necessidades REH ▪ 15793-J/2013 – Classif. energética ▪ 15793-K/2013 – Parâm. Térmicos ▪ 15793-L/2013 – Viabilidade económ. 		

Figura 2.6 – SCE 2013. [15]

Relativamente aos edifícios com necessidades quase nulas de energia, o Decreto-Lei nº118/2013 [6], de 20 de agosto, no seu Artigo 16º, estabelece a sua evolução, o seu enquadramento, organização temporal, a sua abrangência e a sua dotação, respetivamente:

- 1 - O parque edificado deve **progressivamente ser composto por edifícios com necessidades quase nulas de energia.**
- 2 - São edifícios com **necessidades quase nulas de energia** os que tenham um **elevado desempenho energético** e em que a satisfação das necessidades de energia **resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades.**
- 3 - Devem ter **necessidades quase nulas de energia** os edifícios **novos licenciados após 31 de dezembro de 2020, ou após 31 de dezembro de 2018 no caso de edifícios novos na propriedade de uma entidade pública e ocupados por uma entidade pública.**
- 4 - Os membros do Governo responsáveis pelas áreas da energia, do ordenamento do território e das finanças aprovam por portaria o **plano nacional de reabilitação do parque de edifícios existentes** para que atinjam os requisitos de edifícios com **necessidades quase nulas de energia**, estabelecendo objetivos finais e intermédios, diferenciados consoante a categoria de edifícios em causa, e incentivos à reabilitação.
- 5 - Os edifícios com **necessidades quase nulas de energia** são dotados de:

a) **Componente eficiente** compatível com o limite mais exigente dos níveis de viabilidade económica que venham a ser obtidos com a aplicação da metodologia de custo ótimo, diferenciada para edifícios novos e edifícios existentes e para diferentes tipologias, ...

b) **Formas de captação local de energias renováveis que cubram grande parte do remanescente** das necessidades energéticas previstas, de acordo com os modelos do REH e do RECS, de acordo com as seguintes formas de captação:

i) Preferencialmente, no próprio edifício ou na parcela de terreno onde está construído;

ii) Em complemento, em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível, quando não seja possível suprir as necessidades de energia renovável com recurso à captação local prevista especificamente para o efeito.

O planeamento das metas intermedias para o desempenho energético nos diferentes estados membros como indicados nos planos nacionais para NZEBs é ilustrado na Figura 2.7. As linhas pretas horizontais indicam a previsão de antecipação dos requisitos da diretiva em alguns países.



Figura 2.7 – Road Map para aplicação do conceito NZEB.[16]

Para a implementação dos NZEB será necessário avaliar as melhorias a serem introduzidas nos sistemas técnicos, no caso dos edifícios existentes e estudados antes do início da

construção, no caso dos edifícios novos. Assim a viabilidade económica é remetida para estudos “custo-ótimo”.

Estes estudos apresentam os níveis de desempenho energético que levam ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado, tendo em conta os custos de investimento, de manutenção e de funcionamento relacionados com a energia, Segundo o *BPIE – Buildings Performance Institute Europe*, na Figura 2.8 [17] apresenta-se para os níveis de NZEB a metodologia de custo-ótimo, que permite identificar três tipos de desvios potenciais a serem corrigidos até 2020:

- 1 - Desvio financeiro, ou seja, a diferença de custo real entre os níveis de custo-ótimo e de NZEB;
- 2 - Desvio energético, isto é, a diferença entre a necessidade de energia primária a custo-ótimo e os níveis NZEB;
- 3 - Desvio ambiental, ou seja, a diferença entre as emissões de CO₂ associadas à necessidade de custo-ótimo e níveis de NZEB, este último com o objetivo de quase zero de emissões de carbono (ou <3kg CO₂ / m² / ano) a fim de ser coerente com os objetivos de descarbonização de 2050 da UE.

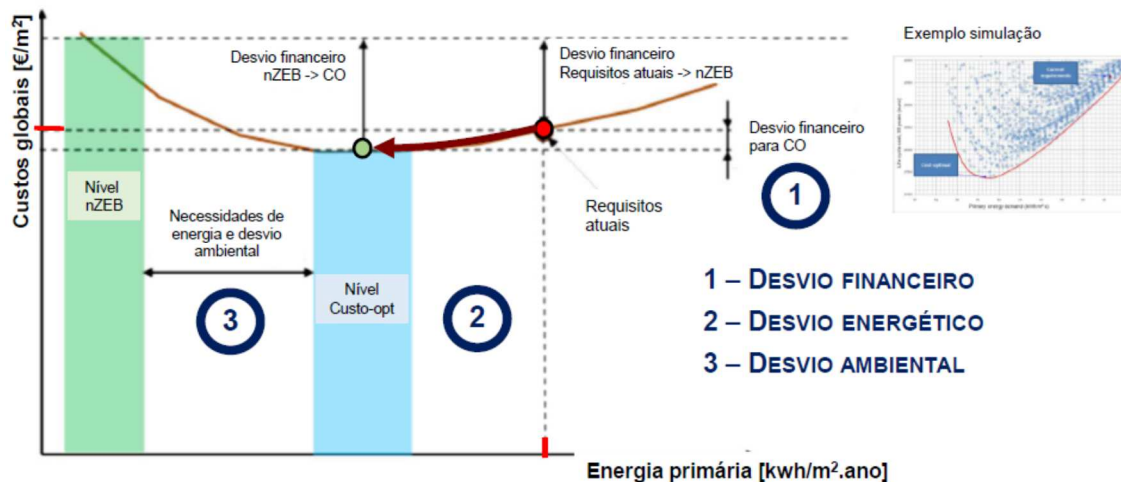


Figura 2.8 – Exemplo de desvio financeiro, energético e ambiental entre requisitos atuais e custo-ótimo e nível NZEB. [17]

Para combater as necessidades energéticas dos edifícios, devem ser introduzidas todas as medidas viáveis de melhoramento da sua eficiência energética e posteriormente recorrer à produção de energias renováveis para atingir o seu elevado desempenho, ou seja, chegar ao edifício NZEB.

Em relação à utilização das energias renováveis para que cubram “grande parte” do remanescente das necessidades energéticas, ainda está por quantificar se os valores se situam

em 10%, 20% ou 50% em função da tipologia do edifício (habitação, comércio e serviços). Através da Figura 2.9 é possível verificar como se deverá ter em consideração os dois tipos de medida (uso, fornecimento de energia) de modo a atingir-se o objetivo de NZEB.

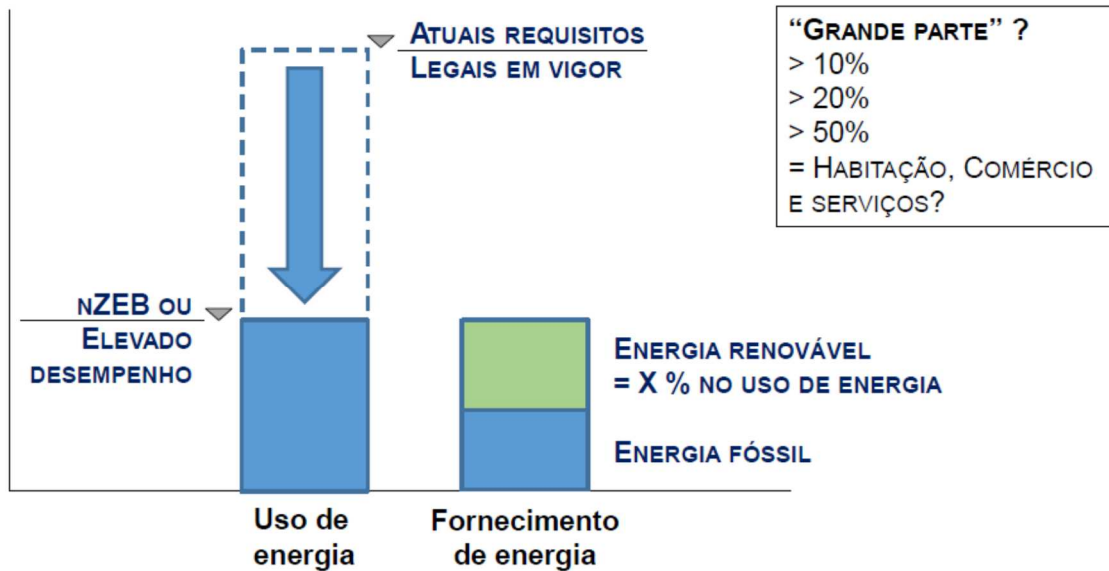


Figura 2.9 – Integração das renováveis nos NZEBs [16]

As formas de captação de energia renovável local ou próxima, também estão por definir:

A tendência de cerca de 18 estados membros é alargar a captação de energia renovável para além do próprio edifício. Existem 10 estados membros que planeiam utilizar o nível do complexo ou da urbanização. Na figura 2.10 são indicados os quatro níveis sugeridos pela Ação Concertada da Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios [18]:

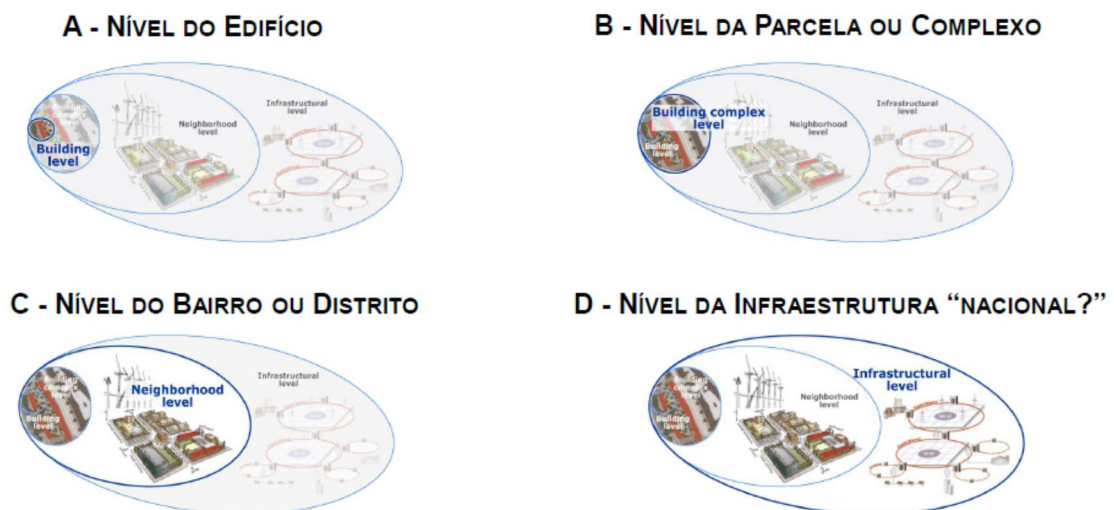


Figura 2.10 – Possíveis formas de captação e integração das renováveis nos cálculos para NZEBs [18]

O Decreto-Lei 118/2013 segue algumas das boas práticas desenvolvidas e comprovadas internacionalmente e desenvolve igualmente instrumentos e metodologias de suporte à definição de estratégias, planos e mecanismos de incentivo à eficiência energética. O presente decreto apresenta-se de forma consistente como uma ferramenta essencial para encontrar um caminho de melhoria da eficiência energética com especial enfoque no edificado.

2.3. Os NZEB como estratégia de melhoria da eficiência energética

O conceito NZEB é atual e uma solução realista para atingir o objetivo de reduzir a emissões de CO₂ e a redução do consumo de energia em Portugal e no mundo. Existem atualmente vários edifícios espalhados pelo mundo que já obedecem a este conceito [19]. A Figura 2.11 apresenta um mapa com a localização dos diversos locais onde existem edifícios NZEB com especial destaque para o caso português.



Figura 2.11 – Mapa dos edifícios NZEB existentes atualmente [19]

IEA Solar Heating & Cooling Programme

Segundo o *Directorate-General for Energy* (2014, Fevereiro) [8] em 2007 os Estados Membros da UE comprometeram-se em 2020 a atingir uma redução de 20% na emissão de

Gases Efeito de Estufa (GEE) em relação aos níveis verificados em 1990, nomeadamente através do aumento em 20% das Energias Renováveis no consumo energético da UE e na redução em 20% no seu consumo de energia proporcionando assim uma melhoria da eficiência energética da UE. Atualmente verifica-se que é ainda necessário percorrer um longo caminho, para que para que a UE consiga concretizar os objetivos pretendidos para 2020.

Os edifícios são um fator essencial para que a União Europeia alcance as metas que estabeleceu para a emissão de GEE. Nos edifícios residenciais e de serviços, calcula-se que estas reduções representem, respetivamente, cerca de 88% e 99%, em 2050, relativamente aos valores estimados em 1990 [20]. Deste modo, para que a UE alcance os objetivos desejados em 2020 e para que consiga atingir os seus objetivos de descarbonização até 2050, será necessário que exista um maior investimento por parte de entidades públicas e privadas neste esforço. Torna-se fundamental que sejam feitas escolhas adequadas no que diz respeito às tecnologias a aplicar e aos investimentos a realizar nos edifícios que necessitam de ser reabilitados. Neste quadro torna-se evidente que o conceito NZEB é um instrumento fundamental para que seja possível obter uma redução de custos e um aumento da Eficiência Energética na UE. Um *Nearly Zero Energy Building* exibe um elevado desempenho energético, sendo que as suas necessidades energéticas deverão ser compensadas pelo recurso a fontes de energias renováveis. Estas energias deverão ser produzidas no local ou nas proximidades do edifício. Nas Figuras 2.12 e 2.13 apresentam-se as metas a atingir para a redução das emissões poluentes e melhoria da eficiência energética.

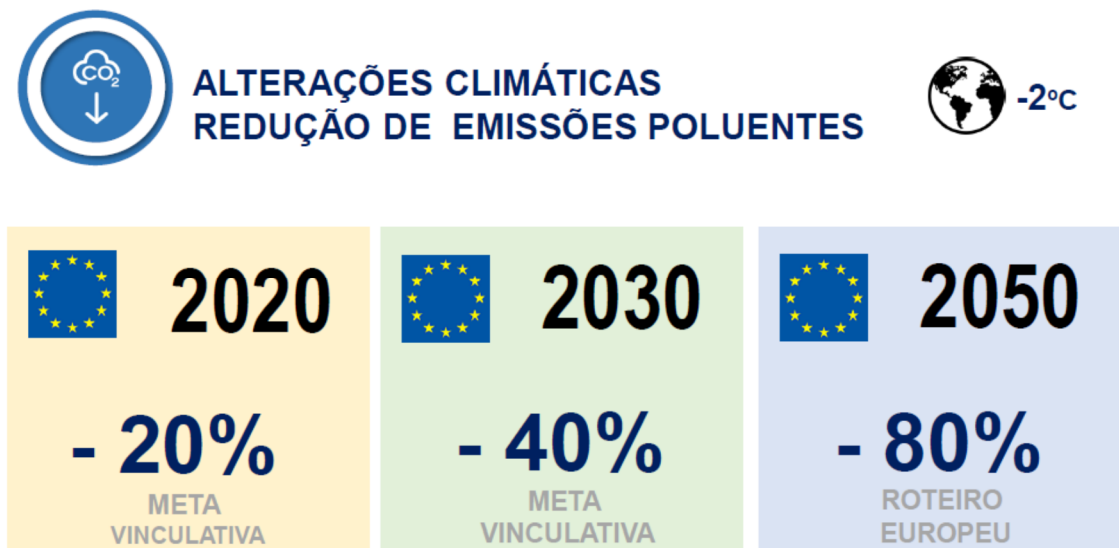


Figura 2.12 – Redução de emissões poluentes [16]



REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Figura 2.13 – Redução de consumo de energia [16]

As últimas indicações sobre o tema surgiram no documento da “RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/1318 DA COMISSÃO de 29 de julho de 2016 [22] relativa às orientações para a promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia e das melhores práticas para assegurar que, até 2020, todos os edifícios novos tenham necessidades quase nulas de energia, nomeadamente:

5. SÍNTESE DAS RECOMENDAÇÕES

(1) Os princípios aplicáveis a edifícios com necessidades quase nulas de energia constituem um dos pilares da Diretiva em vigor, devendo passar a ser a norma para os edifícios novos a partir de 2020. Aconselha-se os Estados-Membros a intensificarem os seus esforços no sentido da plena implementação e controlo do cumprimento das disposições da Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios, a fim de assegurar que todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia dentro dos prazos previstos na Diretiva.

(2) Aconselha-se os Estados-Membros a estabelecerem definições nacionais de edifícios com necessidades quase nulas de energia a um nível de ambição suficientemente elevado — não inferior ao nível ótimo de rentabilidade previsto para os requisitos mínimos — e a utilizarem fontes de energia renováveis no âmbito de um conceito de conceção integrada para satisfazer as pequenas necessidades energéticas dos edifícios NZEB. Os padrões de referência recomendados são apresentados na secção 4.1. Deve ser garantido um bom ambiente interior a fim de evitar a deterioração da qualidade do ar interior e das condições de saúde e de conforto no parque imobiliário europeu.

(3) A fim de garantir que os edifícios novos sejam NZEB a partir do final de 2020 os Estados-Membros devem avaliar, o mais rapidamente possível, se é necessária uma adaptação das práticas existentes. É igualmente recomendado que os Estados-Membros definam o mecanismo que será utilizado para monitorizar o cumprimento dos objetivos NZEB e considerem a

possibilidade de estabelecer sanções diferenciadas para edifícios novos após o termo dos prazos NZEB.

(4) As políticas e medidas de promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia deveriam ser mais específicas no que diz respeito à clarificação do seu nível de contribuição para a realização dos objetivos NZEB. Recomenda-se uma ligação mais forte entre as políticas, as medidas e os NZEB. A fim de facilitar a comunicação destas informações, a Comissão colocou à disposição dos Estados-Membros um modelo não-obrigatório, cuja utilização é recomendada a fim de facilitar a comparabilidade e a análise dos planos.”

2.4. O consumo energético do parque edificado em Portugal

Portugal enfrenta e luta contra uma das maiores crises financeiras da União Europeia, pelo que facilmente se entende que não será expectável que todos os edifícios consigam vir a tornar-se NZEB em 2020. Para além das ajudas financeiras, existem outros impedimentos que poderão conduzir a que o conceito NZEB consiga afirmar-se de forma sustentável no nosso país.

A população portuguesa ainda não dá primazia ao recurso a fontes de energias renováveis. Apesar disso, o número de utilizadores das mesmas tem vindo a aumentar porque têm sido levadas a cabo medidas que incentivam esta utilização desde 2002 e, desta forma, Portugal tem conseguido reduzir as suas emissões de GEE. Em 2010, segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), esta diminuição foi de 16,7 MtCO₂ em relação ao ano de 2002 [23] e desta forma, em 2010 os valores conseguidos já eram semelhantes aos de 1995 (Figura 2.14).

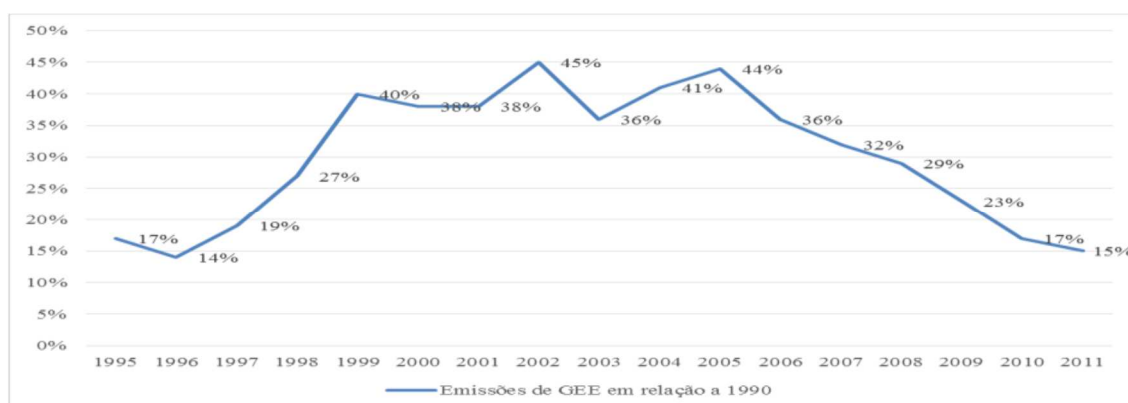


Figura 2.14 – Emissões de GEE em Portugal [23]

Atualmente, no seguimento da introdução da Diretiva Europeia 2010/31/UE e no contexto Legislativo Português, os edifícios recentes não poderão ter uma classe energética inferior a B-. Desde julho de 2008 todos os edifícios novos deverão dispor de um certificado válido e, desde 2009, todos os edifícios existentes devem também imperiosamente dispor de um certificado válido na fase de celebração do respetivo contrato de venda, locação ou arrendamento.

O Sistema Nacional de Certificação Energética compreende a aplicação das EPBD, o que significa que os edifícios novos e todos os edifícios vendidos ou arrendados estão incluídos. Um estudo realizado pela Agência para a Energia (ADENE) nas regiões de Beja, Bragança, Lisboa e Porto, indica que cerca de 40% dos imóveis certificados antes da entrada em vigor da primeira EPBD, em 2006, têm uma classe energética igual ou superior a B-, sendo que, ao analisar-se toda a amostra, se regista uma preponderância da classe C [24] (Figura 2.15).

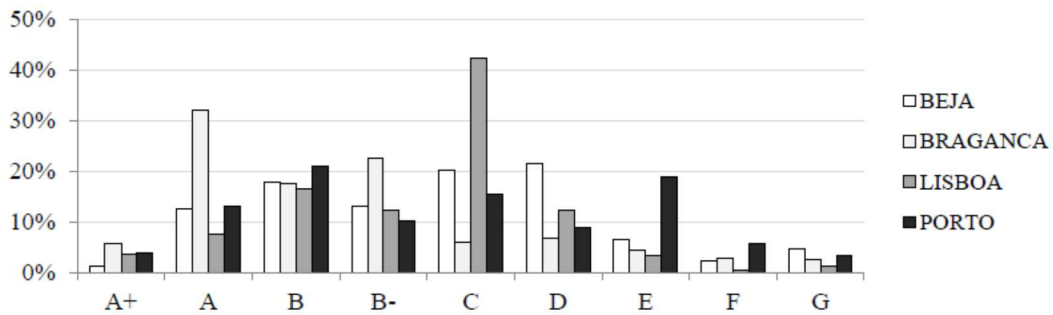


Figura 2.15 – Classes energéticas em edifícios construídos antes de 2006 [24]

Relativamente aos edifícios construídos depois de 2006, cerca de 80% dos mesmos já apresentam o nível mínimo regulamentar, sendo que a classe A+ continua a ser muito pouco significativa (Figura 2.16). De qualquer modo é possível verificar que a partir desta data deixaram de ser construídos edifícios com classe energética superior a B- e que a sua maioria passou a ser B.

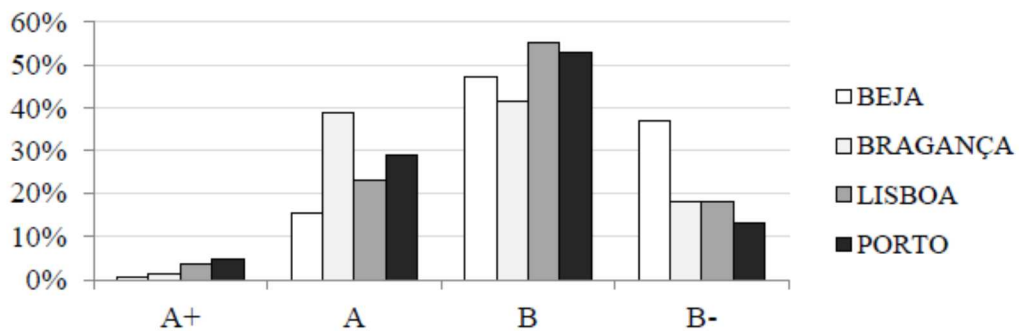


Figura 2.16 – Classes energéticas em edifícios construídos depois de 2006 [24]

Com a entrada em vigor do Decreto-lei 118/2013, obrigando à realização dos certificados energéticos de todas as aquisições ou arrendamentos de imóveis, assistimos a um aumento de novos certificados energéticos como indicado na Figura 2.17.

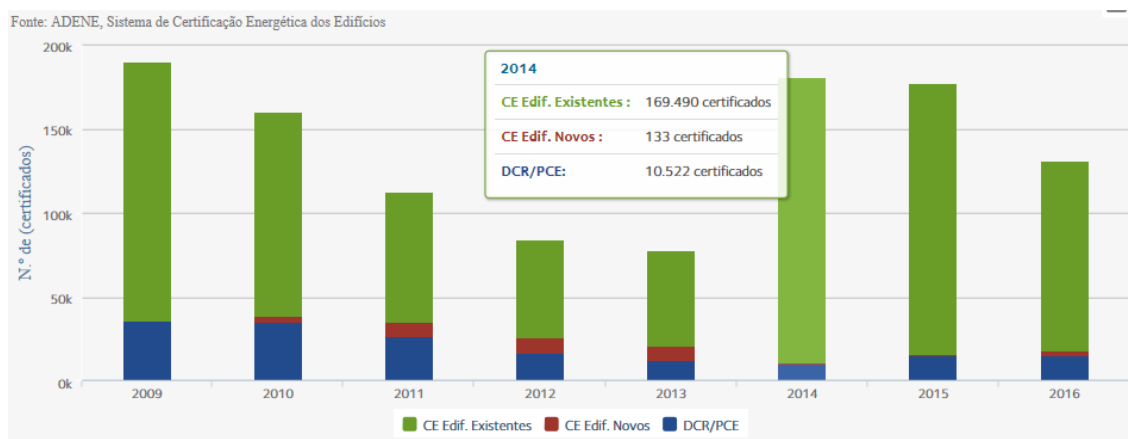


Figura 2.17 – Número de certificados energéticos emitidos por ano e por tipo de documento

Este diploma além de reunir três diplomas num só, pretendeu promover a “separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS”, e assim possível obter mais informações sobre o desempenho dos edifícios.

Segundo informação da ADENE [16], o desempenho é o seguinte:

- Para os edifícios novos no SCE – Habitação (2013 a 2015)

Conforme se apresenta na Figura 2.18, para este período são já cerca de 16000 edifícios novos sendo 1000 na zona climática de inverno I3, 6000 da zona I2 e 9000 da zona I1 (zonas climáticas definidas para Portugal Continental, I3 I2 e I1). Desta amostra, 12000 são moradas e 4000 são apartamentos. As tipologias vão de T0 a superior a T6, sendo as tipologias T1, T2, T3 e T4 as mais relevantes com cerca de 9%, 20%, 46% e 17%, respetivamente. Em relação às áreas úteis médias, as moradas têm cerca de 167m² e os apartamentos cerca de 100m². Sendo na zona climática I1 (Sul) de 143m², na zona I2 de 158m² e na zona I3 (interior norte) de 161m².



Figura 2.18 – Amostra de edifícios novos habitacionais por zona

Os indicadores que existem atualmente ao nível de energia primária, final e útil, em função das zonas climáticas são os ilustrados na figura 2.19. Através desta figura é possível verificar que na zona I3 (interior norte) as necessidades de energia útil são maiores e as moradias mais consumidoras quando comparadas com os apartamentos, sendo esta diferença justificada pelas paredes exteriores.

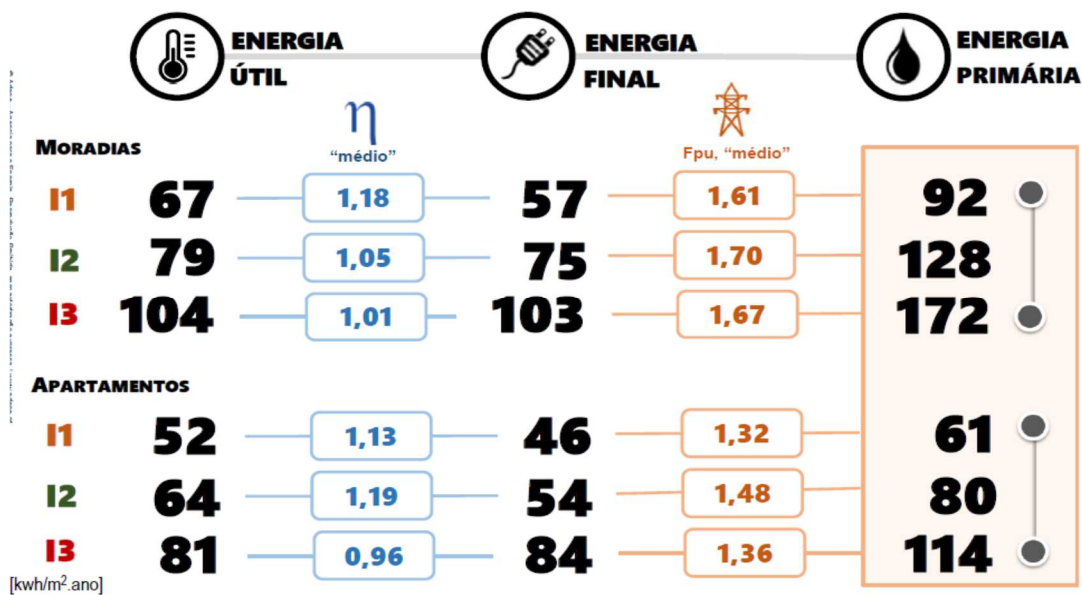


Figura 2.19 – Energia útil, final e primária por zona na Habitação

Face aos nossos congéneres europeus podemos verificar através da figura 2.20 o nosso posicionamento. Verifica-se assim que ainda existe necessidade de fazer um longo caminho para reduzir as necessidades energéticas de Portugal.

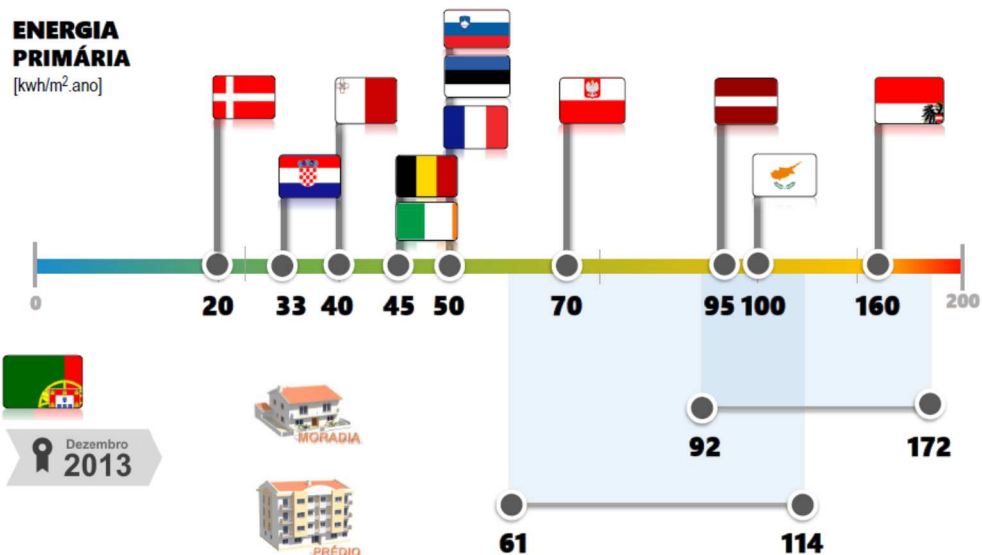


Figura 2.20 – Energia primária na Habitação PT vs EU

Nos edifícios novos no âmbito do Sistema de Certificação de Edifícios – SCE, verifica-se na figura 2.21 que já existe algum contributo de energias renováveis no local, especialmente na zona I1 e I2. O interior norte acaba por ser o responsável por um maior número de emissões de CO₂ para a atmosfera.

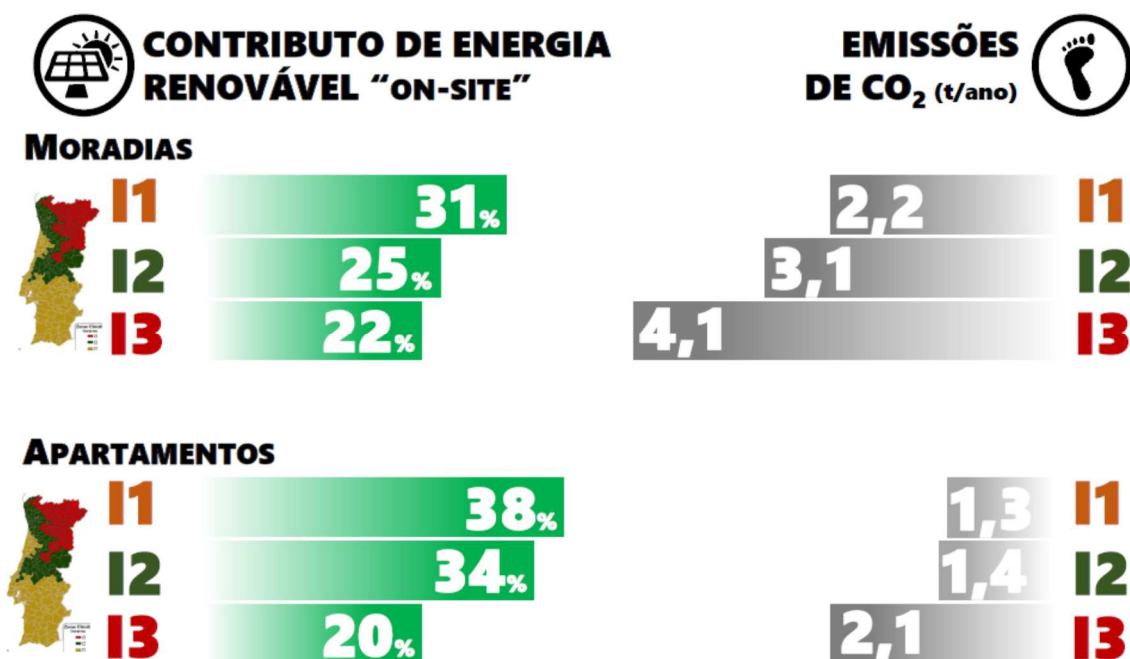


Figura 2.21 – Desempenho dos edifícios novos no SCE - Habitação

Em comparação com os outros estados membros, verifica-se que só a Dinamarca, Irlanda e Itália têm cerca de 50% dos edifícios habitacionais com energias renováveis (Figura 2.22).

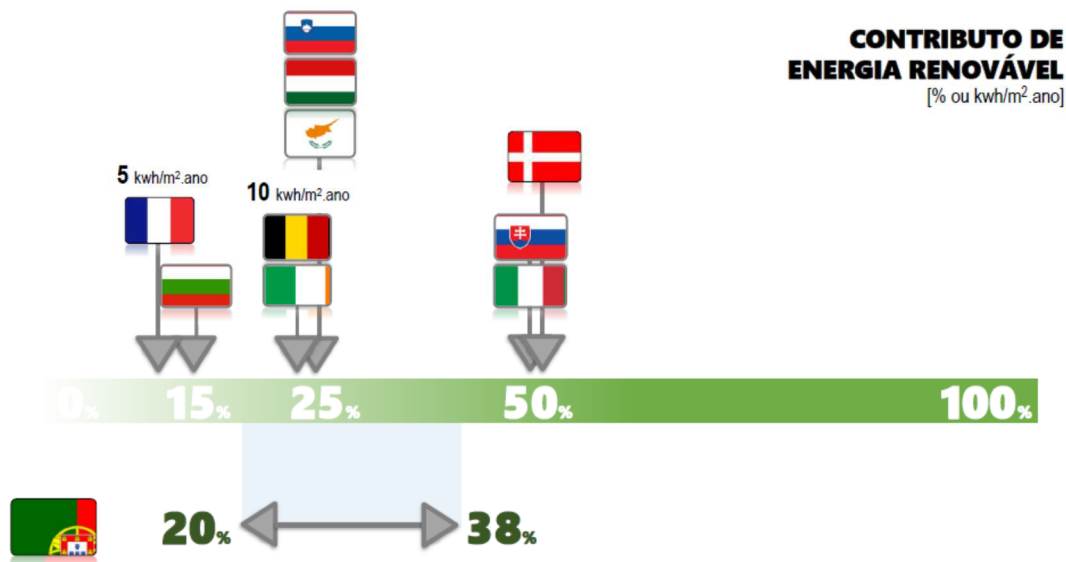


Figura 2.22 – Contributo de energia renovável na Habitação – PT vs EU

- Para os edifícios novos no SCE – Comercio e Serviços (2013 a 2015)

Relativamente a este período, são já cerca de 1500 edifícios novos, dos quais 100 na zona climática de inverno I3, 500 da zona I2 e 900 da zona I1 (Figura 2.23). Desta amostra, 300 são Grandes Edifícios e 1200 são Pequenos Edifícios. Em relação às áreas úteis médias, os pequenos edifícios têm cerca de 250 m² e os grandes edifícios cerca de 3500m².

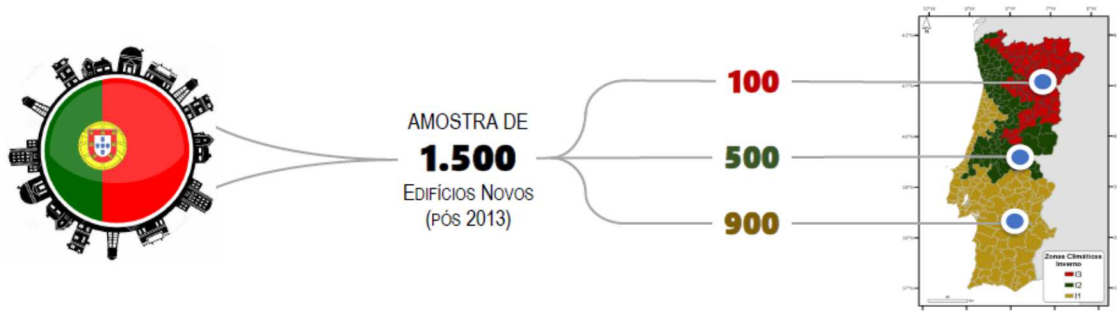


Figura 2.23 – Amostra de edifícios de Comercio e Serviços novos por zona

Os indicadores ao nível de energia primária e final, em função das zonas climáticas são os ilustrados na figura 2.24. Através desta figura é possível verificar que as necessidades de energia final (em kWh/m².ano) é praticamente semelhante quer sejam Grandes edifícios ou pequenos edifícios, embora seja necessária muita mais energia primária para os grandes edifícios.

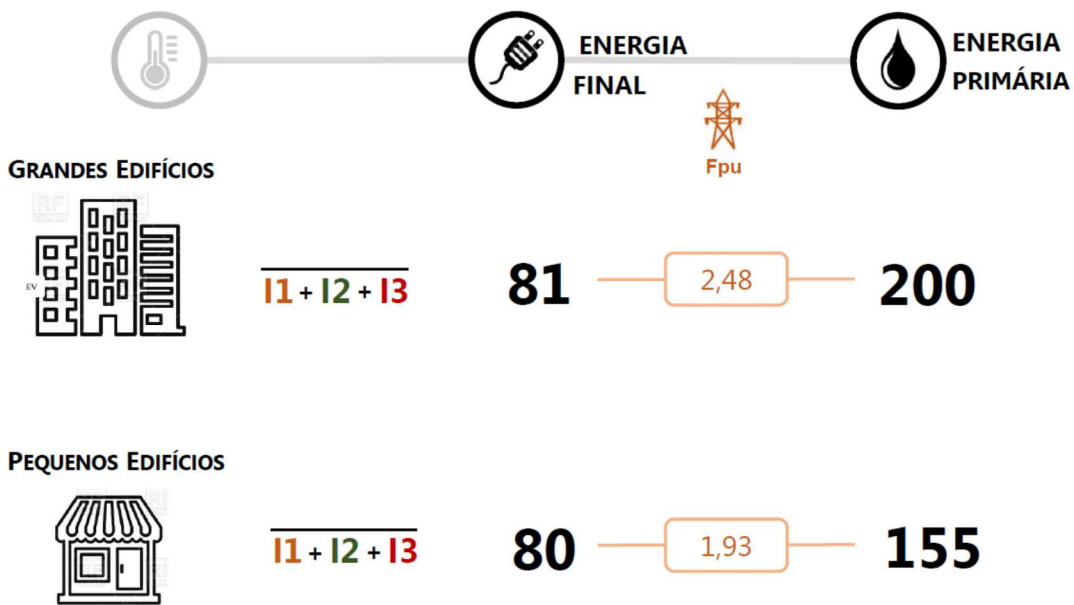


Figura 2.24 – Desempenho dos edifícios novos no SCE de Comércio e Serviços por zona [kwh/m².ano]

Face aos outros estados membros podemos verificar através da figura 2.25 o nosso posicionamento. Verifica-se assim que estamos na cauda e temos necessidade de fazer um esforço enorme para reduzir as necessidades energéticas de Portugal no setor dos edifícios de comércio e serviço.

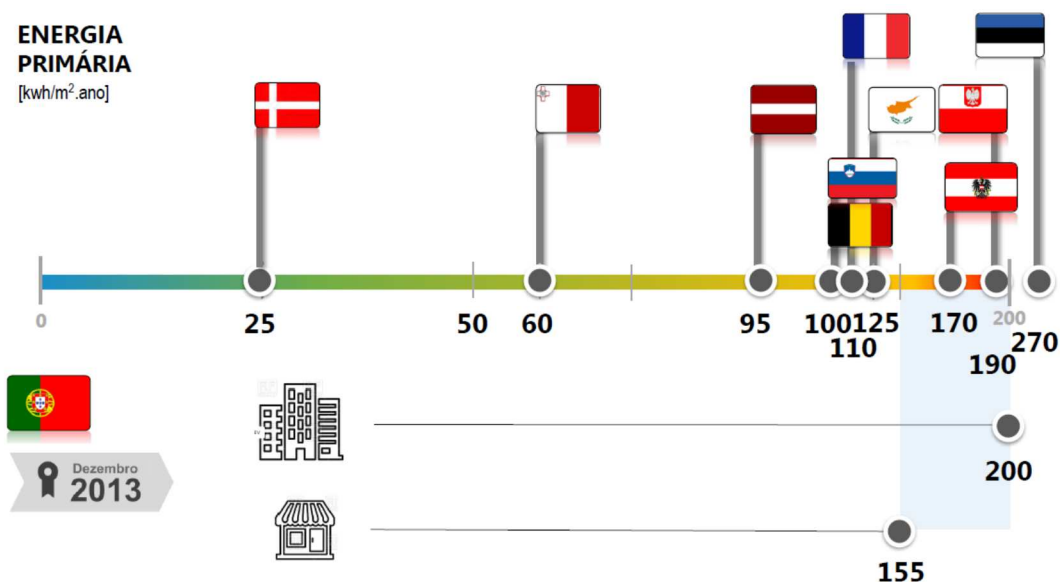
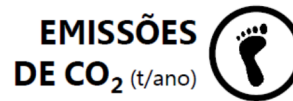
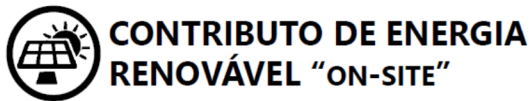


Figura 2.25 – Energia Primária nos Edif. Comércio e Serviços – PT vs EU

A Figura 2.26, relativa à contribuição de energia renovável nesta categoria de edifícios, vem confirmar o referido anteriormente e à necessidade de dotar estes imóveis de sistemas que recorram às renováveis.



GRANDES EDIFÍCIOS



3,4%

134

I1 + I2 + I3

PEQUENOS EDIFÍCIOS



2,5%

31

I1 + I2 + I3

Figura 2.26 – Principais indicadores NZEB – PT Edif. Comércio e Serviços vs EU

Face aos restantes países da União Europeia temos a percentagem mais baixa de utilização de energias renováveis, como ilustra a Figura 2.27.

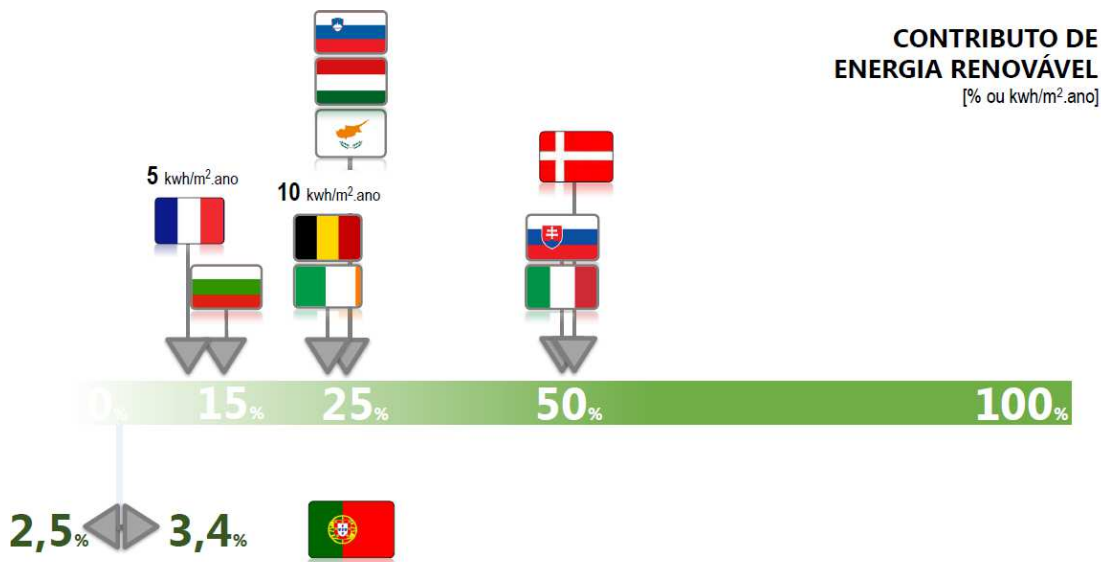


Figura 2.27 – Contributo de energia renovável nos Edif. Comércio e Serviços – PT vs EU

Capítulo 3

Estudo de um edifício de serviços existente

Para ser possível perceber a real capacidade do conceito NZEB ser eficazmente implementado em edifícios em Portugal, procedeu-se à realização de um estudo de um edifício de serviços em Lisboa. A entidade exploradora do edifício permitiu o acesso aos dados existentes e aos espaços mas não permitiu a divulgação do edifício nem da denominação da entidade. Para a realização deste estudo, elaborou-se, numa primeira fase, uma avaliação muito técnica e pormenorizada a um conjunto de elementos existentes, que possibilitaram a caracterização energética do edifício. Com uma análise de diagnóstico profunda realizada ao edifício, foram definidas um conjunto de propostas de melhoria com vista a estimar a possibilidade deste edifício atingir uma convergência ao conceito NZEB.

3.1. Caracterização do edifício

O edifício alvo deste estudo está localizado em Lisboa, a cerca de 120 metros do nível do mar, tem forma retangular, sendo as fachadas sudeste e norte as maior dimensão. A sua implantação é isolada, não confinando em qualquer dos lados com qualquer construção e sendo as respetivas áreas:

Área total bruta de 6.911,41 m²

Área útil de pavimento: 4036,2m²

O enquadramento do edifício, quanto à sua atividade, é maioritariamente ditado pela atividade de Escritórios. Subdivide-se em áreas zonas com diferentes utilizações funcionais. Na Tabela 3.1 é apresentado um resumo dos espaços existentes com a indicação correspondente das áreas dos espaços úteis e complementares de cada um dos Pisos do Edifício.

Tabela 3.1 – Áreas das zonas funcionais de cada piso

Piso	Zonas Funcionais	Área (m ²)
-2	Área técnicas, armazéns, estacionamento	1395,82
-1	Área técnicas, armazéns, estacionamento	1359,18
0	Receção, circulações, escritórios, instalações sanitárias, salas de formação, posto médico, armazéns, áreas de pessoal, Datacenter	1182,81
1	Circulações, escritórios, instalações sanitárias	1371,88
2	Circulações, escritórios, instalações sanitárias, Laboratório	1385,16
3	Armazéns e áreas técnicas	55,66
	Total	6750,51

O edifício é constituído por 6 pisos, sendo 2 abaixo do solo e 4 acima do solo. Está definido da seguinte forma:

- Piso -2 e -1 : Estacionamento, áreas técnicas e armazéns;
- Piso 0: Receção, zonas comuns (circulações e instalações sanitárias), escritórios, salas de formação, copas;
- Piso 1: Zonas comuns e escritórios;
- Piso 2: Zonas comuns, escritórios e laboratório;
- Piso 3: Áreas técnicas e armazéns.

O ano de construção deste edifício reporta-se a 2005 e, segundo o respetivo certificado energético [25], enquadra-se no RECS como Grande Edifício de Serviços (GES) por ter uma área útil superior a 1000m², apresentando uma classificação energética de B (Figura 3.1).

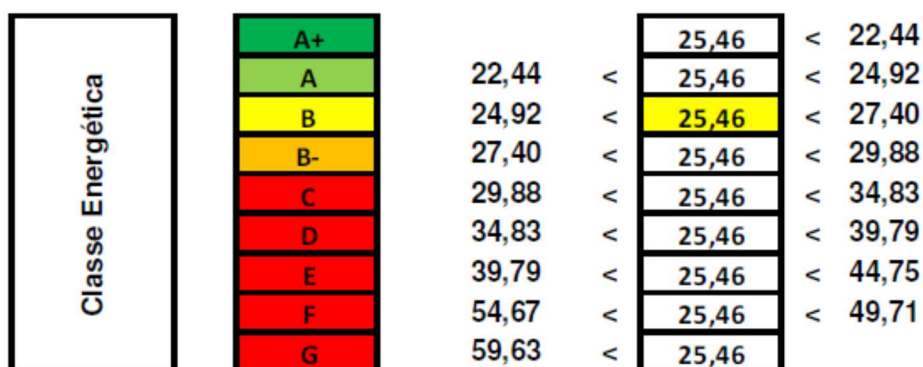


Figura 3.1 – Classes de Eficiência Energética do Edifício

De acordo com o certificado energético, o consumo anual global é de 669265,5 kWh/ano.

Este edifício apresentou no quadriénio de 2009/2012 [25], um consumo médio anual de energia final de aproximadamente 695770 kWh, resultante unicamente do consumo de energia elétrica. Este consumo energético final equivale a um consumo total de energia primária de 201.77 tep e a uma emissão equivalente de gases com Efeito de Estufa de 242.1 tCO₂eq. Os consumos energéticos totais do quadriénio traduzem-se num encargo médio direto com a fatura energética do edifício no valor de cerca de 69 300 €/ano.

No Anexo I são apresentadas as plantas de arquitetura do edifício para uma melhor perceção da sua dimensão e constituição.

3.1.1. Descrição dos Sistemas Técnicos existentes

- Sistema de distribuição de energia elétrica

O edifício é alimentado eletricamente a partir de um Posto de Transformação (PT) particular, localizado numa área técnica do Piso -1, com uma potência nominal instalada de 630 kVA. A rede de distribuição de Média tensão (MT) existente no local é transformada em Baixa Tensão (BT) trifásica, 400 V / 230V – 50 Hz. Em BT a energia elétrica é distribuída a partir do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), localizado junto ao estacionamento do Piso -1, até aos diversos Quadros parciais distribuídos pelo edifício. Estes dividem-se em Quadros de Piso, que posteriormente ramificam-se nas diferentes frações. Também alimenta os quadros do sistema de ventilação, AVAC, Elevadores, *Datacenter e Laboratório*.

A fim de garantir as condições de segurança do edifício e do funcionamento dos equipamentos considerados prioritários para a exploração do complexo, (iluminação de segurança, sistemas de desenfumagem, centrais de bombagem de incêndio, etc), em caso de falha/corte da rede de distribuição pública, encontra-se instalado um Grupo Gerador localizado na cobertura do edifício, com uma capacidade instalada de 220 kVA, que alimenta parte da rede normal.

Para assegurar o funcionamento do *Datacenter*, na transição do funcionamento em rede normal ou em gerador, encontram-se instaladas Unidades de Alimentação Ininterrupta, com uma potência nominal instalada total de 40 kVA.

Na figura 3.2 apresenta-se o diagrama de quadros elétricos na instalação [26].

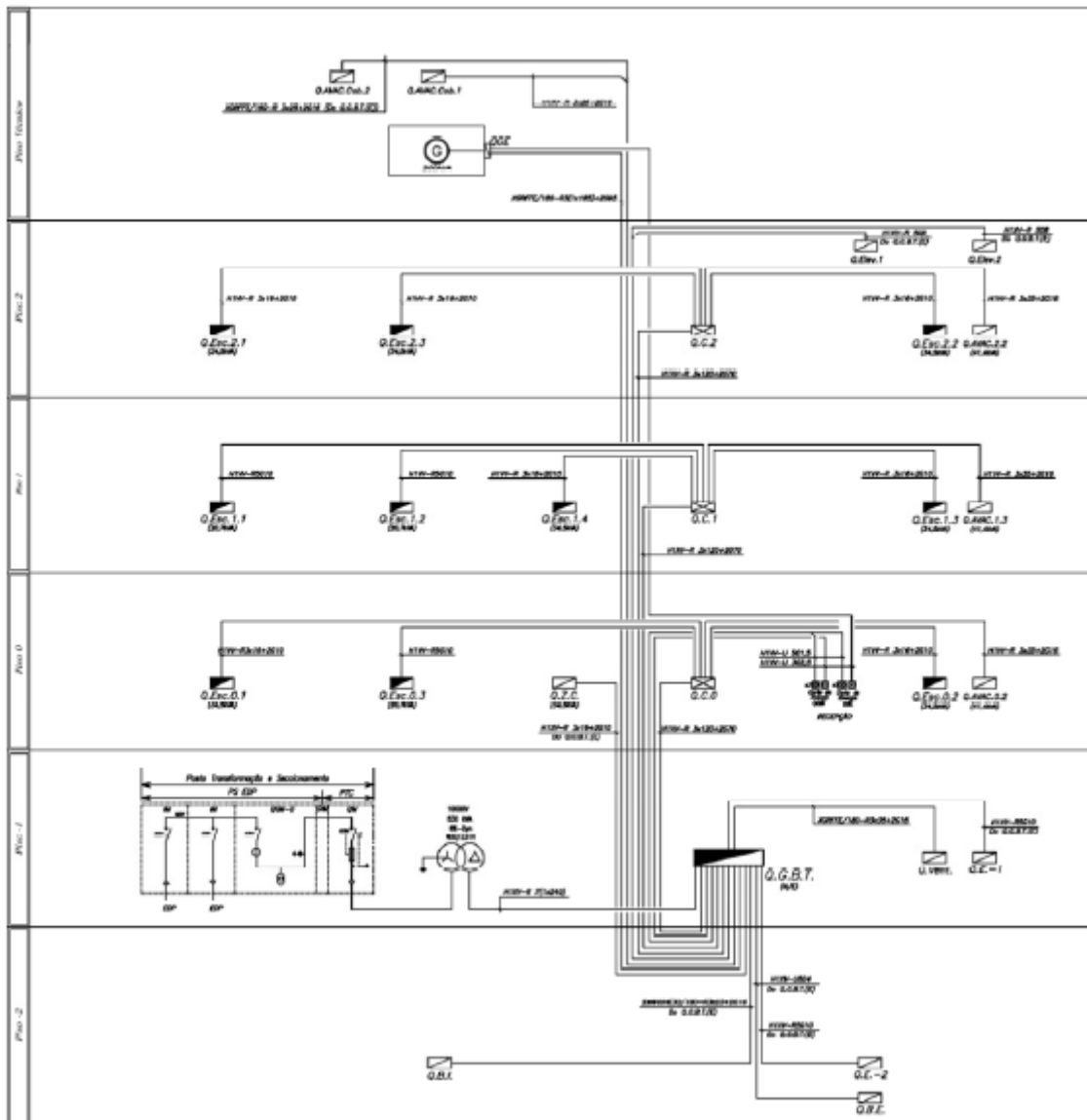


Figura 3.2 – Diagrama de distribuição da rede elétrica

Recentemente, foi instalado um novo equipamento no Laboratório, um compressor com 11kW alimentado por uma UPS de 40kVA.

- Iluminação

O edifício em estudo apresenta uma envolvente exterior com duas zonas diferentes, assinaladas na Figura 3.3. A zona assinalada a encarnado é orientada a sudeste, sudoeste e noroeste, apresentando vãos envidraçados na sua plenitude no piso 0 (mas recuado em relação à fachada) e também nos pisos 1 e 2 (Figura 3.10). A zona assinalada a verde é orientada a sudeste, noroeste e nordeste, apresentando janelas de dimensões mais pequenas com estores com lâminas orientáveis exteriores nos pisos 0, 1 e 2 (Figura 3.5).

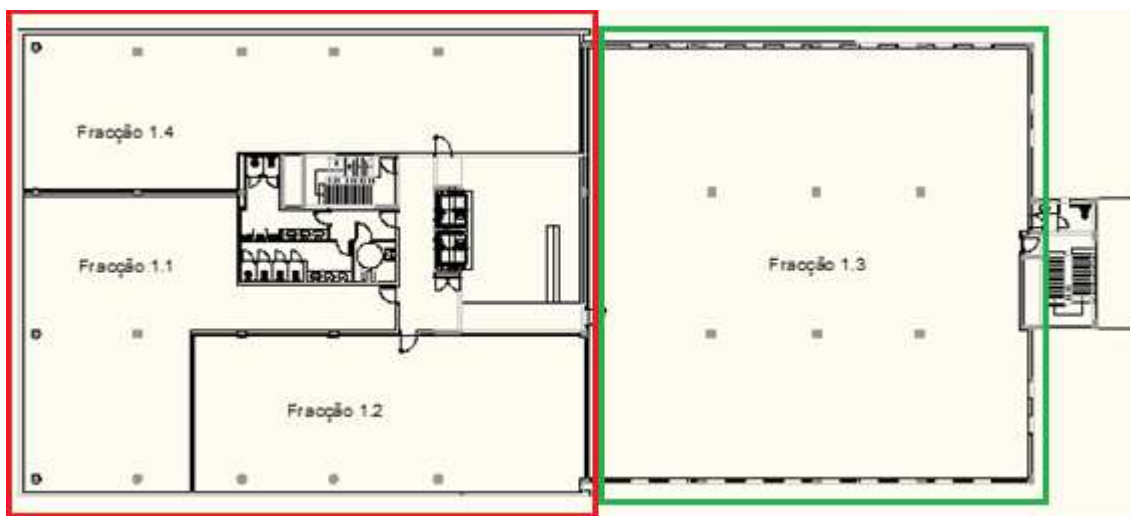


Figura 3.3 – Planta do piso 1 assinalando na envolvente exterior com duas zonas diferentes



Figura 3.4 – Foto da zona encarnada



Figura 3.5 – Foto da zona verde

Os vidros utilizados na envolvente são duplos com cerca de 24 mm de espessura e na zona encarnada possuem película refletora de baixa opacidade.

O *Hall* de entrada possui um pé direito a toda a altura do Edifício sendo a cobertura e a entrada envidraçadas, proporcionando boas condições de iluminação natural neste espaço.

Nos restantes espaços são utilizadas vários tipos de lâmpadas para a assegurar a sua iluminação, nomeadamente:

- Incandescentes (I);
- Halogéneo (H);
- Fluorescentes Tubulares (FT);
- Fluorescentes Compactas (FC);
- LED.

Nos escritórios, salas de formação, salas de reunião e gabinetes a iluminação geral é realizada por luminárias com refletor duplo parabólico e balastro eletrónico, equipados com lâmpadas FT de 18 W (Figura 3.6).



Figura 3.6 – Luminárias dos escritórios

Nos estacionamentos do Piso -1 e Piso -2, a iluminação geral é feita por luminárias com corpo em poliestireno e difusor prismático em policarbonato, equipadas com uma ou duas lâmpadas FT de 58 W e balastro eletrónico (Figura 3.7).



Figura 3.7 – Luminárias dos estacionamentos

Nas Instalações Sanitárias (IS) e circulações existem luminárias simétricas estanques, do tipo *downlight* com refletor em chapa de alumínio e vidro de proteção, tendo potências de 26 W e 18 W (Figura 3.8).



Figura 3.8 – Luminárias das Instalações Sanitárias

A iluminação exterior é muito reduzida, apresentando apenas luminárias do tipo *downlight* encastradas no teto das escadas da entrada principal e da varanda do Piso 0, com corpo em alumínio e lâmpadas de H de 50 W com vidro temperado de proteção (Figura 3.9).



Figura 3.9 – Luminárias exteriores

Na tabela 3.2 são apresentadas as potências totais das lâmpadas utilizadas por tipo de tecnologia utilizada. Verifica-se que as lâmpadas FT e FC são as mais utilizadas com 95,5%, e a tecnologia LED a menos utilizada com apenas 0,05%. A discriminação por percentagens está ilustrada na Figura 3.10.

Tabela 3.2 – Percentagem de potência de iluminação por tecnologia

Tecnologia	FT	FC	H	LED	I	Total
Quant.	1866	237	46	6	22	2177
Potência total (W)	37608	5788	1900	21	80	45397
%	82,8%	12,7%	4,2%	0,05%	0,18%	100%

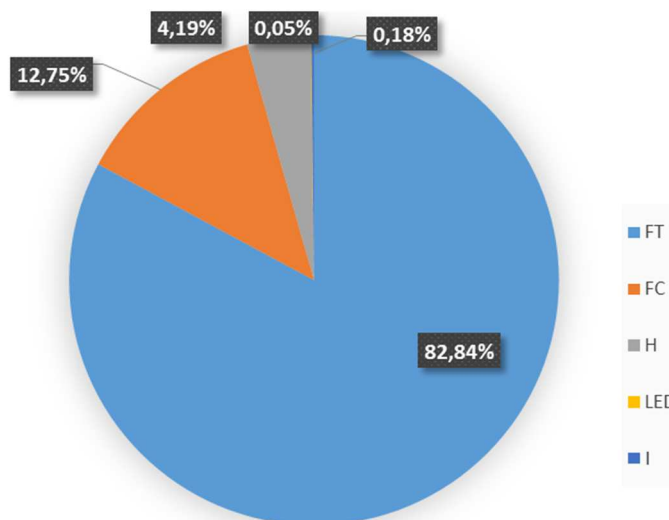


Figura 3.10 – Percentagem de Potência de iluminação por tecnologia

A distribuição da potência instalada em iluminação pelos vários locais do edifício está ilustrada na tabela 3.3 e a sua repartição em percentagem na Figura 3.17.

Tabela 3.3 – Potência de iluminação por local

Local	FT	FC	H	LED	I	Total	%
Armazéns	1286	130	0	0	0	1416	3,1%
Estacionamentos	6248	118	0	0	0	6366	14,0%
Formação	2952	0	0	0	0	2952	6,5%
Escritórios	22962	5204	950	21	80	29217	64,4%
Laboratório	4036	156	0	0	0	4192	9,2%
Z. Comuns	124	180	0	0	0	304	0,7%
Exterior	0	0	950	0	0	950	2,1%
Total	37608	5788	1900	21	80	45397	100,0%

Verifica-se na Figura 3.11 que nos escritórios, laboratório e estacionamentos é onde está instalada a maior potência com iluminação., cerca de 87,6% no total.

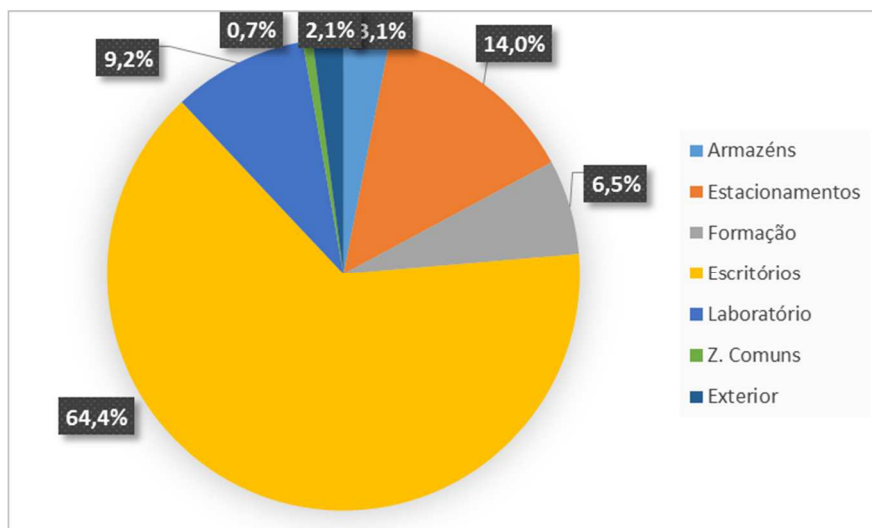


Figura 3.11 - Percentagem de Potência de iluminação por local

Por forma a aferir a densidade de iluminação existente nos vários locais e de acordo com o levantamento realizado ao edifício, apresentam-se as tabelas 3.4 a 3.8, que incluem vários dados acerca das diversas tecnologias de iluminação utilizadas no edifício.

Tabela 3.4 – Luminárias instaladas nos Escritórios

Escritórios	Tecnologia	N.º Lampadas	Potência unit. (W)	Potência (W)	Densidade (W/m ²)
	Incandescente	2	20/60	80	0,02
Área (m ²)	Halógeno	27	25/50	950	0,30
3212,13	Fluorescente Tubular	1259	8/18/58	22962	7,15
Densidade Ilum. (W/m ²)	Fluorescente Compacta	202	9/26/50	5204	1,62
9,10	LED	6	3,5	21	0,01

Tabela 3.5 – Luminárias instaladas na Formação

Formação	Tecnologia	N.º Lampadas	Potência unit. (W)	Potência (W)	Densidade (W/m ²)
	Incandescente	0	0	0	0,00
Área (m ²)	Halógeno	0	0	0	0,00
324,77	Fluorescente Tubular	164	18	2952	9,09
Densidade Ilum. (W/m ²)	Fluorescente Compacta	0	0	0	0,00
9,09	LED	0	0	0	0,00

Tabela 3.6 – Luminárias instaladas nos Estacionamentos

Estacionamentos	Tecnologia	N.º Lampadas	Potência unit. (W)	Potência (W)	Densidade (W/m²)
	Incandescente	0	0	0	0,00
Área (m²)	Halógeno	0	0	0	0,00
2568,92	Fluorescente Tubular	101	8/58	5808	2,26
Densidade Ilum. (W/m²)	Fluorescente Compacta	4	9/50	118	0,05
2,31	LED	0	0	0	0,00

Tabela 3.7 – Luminárias instaladas nos Armazéns

Armazéns	Tecnologia	N.º Lampadas	Potência unit. (W)	Potência (W)	Densidade (W/m²)
	Incandescente	0	0	0	0,00
Área (m²)	Halógeno	0	0	0	0,00
234,83	Fluorescente Tubular	57	8/18/58	1286	5,48
Densidade Ilum. (W/m²)	Fluorescente Compacta	5	26	130	0,55
6,03	LED	0	0	0	0,00

Tabela 3.8 – Luminárias instaladas no Laboratório

Laboratório	Tecnologia	N.º Lampadas	Potência unit. (W)	Potência (W)	Densidade (W/m²)
	Incandescente	0	0	0	0,00
Área (m²)	Halógeno	0	0	0	0,00
409,86	Fluorescente Tubular	217	8/18/58	4036	9,85
Densidade Ilum. (W/m²)	Fluorescente Compacta	6	26	156	0,38
10,23	LED	0	0	0	0,00

Verifica-se nas tabelas anteriores que a maior densidade de iluminação ocorre no laboratório e nos escritórios, que de acordo com a tabela 3.3 representa uma potência instalada de 33409 W.

- Equipamentos

Existem vários tipos de equipamentos gerais no edifício que utilizam energia elétrica, nomeadamente:

- Central de Bombagem de Incêndio (CBI), constituída por 2 eletrobombas e 1 bomba *jockey* para manter a pressão na rede armada. Estas bombas não têm atividade no funcionamento normal do edifício, exceto a *jockey* no caso de ocorrer alguma fuga.

- Equipamentos informáticos, desde computadores de secretária e portáteis, assim como servidores no *datacenter*, fotocopiadoras e impressoras;

- Equipamento de hotelaria, na sala de refeições do piso 0 e nas copas nos vários pisos, existem alguns frigoríficos comuns e vários micro-ondas. Existem também máquinas de café distribuídas pelos pisos.

- Equipamento de abertura do portão da garagem por meio de motor elétrico. Utilizado pontualmente para acesso aos estacionamentos interiores.

- Equipamentos de Laboratório, no piso2, são várias as máquinas instaladas exclusivas para aquela atividade.

A Tabela 3.9 indica as potências instaladas dos equipamentos gerais distribuídos pelos vários locais.

Tabela 3.9 – Equipamentos gerais existentes

Local	Útil / Não útil	Potência (W)
Escritórios	Útil	62.490
Laboratório	Útil	61.050
Formação	Útil	5.750
Estacionamento	Não Útil	330
Armazéns	Não Útil	50.800
Armazéns	Útil	9.500
	Total	189.920

A Figura 3.12 ilustra a desagregação dos vários equipamentos tendo especial peso os equipamentos diversos onde se incluem as máquinas de café, micro-ondas nas copas, entre outros e o peso dos equipamentos informáticos.

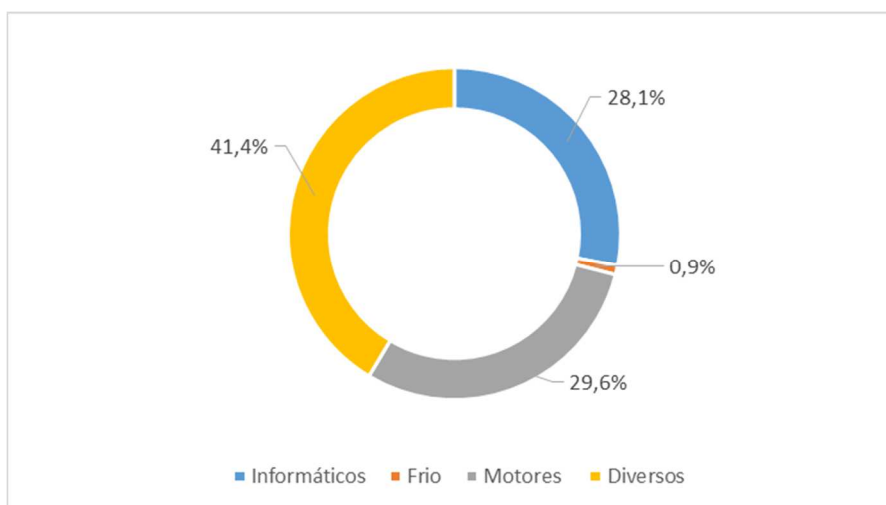


Figura 3.12 – Desagregação de equipamentos gerais

- Sistemas de AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

A climatização dos espaços do edifício é assegurada por sistemas VRF - *variable refrigerant flow* (caudal de refrigerante variável) do tipo fluido / ar, com recuperação de calor a 2 tubos, que através de uma caixa distribuidora permite o aquecimento e arrefecimento simultâneo dos espaços.

Existe uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) com recuperador do tipo rotativo, que permite a insuflação de ar novo filtrado nos escritórios e a extração do ar viciado. Através do recuperador é possível aproveitar a energia térmica dissipada para o ambiente, permitindo economia energética.

Em alguns espaços existe reforço da climatização por meio de unidades do tipo Split, como por exemplo no *datacenter*.

O controlo destes sistemas é realizado pela programação de *setpoints* de temperatura nos espaços climatizados e por horários.

A UTA e as unidades exteriores do VRF e *Splits* encontram-se instaladas na cobertura em zona técnica envolvida por uma estrutura metálica que permite o sombreamento das mesmas.

Nas tabelas 3.10 e 3.11 estão listadas e apresentadas as características dos sistemas VRF e *Splits* instalados no edifício [27].

Tabela 3.10 – Características nominais dos VRF instalados

Marca	Modelo	Caudal [m ³ /h]	Potência [kW]					
			Arrefecimento			Aquecimento		
			P _{term}	P _{elect}	COP	P _{term}	P _{elect}	COP
MITSUBISHI	PURY-P500YMF-C	22.200	56,0	15,6	3,6	63,0	15,9	4,0
	PURY-P500YMF-C	22.200	56,0	15,6	3,6	63,0	15,9	4,0
	PURY-P500YMF-C	22.200	56,0	15,6	3,6	63,0	15,9	4,0
	PURY-P400YMF-C	22.200	45,0	13,4	3,4	50,0	12,4	4,0
	PURY-P400YMF-C	22.200	45,0	13,4	3,4	50,0	12,4	4,0
	PURY-P400YMF-C	22.200	45,0	13,4	3,4	50,0	12,4	4,0
	PURY-P350YMF-C	12.000	40,0	11,4	3,5	45,0	11,0	4,1
	PURY-P250YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1
	PURY-P250YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1
	PURY-P250YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1
	PURY-P250YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1
	PURY-P200YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1
PURY-P250YMF-C	12.000	28,0	7,7	3,6	31,5	7,6	4,1	
Total		150.600	511,0	144,7	3,5	573,0	141,7	4,0

Tabela 3.11 – Resumo das características das unidades *Split*

Marca	Modelo	Fluido refrigerante	Potência [kW]					
			Arrefecimento			Aquecimento		
			P_{term}	P_{elect}	COP	P_{term}	P_{elect}	COP
MITSUBISHI	PUH-P2.5VGAA	R407C	6,6	2,7	2,5	7,2	2,4	3,0
	PUH-P2.5VGAA	R407C	6,6	2,7	2,5	7,2	2,4	3,0
	MU-GA50VB	R410A	5	1,8	2,9	--	--	--
	MUZ-GE35VA	R410A	3,5	0,9	4,0	4	1,0	4,2
HAIACE	HCE-07MC/R1	R407C	2,1	0,8	2,7	2,3	0,8	3,0
HAIACE	HCE-07MC/R1	R407C	2,1	0,8	2,7	2,3	0,8	3,0
LIEBERT HIROSS	S17UA	R410A	17,3	4,7	3,7	--	--	--

Estão também instalados vários ventiladores de desenfumagem dos estacionamentos que só funcionam caso sejam ultrapassados os valores permitidos de monóxido de carbono (CO) na central de deteção de CO.

- Sistema de elevação e transporte de Pessoas

Existem 2 elevadores de 1000 kg e uma lotação máxima de 13 pessoas, sendo o seu percurso do piso -2 ao piso 2. A utilização é realizada por todos os utentes do edifício, exceto para os pisos dos estacionamentos que só é utilizado por quem estaciona viatura no interior.

- Painéis Fotovoltaicos

Existe uma microgeração de energia por meio de painéis fotovoltaicos, instalada no Piso 3 (Cobertura), com uma potência de 20kW, constituída por 94 módulos de 280Wp, 2 inversores. A energia fornecida por este sistema é de 36464 kWh/ano [25]. A Figura 3.13 ilustra a localização e distribuição dos painéis solares existentes na cobertura do edifício.

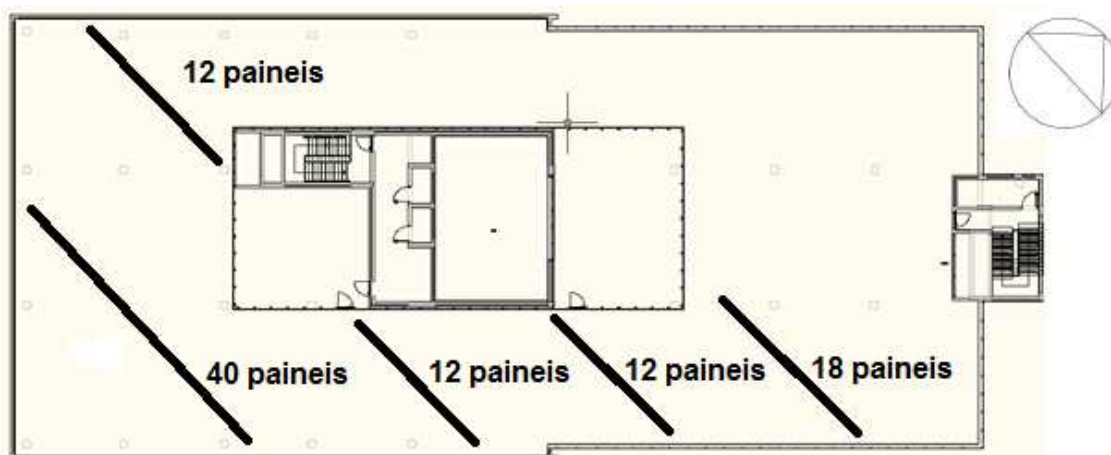


Figura 3.13 – Implantação e distribuição dos painéis solares na Cobertura

3.2. Consumos de energia

Como o edifício em estudo consome unicamente energia elétrica, apresenta-se de seguida as características do fornecimento elétrico. Trata-se de um fornecimento em Média Tensão, com contagem em baixa tensão, em tarifa tetra-horária e com um ciclo semanal com feriados. De acordo com a ERSE os horários definidos para este tarifário [28] são os apresentados na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Períodos horários da tarifa de fornecimento de energia elétrica

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Com base nos valores apresentados no certificado energético e nas faturas de energia elétrica para o triénio 2013/2015, cedida pela entidade exploradora do edifício, apresentam-se na Figura 3.14, os valores totais de energia elétrica consumida no Edifício.

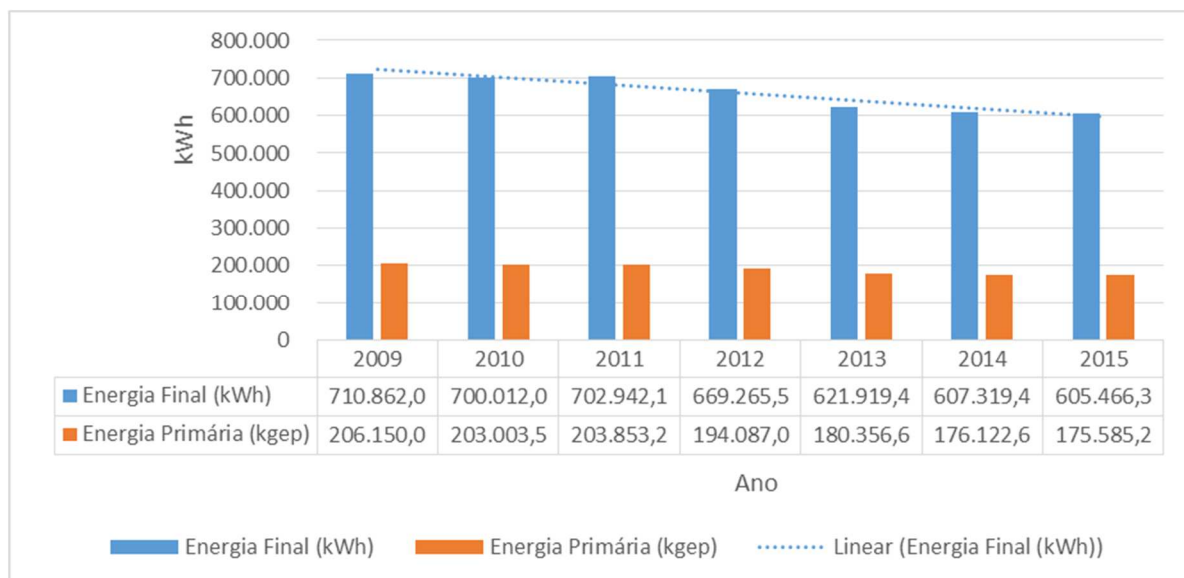


Figura 3.14 – Consumo de energia elétrica por ano

Para o período em análise registou-se um consumo de energia elétrica de 4.617.786,7 kWh, a que equivalem cerca de 1.339,2 tep de energia primária. Regista-se portanto um consumo médio anual de energia final de 659.683,8 kWh, a que corresponde um consumo médio anual de energia primária de 191,3 tep. A variação anual no consumo de energia mostra-se bastante reduzida com a exceção de 2013, em que a variação chegou a -7,07% em relação a 2009. Verifica-se assim uma tendência de redução de consumos de 2009 para 2015 de menos 105.395,7 kWh que representa uma redução de 30.564,8 kgep.

Por forma a identificar-se a sazonalidade no consumo de energia no edifício, apresentam-se na Tabela 3.13 os consumos mensais de energia elétrica, com respetiva representação gráfica na Figura 3.15.

Tabela 3.13 – Consumos mensais de energia elétrica

Mês	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		Média	
	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep	kWh	kgep
Jan.	55.363,0	16.055,3	53.870,0	15.622,3	53.894,3	15.629,3	54.306,9	15.749,0	51.220,0	14.853,8	50.785,0	14.727,7	50.210,0	14.560,9	52.807,0	15.314,0
Fev.	50.071,0	14.520,6	49.510,0	14.357,9	56.920,1	16.506,8	52.238,0	15.149,0	73.456,9	21.302,5	49.828,0	14.450,1	51.303,0	14.877,9	54.761,0	15.880,7
Mar.	52.177,0	15.131,3	54.097,0	15.688,1	48.553,9	14.080,6	51.980,9	15.074,5	52.238,0	15.149,0	53.659,0	15.561,1	45.602,1	13.224,6	51.186,8	14.844,2
Abr	51.725,0	15.000,3	53.241,0	15.439,9	58.982,1	17.104,8	53.193,6	15.426,1	52.238,0	15.149,0	47.630,0	13.812,7	49.679,5	14.407,0	52.384,2	15.191,4
Mai	56.932,0	16.510,3	57.717,0	16.737,9	54.008,9	15.662,6	53.667,9	15.563,7	47.264,0	13.706,6	50.787,0	14.728,2	47.024,7	13.637,2	52.485,9	15.220,9
Jun	62.375,0	18.088,8	63.190,0	18.325,1	61.679,3	17.887,0	60.690,7	17.600,3	47.168,0	13.678,7	46.602,0	13.514,6	49.679,5	14.407,0	55.912,1	16.214,5
Jul	70.176,0	20.351,0	71.631,0	20.773,0	62.700,8	18.183,2	59.216,0	17.172,6	45.224,0	13.115,0	47.999,0	13.919,7	55.879,0	16.204,9	58.975,1	17.102,8
Ago	70.251,0	20.372,8	71.467,0	20.725,4	64.557,1	18.721,6	65.504,6	18.996,3	46.730,0	13.551,7	55.897,0	16.210,1	57.121,7	16.565,3	61.646,9	17.877,6
Set	67.451,0	19.560,8	63.557,0	18.431,5	65.215,0	18.912,4	56.259,8	16.315,3	59.295,0	17.195,6	57.047,0	16.543,6	55.428,7	16.074,3	60.607,6	17.576,2
Out	62.518,0	18.130,2	55.948,0	16.224,9	64.399,6	18.675,9	60.902,0	17.661,6	41.051,0	11.904,8	41.051,0	11.904,8	49.622,6	14.390,5	53.641,7	15.556,1
Nov	56.068,0	16.259,7	51.589,0	14.960,8	57.772,8	16.754,1	50.085,0	14.524,7	53.922,3	15.637,5	53.922,3	15.637,5	47.825,1	13.869,3	53.026,4	15.377,6
Dez	55.755,0	16.169,0	54.195,0	15.716,6	54.258,3	15.734,9	51.220,0	14.853,8	52.112,1	15.112,5	52.112,1	15.112,5	46.090,5	13.366,2	52.249,0	15.152,2
Média	59.238,5	17.179,2	58.334,3	16.917,0	58.578,5	16.987,8	55.772,1	16.173,9	51.826,6	15.029,7	50.610,0	14.676,9	50.455,5	14.632,1	54.240,5	15.942,4
Total	710.862,0	206.150,0	700.012,0	203.003,5	702.942,2	203.853,2	669.265,4	194.087,0	621.919,4	180.356,6	607.319,4	176.122,6	605.466,3	175.585,2	659.683,8	191.308,3

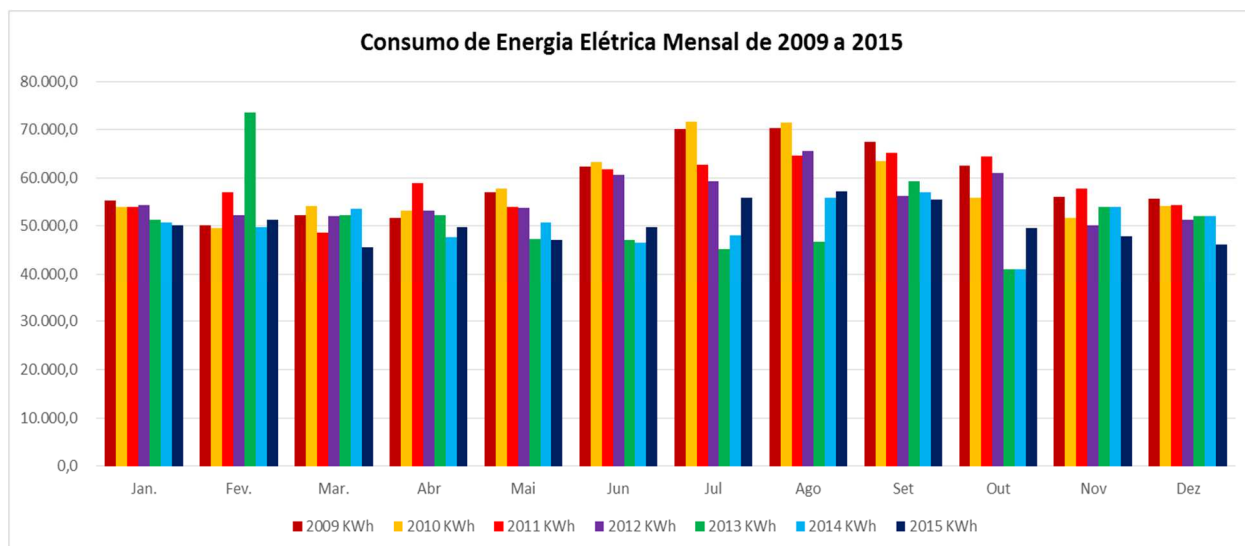
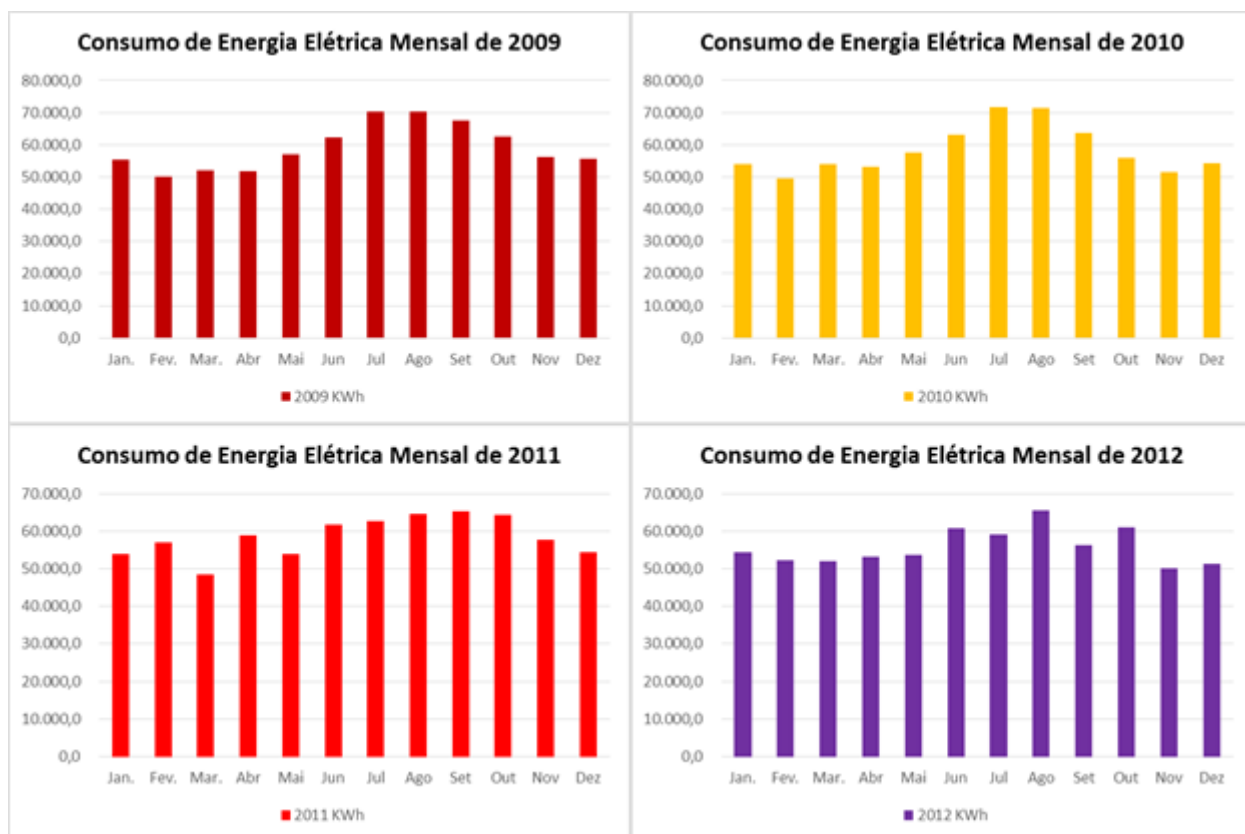


Figura 3.15 – Gráfico do consumo de energia elétrica mensal

Na Figura 3.16 são ilustrados os diagramas de consumo em energia elétrica por ano separadamente para melhor percepção da variação registada em cada. Verifica-se que nos meses de verão devido à utilização dos equipamentos de climatização face às temperaturas exteriores mais elevadas. Em 2013 em fevereiro existe um pico de consumo justificado pela utilização dos equipamentos de climatização devido às temperaturas baixas verificadas nesse período.



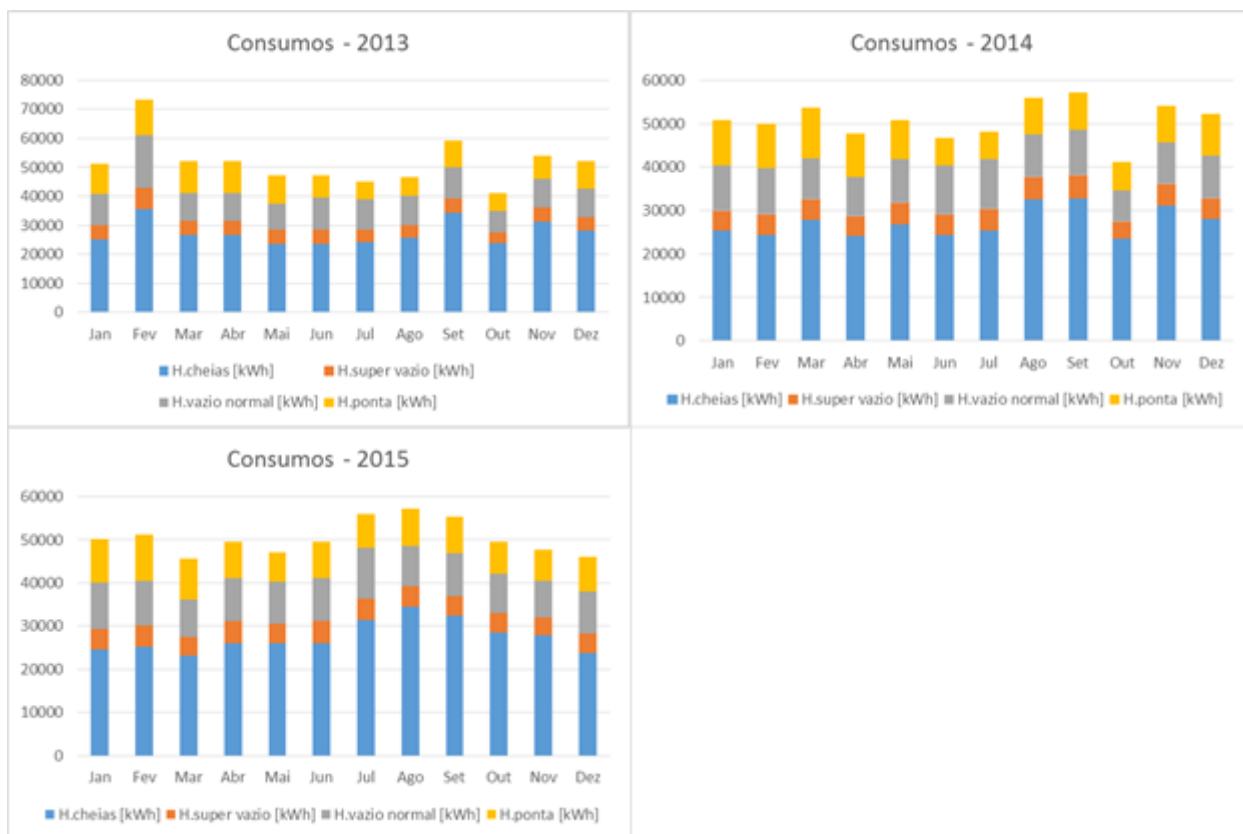


Figura 3.16 – Gráficos dos consumos de energia elétrica mensal/ano

Para aferir em que períodos do tarifário é consumida mais energia, são apresentadas a tabela 3.14 e a Figura 3.17 com a respetiva desagregação.

Tabela 3.14 – Consumos de energia elétrica por tarifário

	Total	H.cheias	H.super vazio	H.vazio normal	H.ponta	H.cheias	H.super vazio	H.vazio normal	H.ponta
Jan	51.708	25.402	5.026	10.893	10.387	49,1%	9,7%	21,1%	20,1%
Fev	56.094	27.389	5.603	12.338	10.764	48,8%	10,0%	22,0%	19,2%
Mar	51.159	26.112	5.005	9.611	10.432	51,0%	9,8%	18,8%	20,4%
Abr	50.508	26.137	5.085	9.934	9.351	51,7%	10,1%	19,7%	18,5%
Mai	50.600	26.762	5.069	10.471	8.297	52,9%	10,0%	20,7%	16,4%
Jun	51.558	27.091	5.313	11.407	7.746	52,5%	10,3%	22,1%	15,0%
Jul	55.001	30.198	5.428	11.745	7.630	54,9%	9,9%	21,4%	13,9%
Ago	57.652	33.140	5.378	10.688	8.445	57,5%	9,3%	18,5%	14,6%
Set	59.319	34.022	5.357	11.069	8.871	57,4%	9,0%	18,7%	15,0%
Out	47.739	26.732	4.567	9.261	7.179	56,0%	9,6%	19,4%	15,0%
Nov	52.375	29.173	4.995	10.056	8.151	55,7%	9,5%	19,2%	15,6%
Dez	51.322	26.672	4.992	10.295	9.363	52,0%	9,7%	20,1%	18,2%
Média	52.920	28.236	5.152	10.647	8.885	53,3%	9,7%	20,1%	16,8%
Total	635.036	338.830	61.819	127.769	106.617				

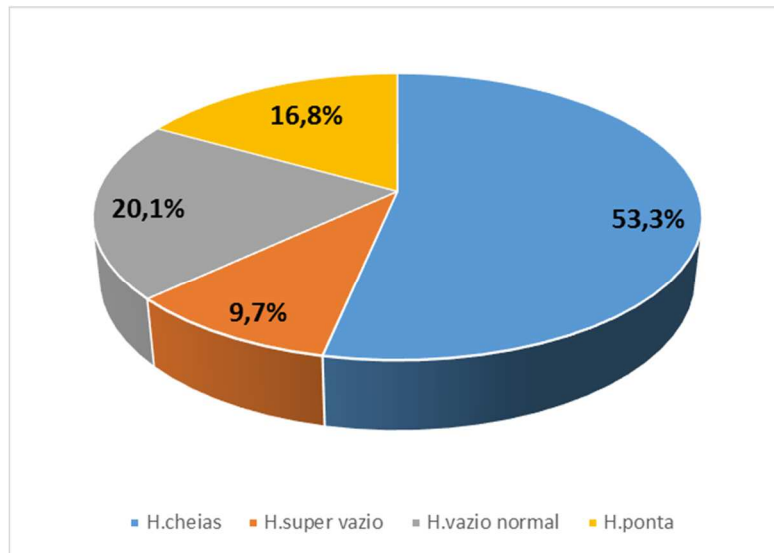


Figura 3.17 – Repartição dos consumos de energia elétrica por tarifário

Verifica-se na repartição dos consumos pelo tarifário que nas horas cheias é onde existe a maioria do consumo, como esperado devido ao horário laboral do edifício das 9 às 18h. A existência de 9,7% do consumo nas horas super vazio é justificado pelo funcionamento contínuo de equipamentos do *datacenter* e do laboratório. A existência de 20,1% do consumo nas horas de vazio denota utilização excessiva de energia fora de horas normais de utilização do edifício possivelmente devido a equipamentos/sistemas ligados sem serem necessário e/ou indevida programação do seu funcionamento.

Na Figura 3.18 ilustra os consumos de acordo com o tarifário ao longo do ano e os valores de potência contratada e tomada.

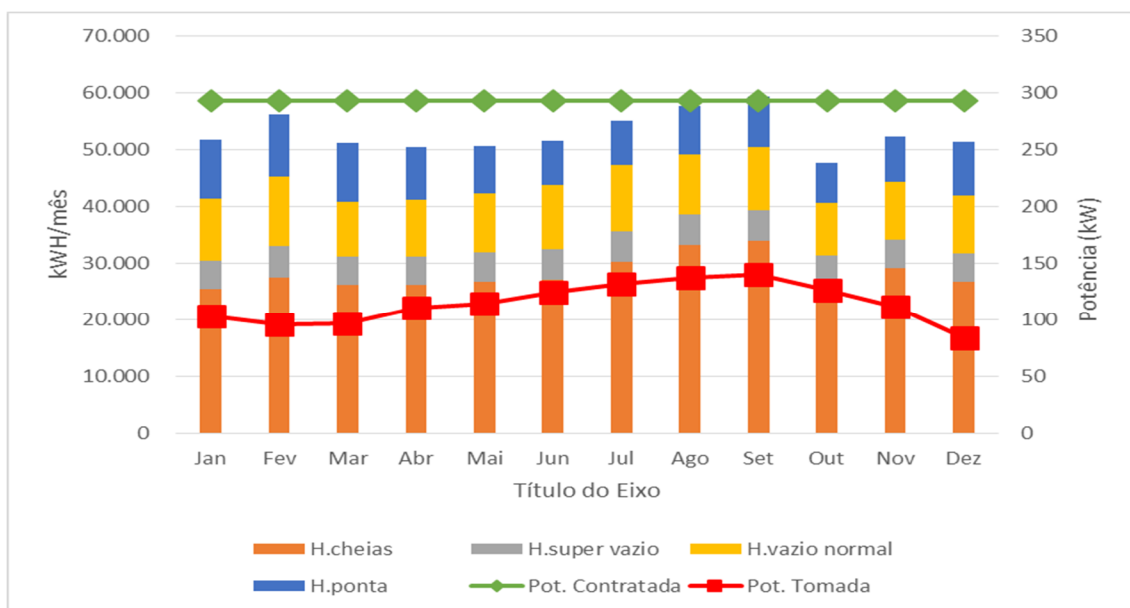


Figura 3.18 – Repartição dos consumos de energia elétrica por tarifário

3.2.1. Custos com o consumo de energia elétrica

Com base nos consumos realizados entre 2009 e 2015 refletidos nos custos obtidos na faturação de energia elétrica apresenta-se na tabela 3.15 os custos totais e específicos. Pode-se verificar que o valor total dos 7 anos é de 492.528,20€ com uma média anual de 70.361,17€.

Tabela 3.15 – Consumos vs Custos mensais de energia elétrica

	Energia Final (kWh)	Energia Primária (kgep)	Varição Energia Primária (%)	Custo s/ IVA (€)	Custo Especifico (€/kWh)	Varição Custo (%)
2009	710.862,0	206.150,0	-	71.086,20 €	0,100	-
2010	700.012,0	203.003,5	-1,53%	70.701,20 €	0,101	-0,54%
2011	702.942,1	203.853,2	0,42%	64.248,90 €	0,091	-9,08%
2012	669.265,5	194.087,0	-4,79%	72.949,90 €	0,109	12,24%
2013	621.919,4	180.356,6	-7,07%	67.027,22 €	0,108	-8,33%
2014	607.319,4	176.122,6	-2,35%	72.310,56 €	0,119	7,43%
2015	605.466,3	175.585,2	-0,31%	74.204,22 €	0,123	2,66%
Total	4.617.786,7	1.339.158,1	-	492.528,20 €	-	-
Média	659.683,8	191.308,3	-	70.361,17 €	0,107	-

A Figura 3.19 surge para evidenciar que a redução verificada no consumo de energia no edifício não está refletida na sua faturação, pelo contrário a fatura elétrica teve alguns picos em 2012 e posteriormente tendência de aumento de cerca de 7,43% e 2,66% nos últimos dois anos.

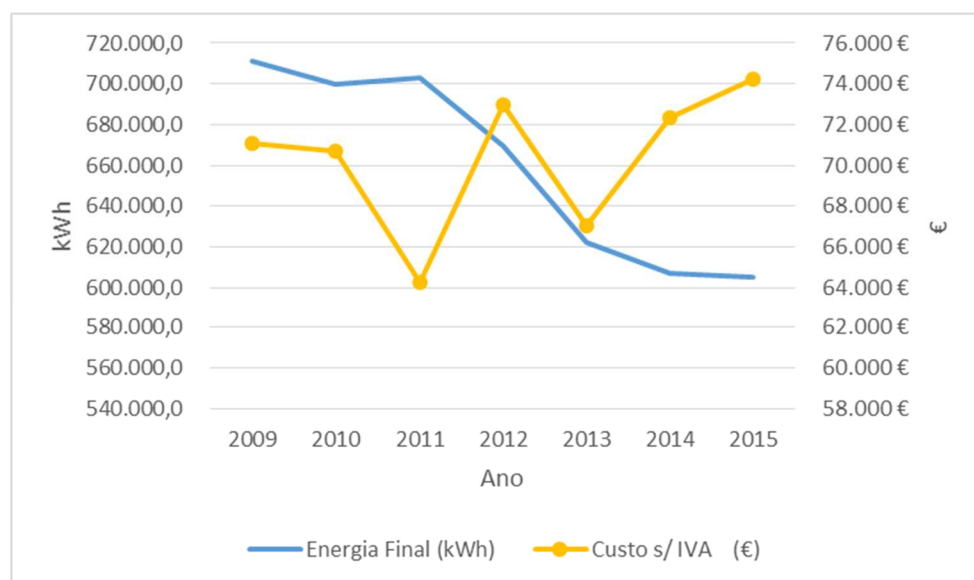


Figura 3.19 – Gráfico do consumo vs custo de energia elétrica anual

Na Tabela 3.16 apresentam-se os respetivos custos mensais detalhados, sendo a média mensal de 5.863,40€.

Tabela 3.16 – Custos mensais de energia elétrica

Mês	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média
Jan.	5.536,3	5.440,9	4.925,9	5.919,4	5.726,9	5.862,8	5.938,5	5.621,5
Fev.	5.007,1	5.000,5	5.202,5	5.693,9	5.418,5	5.812,1	6.174,1	5.472,7
Mar.	5.217,7	5.463,8	4.437,8	5.665,9	5.930,3	6.396,2	5.541,5	5.521,9
Abr	5.172,5	5.377,3	5.391,0	5.798,1	5.930,3	5.619,3	6.088,4	5.625,3
Mai	5.693,2	5.829,4	4.936,4	5.849,8	5.360,5	6.057,6	5.788,2	5.645,0
Jun	6.237,5	6.382,2	5.637,5	6.615,3	5.445,3	5.568,2	6.088,4	5.996,3
Jul	7.017,6	7.234,7	5.730,9	6.454,5	5.275,3	5.714,3	6.873,6	6.328,7
Ago	7.025,1	7.218,2	5.900,5	7.140,0	5.483,4	6.717,6	7.089,1	6.653,4
Set	6.745,1	6.419,3	5.960,7	6.132,3	7.159,1	6.874,8	6.923,3	6.602,1
Out	6.251,8	5.650,7	5.886,1	6.638,3	5.772,0	5.026,1	6.165,1	5.912,9
Nov	5.606,8	5.210,5	5.280,4	5.459,3	4.915,6	6.505,5	5.948,7	5.561,0
Dez	5.575,5	5.473,7	4.959,2	5.583,0	4.610,0	6.156,1	5.585,2	5.420,4
Média	5.923,9	5.891,8	5.354,1	6.079,2	5.585,6	6.025,9	6.183,7	5.863,4
Total	71.086,2	70.701,2	64.248,9	72.949,8	67.027,2	72.310,6	74.204,2	70.361,2

Tendo como referência o último ano, 2015, para analisar a evolução do rácio do custo médio €/kWh, através da Figura 3.20, verifica-se que existe uma tendência para o seu aumento e com ligeiras variações com uma diferença de cerca de 0,7 cêntimos/kWh.

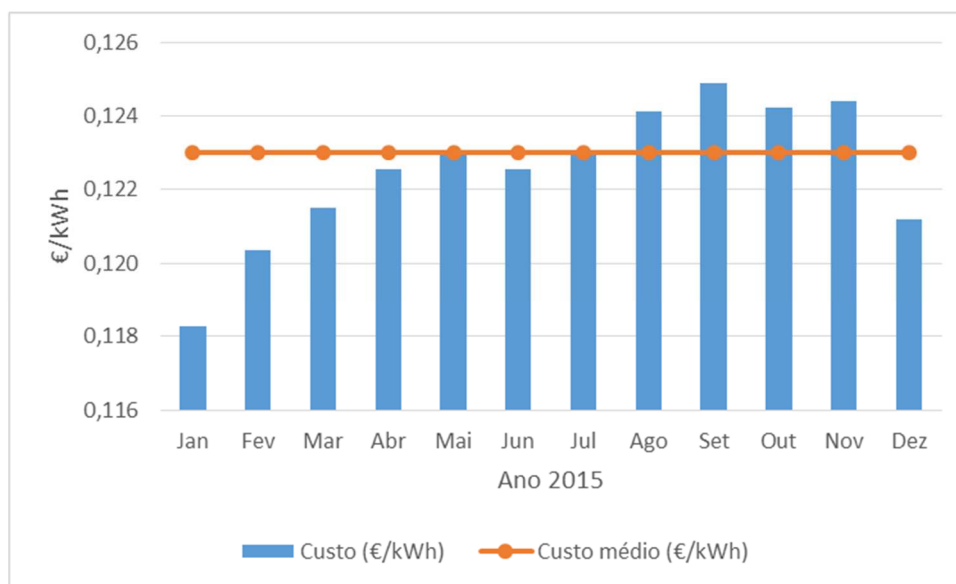


Figura 3.20 – Gráfico do rácio do custo de energia elétrica de 2015 vs custo médio

3.2.2. Indicador de Eficiência Energética (IEE) com base na fatura energética de 2015 (IEE Faturas)

Para obtermos IEE a partir das Faturas utilizou-se o consumo de energia primária do edifício com base nos valores da Tabela 3.13. No cálculo do IEE utilizou-se uma área de 6750,51m², que é o somatório de todas as áreas úteis e não úteis. Os valores considerados são apresentados na Tabela 3.17.

Tabela 3.17 – IEE com base nas faturas de 2015

Mês	En. Final	En. Prim	IEE
	kWh	kgep	kgep/m².ano
Jan.	50.210,0	14.560,9	2,16
Fev.	51.303,0	14.877,9	2,20
Mar.	45.602,1	13.224,6	1,96
Abr	49.679,5	14.407,0	2,13
Mai	47.024,7	13.637,2	2,02
Jun	49.679,5	14.407,0	2,13
Jul	55.879,0	16.204,9	2,40
Ago	57.121,7	16.565,3	2,45
Set	55.428,7	16.074,3	2,38
Out	49.622,6	14.390,5	2,13
Nov	47.825,1	13.869,3	2,05
Dez	46.090,5	13.366,2	1,98
Média	50.455,5	14.632,1	2,17
Total	605.466,3	175.585,2	26,01

3.3. Estado geral atual da instalação

3.3.1. Diagrama de carga geral do edifício

Por forma a conhecer o real consumo de energia elétrica do edifício foi instalado um analisador de energia para monitorizar a entrada da alimentação do Quadro Geral de Baixa Tensão - QGBT durante vários dias, incluindo dias úteis e fim-de-semana. Na Figura 3.21 é apresentado o diagrama de carga que foi obtido.

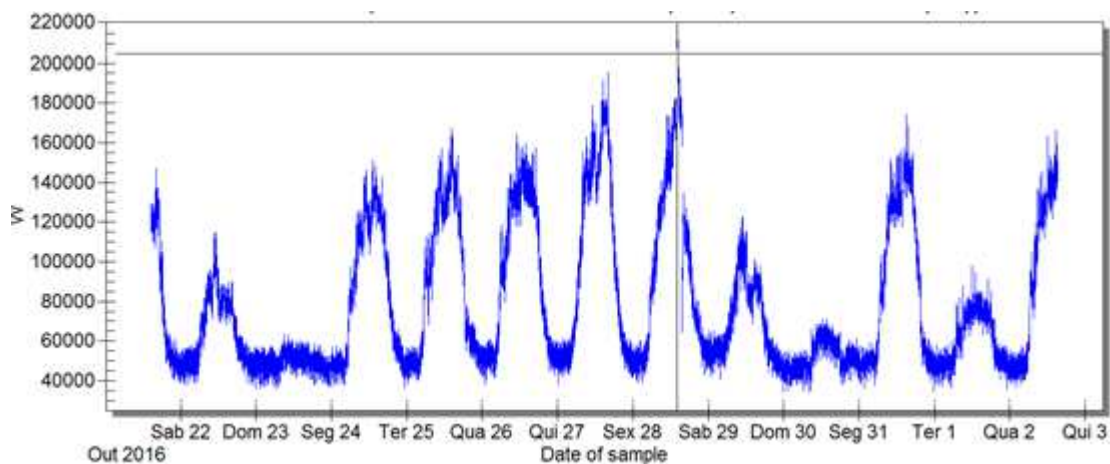


Figura 3.21 – Diagrama de carga do QGBT

O diagrama revela a utilização de todos os sistemas energéticos existentes do edifício (Iluminação, Equipamentos, AVAC, Elevadores) e da sua análise verifica-se que a carga elétrica durante os dias úteis é progressivo (sendo maior à 6^afeira), ao sábado também existe alguma carga devido aos cursos de formação ministrados e no domingo já é residual. Verifica-se também que o valor existente nos períodos de hora super vazio e aos domingos é de cerca de 50kW e representa praticamente 25% do valor máximo registado durante o horário laboral. Este valor existe maioritariamente devido aos equipamentos que funcionam 24h/dia, nomeadamente equipamentos informáticos do *datacenter* e respetivos equipamentos de climatização, assim como os equipamentos do laboratório. Das medições realizadas obteve-se um consumo médio ao sábado de 1.562kWh, ao domingo 1.195kWh e nos dias úteis de 2.274kWh.

3.3.2. Estacionamentos

Para verificar o funcionamento dos sistemas existentes nos Pisos -1 e -2 do Edifício, foram monitorizados os seus Quadros Elétricos de Piso, QE-1 e QE-2. No Piso-2, os sistemas energéticos alimentados pelo QE-2, são as iluminações gerais do espaço e alguns equipamentos

existentes no laboratório instalado, incluindo duas unidades de climatização do tipo *Split*. Na Figura 3.22 apresenta-se o registo do diagrama de carga do QE-2.

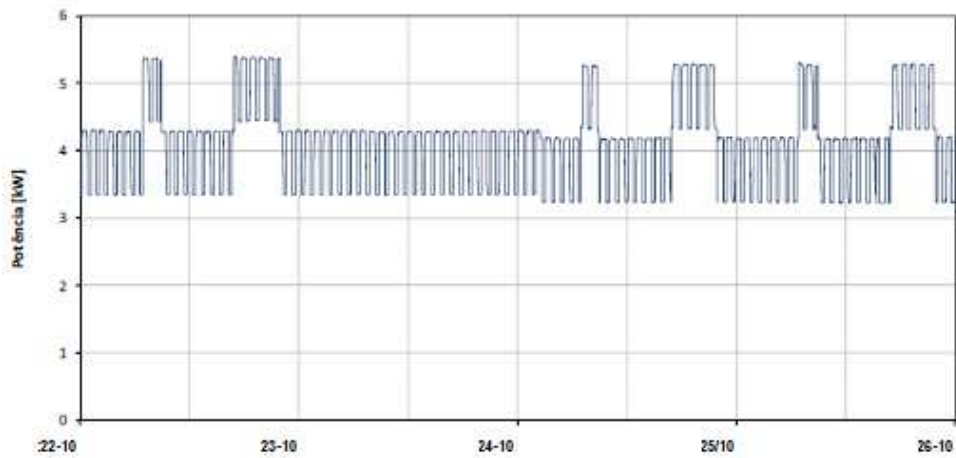


Figura 3.22 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Piso -2 (QE -2)

Verifica-se na Figura 3.28 uma carga praticamente constante, da ordem dos 3.35 kW, referente ao sistema de iluminação, que permanece ligados em contínuo. As sucessivas variações verificadas, com uma amplitude de cerca de 1 kW, devem ser das unidades de climatização, que permanecem ligadas continuamente mas que apresentam variações de consumo devido aos arranques e paragens durante todo o dia.

No Piso-1, os sistemas existentes alimentados pelo QE-1, são as iluminações gerais do espaço. Na Figura 3.23 apresenta-se o registo do diagrama de carga do QE-1. Pode-se verificar que carga tem períodos constantes, com vários níveis em função do número de circuito de iluminação ligados.

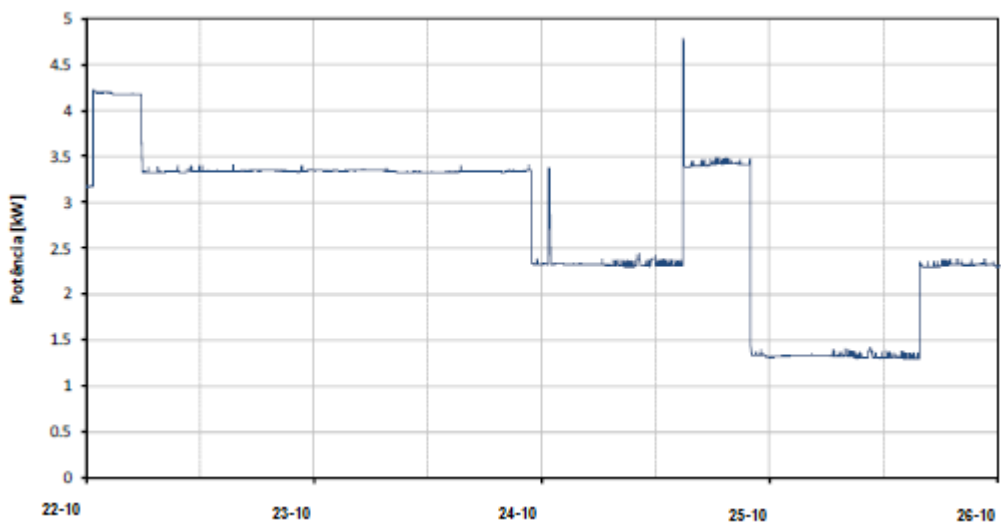


Figura 3.23 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Piso -1 (QE -1)

O somatório dos Quadros QE-1 e QE-2 apresentaram um consumo médio diário de 165 kWh, não diferindo muito entre os dias úteis e os sábados e uma ligeira redução ao domingo.

3.3.3. Zonas Comuns

O Quadro elétrico das Zonas Comuns (QZC) do Edifício alimenta os sistemas de iluminação exterior, sistemas de iluminação e climatização do *Hall* de entrada do Edifício e iluminações e equipamentos das instalações sanitárias. Na Figura 3.24 apresenta-se o registo do diagrama de carga do QZC. Verifica-se que existe um funcionamento diferente entre os dias úteis, Sábado e Domingo, obtendo-se consumos médios diários de respetivamente, 236 kWh, 179 kWh e 135 kWh. Durante o período da hora de vazio, observa-se um valor de carga residual de cerca de 6.8 kW. Este valor é devido ao sistema de climatização do *Hall*, que permanece ligado durante o período noturno devido à permanência no espaço de um vigilante.

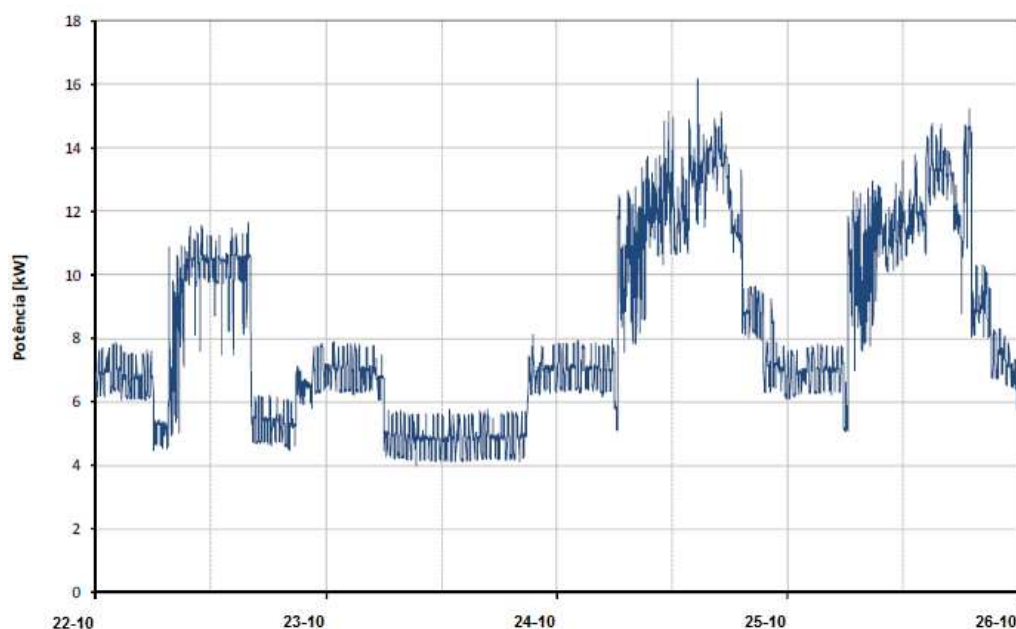


Figura 3.24 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico das Zonas Comuns (QZC)

3.3.4. Escritórios

O diagrama de carga dos Pisos de escritórios diferencia-se de Piso para Piso, em função da área e da atividade realizada. Apresentam-se nas Figuras 3.25 a 3.27 os respetivos registos efetuadas aos Quadros de Coluna dos Pisos 0, 1 e 2 (QC0, QC1 e QC2).

Na análise ao QC0, Figura 3.31, diferencia-se a carga durante o Sábado, justificado pelos cursos de formação que têm lugar em salas de formação existentes no Piso 0. Ao contrário do diagrama de carga do QC1 apresenta uma atividade durante o dia de Sábado mínima.

O diagrama de carga do QC2 (Figura 3.27), mantém a carga padrão para além do valor médio base, cerca de 11.5 kW, justificado por este quadro alimentar o Q.AVAC 2.2 e alguns equipamentos do Laboratório.

Verificou-se nos Quadros QC0, QC1 e QC2, que os consumos médios diários para dias úteis, Sábados e Domingos foram de respetivamente são 1 331 kWh, 429 kWh e 375 kWh.

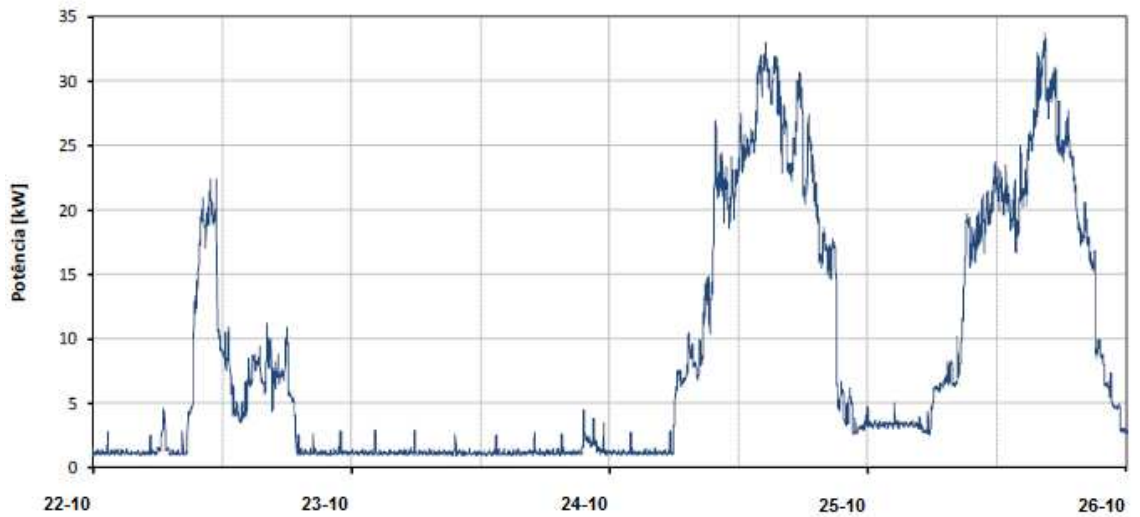


Figura 3.25 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso0 (QC0)



Figura 3.26 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso1 (QC1)

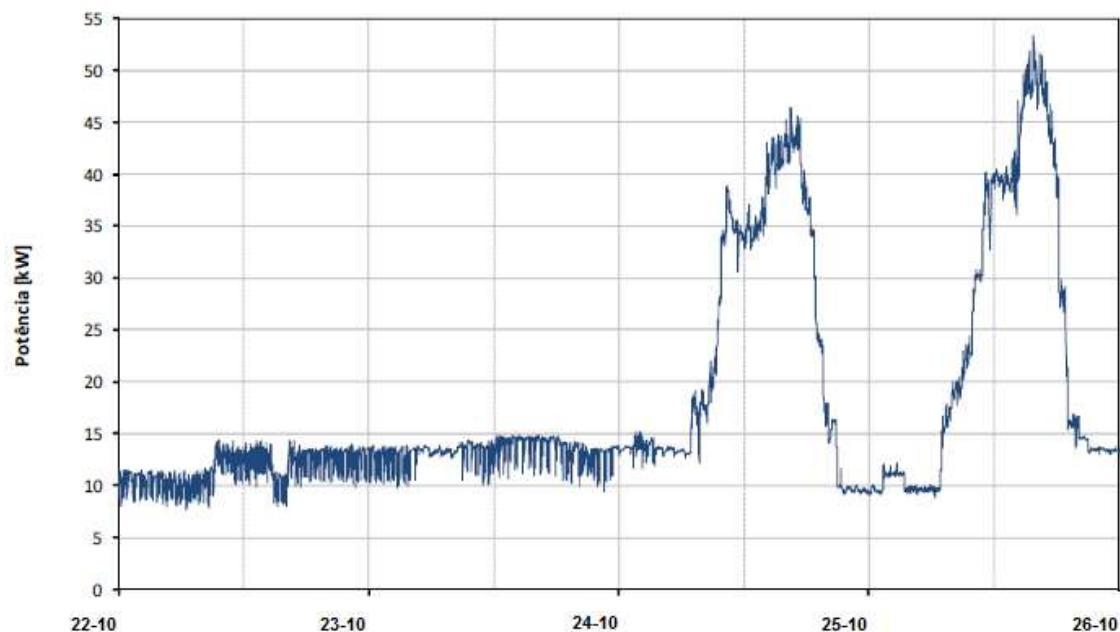


Figura 3.27 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico de Coluna do Piso2 (QC2)

3.3.5. Laboratório

De acordo com a informação registada no Quadro Elétrico do Laboratório (QLab) pelo analisador de energia instalado para permitir o diagrama de carga do Laboratório, Figura 3.28, verifica-se que respeita o padrão de carga ilustrado anteriormente no QGBT e no QZC, para os dias úteis e fim-de-semana. Ao domingo existe também um ligeiro aumento de carga no período da tarde (+5kWh). O consumo médio diário para estes períodos durante o registo realizado foi de respetivamente 316 kWh, 177 kWh e 125 kWh, atingindo valores de pico da ordem dos 47 kW. No laboratório, a atividade aí desenvolvida, utiliza vários equipamentos, como estufas e outros, de forma independente e por vezes autónoma, podendo funcionar sem interrupções por vários dias. Esta situação acaba por justificar a carga existente nos períodos noturnos, com um valor base da ordem dos 6,5 kW. Este valor representa cerca de 13%, do valor de carga apresentado nos períodos de vazio para o QGBT.

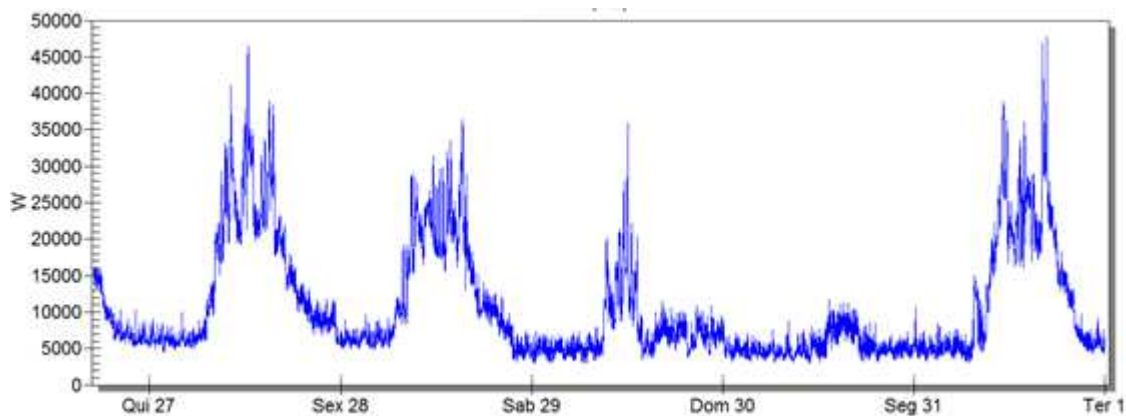


Figura 3.28 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do Laboratório (QLAB)

3.3.6. Datacenter

Num *Datacenter* os equipamentos informáticos, na sua maioria servidores, funcionamento 24h / dia e 365 dias /ano. Devido ao aquecimento produzido por estes equipamentos são instalados equipamentos de climatização para reduzir a temperatura ambiente e não danificá-lo. Normalmente, para a dimensão deste *Datacenter* são utilizadas unidades tipo *split* (podendo ter 2 unidades para assegurar a redundância).

Para verificar o diagrama de carga do *Datacenter* (Figura 3.29), Figura instalou-se outro analisador de energia na saída do QGBT para o Quadro do *Datacenter*. Verifica-se o funcionamento contínuo tal como anteriormente descrito, com sucessivos picos de arranque e paragem do sistema de climatização existente no espaço (69 arranques e paragens por dia, Figura 3.30, este valor é elevado e denota algum problema com sua a configuração). Segundo informação do responsável do local, foram retirados muitos dos equipamentos instalados na sala porque a empresa mudou de filosofia de IT e mudou a informação que estava nos servidores para a “*cloud*”. Assim, anteriormente existia uma carga de cerca de 8 kW em equipamentos informáticos, enquanto atualmente a carga tem cerca de 5kW, ou seja, com uma redução de 37,5%. No período da análise, registou-se um consumo médio diário associado aos sistemas de 241 kWh, sem qualquer diferenciação entre dias úteis e dias de fim-de-semana.

Devido ao funcionamento do *Datacenter* em contínuo com 11,5 kW, no valor de base de carga no QGBT é de aproximadamente 23%, durante os períodos de vazio, sendo portanto um valor já muito significativo.

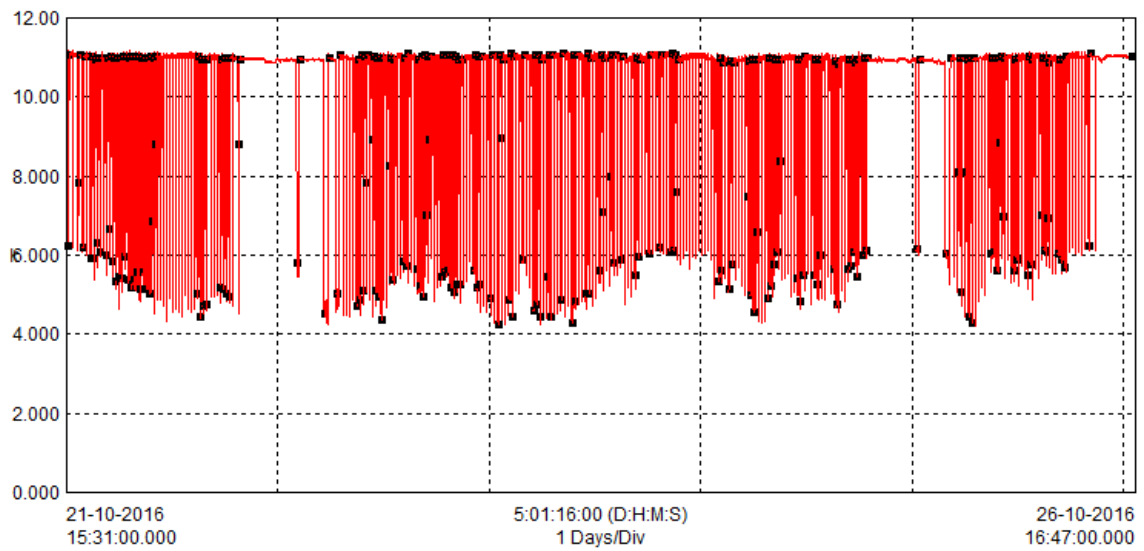


Figura 3.29 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do *Datacenter* (5dias)

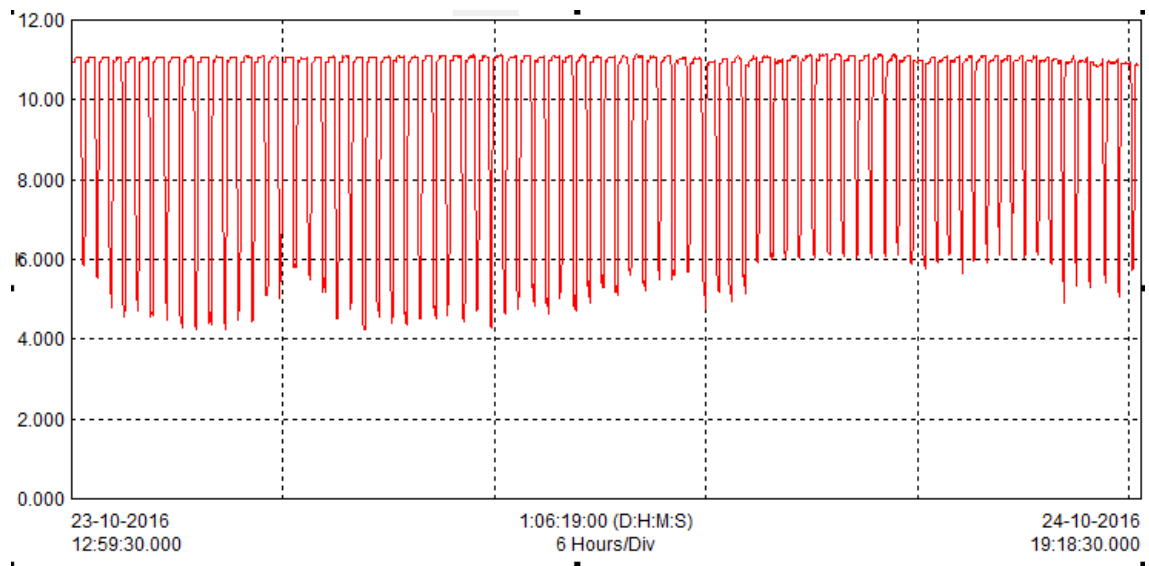


Figura 3.30 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico do *Datacenter* (1dia)

3.4. Estado atual da instalação (por sistema energético)

3.4.1. Iluminação

Durante a análise realizada ao edifício, verificaram-se algumas situações de ineficiência na utilização dos sistemas de iluminação. Entre elas destacam-se as seguintes:

- Nos estacionamentos algumas lâmpadas encontravam-se a piscar e outras apagadas / fundidas, o que indicia uma manutenção pouco cuidada ou eficaz;

- Nos *openspace* do lado norte (zona verde), a iluminação artificial está sempre ligada no período laboral e até ao último colaborador sair, não aproveitando a iluminação natural disponível pelo menos no período da manhã e ao final da tarde.

- Nos gabinetes e salas de formação do lado sudoeste (zona encarnada) a iluminação está muitas vezes ligada, também não aproveitando a iluminação natural mesmo sendo a zona do edifício com maior contribuição solar.

3.4.2. Equipamentos

Relativamente aos equipamentos gerais existentes nos espaços do Edifício, entre eles equipamentos informáticos, motores e equipamentos diversos, não se evidenciam situações gravosas.

3.4.3. Elevadores

A utilização dos dois elevadores do edifício é caracterizada pelo comportamento dos seus utilizadores e pela carga que suportam. A Figura 3.31 ilustra o diagrama de carga para um dia típico de utilização de um elevador. Verifica-se a existência de sucessivos picos de potência com máximo até 4,7kW, que correspondem às utilizações realizadas.

O período de *standby* do elevador estudado foi de cerca das 8h (cerca de 0,7kW x 8h = 5,6kWh) e a sua atividade realizou-se até cerca das 23:30h. O consumo médio horário demonstrado foi de aproximadamente 1 kWh, pelo que o consumo diário dos dois elevadores é de 48 kWh.

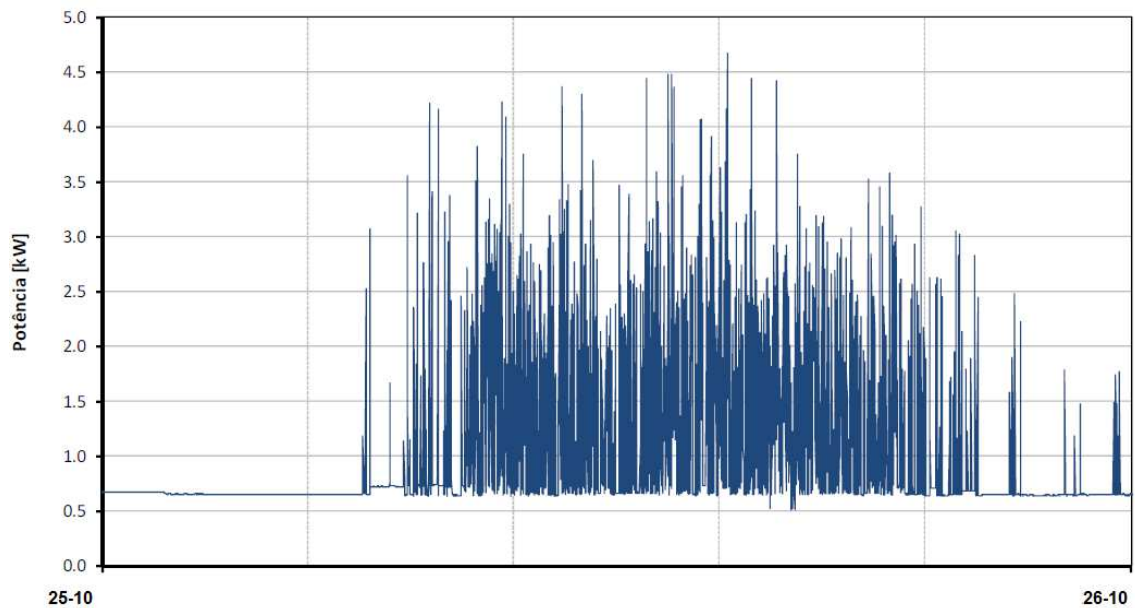


Figura 3.31 – Diagrama de carga do Quadro Elétrico dos Elevadores Q.EL 1 e Q.EL 2

3.4.4. AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

O estado geral dos VRFs, UTA e *Splits*, denotam uma manutenção pouco cuidada, com pontos de corrosão, interior das máquinas e filtros muito sujos, o isolamento da tubagem de cobre encontra-se degradado e a sua limpeza geral não é a melhor (Figura 3.32). A maioria dos sistemas encontram-se instalados em zonas técnicas da cobertura, envolvidas por sombreamentos metálicos, que os protegem parcialmente da radiação solar.



Figura 3.32 – Estado de alguns equipamentos de AVAC

Sugere-se o cumprimento do plano de manutenção preventiva dos equipamentos para que estes possam ter boas condições de funcionamento.

O Quadro elétrico do AVAC da cobertura (QAVAC.Cob1) alimenta a maioria dos equipamentos de ventilação, incluindo a UTA e os ventiladores de extração das IS. De acordo com diagrama de carga registado, estes apresentam o seguinte horário de funcionamento:

- Sábado, domingo e 2ªfeira – das 9 às 18h;
- 2ª a 5ªfeira – das 10 às 19h;
- 6ªfeira – das 10às 18h;

Na Figura 3.33 apresenta-se o diagrama de carga, onde é ilustrado o arranque e paragem dos sistemas. A carga média é ao sábado e domingo de cerca de 6,6kW e nos dias úteis de cerca de 10,8kW. No período das medições o consumo diário médio é de 60kWh ao sábado, 53kWh ao domingo e de aproximadamente 98 kWh.

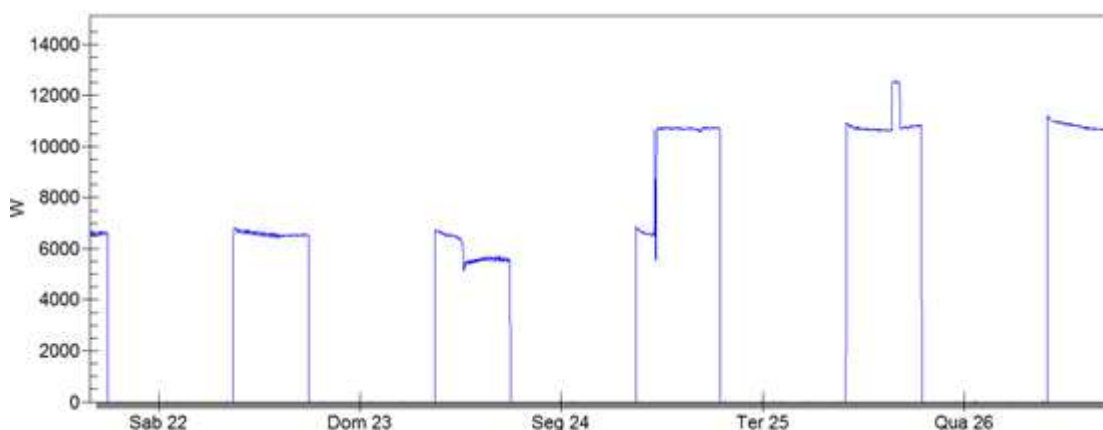


Figura 3.33 – Diagrama de carga do Q. AVAC Cob1

3.5. Afetação dos principais consumidores

Com base nas medições realizadas e na caracterização efetuada anteriormente, consegue-se afetar os principais consumos aos respetivos sistemas energéticos. Assim, a Tabela 3.18 apresenta a desagregação dos consumos de energia e a Figura 3.34 ilustra graficamente esses consumos.

Tabela 3.18 – Afetação dos consumos reais por sistema

	Energia Final (kWh)	%
Iluminação	257.202	42,5%
Equipamentos	234.194	38,7%
Elevadores	363	0,1%
AVAC	113.707	18,8%
Total	605.466	100,0%

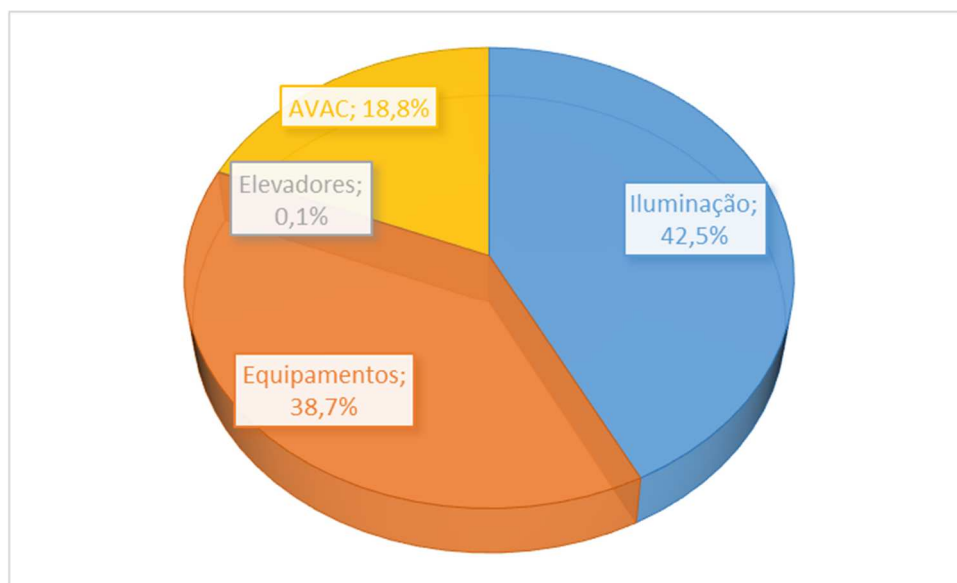


Figura 3.34 – Ilustração gráfica dos consumos reais

A iluminação artificial mostra-se como o elemento consumidor principal, representando cerca de 42,5% do consumo total de energia no Edifício. Seguidamente, surgem os equipamentos gerais, com cerca de 38,7% do consumo total de energia elétrica.

Capítulo 4

Medidas a adotar para atingir o objetivo de NZEB

Neste capítulo apresentam-se as medidas selecionadas, no âmbito dos conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (não foram consideradas melhorias ao nível de aspetos de construção civil e de mecânica térmica, que deveriam ser exploradas ao nível soluções construtivas passivas, ventilação natural e otimização dos sistemas de AVAC) que têm mais potencial de redução do consumo de energia no edifício em estudo face aos principais consumidores identificados anteriormente. Em primeiro lugar, esclarece-se a metodologia a adotar para atingir o objetivo de NZEB. Em segundo lugar, descrevem-se as oportunidades de melhoria apresentadas no Certificado Energético. Em terceiro lugar, apresentam-se melhorias adicionais para melhorar a eficiência energética do edifício. Por último, a contribuição para a geração de energia elétrica através das Energias Renováveis.

4.1. Metodologia

Reforçando o já referido no capítulo 2.1, como metodologia para atingir o objetivo NZEB, partindo do limite regulamentar, o primeiro passo a executar será reduzir as necessidades energéticas do edifício por forma a melhorar a sua eficiência energética. Tendo como modelo o edifício Solar XXI em Lisboa, porque se trata de um dos poucos edifícios NZEB em Portugal, apresenta-se no anexo II uma ilustração mais detalhada das soluções naquele edifício, resumidamente:

- Construção - Isolamentos térmicos na cobertura, fachadas e pavimentos;
- Construção – soluções passivas;
- Orientação adequada a sul;
- Sombreamentos;
- Ventilação natural, ventilação cruzada, arrefecimento noturno;
- Sistema de arrefecimento por tubos no solo;
- Sistemas ativos – Coletores solares térmicos e painéis fotovoltaicos;

- BIPV – *Building Integrated Photovoltaic* – coletor solar de ar (nas costas dos painéis PV)
- Iluminação natural

Na Figura 4.1 apresenta-se uma fotografia do edifício Solar XXI onde se podem visualizar algumas das soluções indicadas anteriormente.



Figura 4.1 – Foto da Fachada sul do edifício Solar XXI em Lisboa

No gráfico do lado esquerdo da Figura 4.2, está indicado o primeiro passo rumo ao objetivo NZEB referente à redução das necessidades energéticas e no gráfico do lado direito o conceito aplicado ao Edifício Solar XXI. Assim como o segundo passo, que é produção de energia através das energias renováveis para colmatar as ainda necessárias necessidades energéticas do edifício e chegar ao NZEB.

SOLAR XXI NZEB Performance

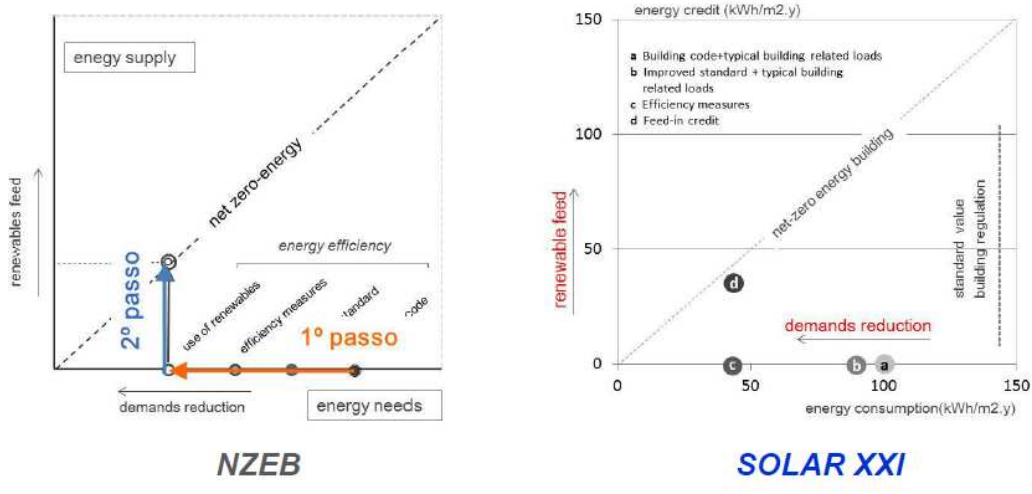


Figura 4.2 – Desempenho do edifício Solar XXI

Na Figura 4.3 podem-se ver os sistemas de geração de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos instalados no edifício e perto do edifício.



Figura 4.3 – Painéis fotovoltaicos instalados no estacionamento e fachada sul do edifício Solar XXI

O IEE obtido pelo Edifício Solar XXI é de 2,8 kgep/(m².ano) face a IEE referencia dos edifícios de serviços de 30 kgep/(m².ano).

No edifício em estudo foram estudadas algumas das soluções adotadas no edifício SOLAR XXI, nomeadamente:

- Sistemas ativos – Coletores solares térmicos e painéis fotovoltaicos;
- Sombreamentos (indiretamente com a instalação dos painéis fotovoltaicos nas fachadas com inclinação a 30º permite fazer sombreamento na zona encarnada. O facto de inclinar os painéis a 30º permite melhor rendimento do que no Solar XXI);

As outras soluções poderão ser estudadas de futuro por colegas de Civil e de Mecânica Térmica:

- Construção - Isolamentos térmicos na cobertura, fachadas e pavimentos;
- Construção – soluções passivas;
- Sistema de arrefecimento por tubos no solo;
- Ventilação natural, ventilação cruzada, arrefecimento noturno;

4.2. Oportunidades de melhoria de Eficiência Energética indicadas no Certificado Energético

4.2.1. Equipamentos

De forma a reduzir o consumo de energia dos sistemas de iluminação dos Estacionamentos nos períodos de vazio, sugere-se que estes passem a ser controlados por sensores de movimento, evitando que as luminárias estejam ligadas sem ocupação dos espaços. Sugere-se ainda a instalação de um controlo horário que de forma automática desligue, caso não haja indicação contrária, os sistemas de climatização existentes no laboratório do Piso -2. Estas alterações permitem uma redução real do consumo energético do Edifício num valor estimado de 25 404 kWh, representando cerca de 3,8% do consumo anual de energia no Edifício, e uma redução anual do custo total de 2769,19 €.

4.2.2. Zonas Comuns

Devido ao elevado volume do *Hall* do Edifício, como medida para reduzir o consumo de energia durante o período noturno e fins-de-semana nas zonas comuns, sugere-se que os sistemas de climatização deste espaço sejam desligados e/ou eventualmente substituídos por um sistema localizado junto do segurança.

Esta alteração no funcionamento dos sistemas de climatização do *Hall*, permitem uma redução real do consumo energético do Edifício num valor estimado de 34092kWh, representando cerca de 5,1% do consumo anual de energia no Edifício, e uma redução anual do custo total de 3716,23 €.

4.2.3. Escritórios

Para reduzir o consumo de energia nos Escritórios durante os período noturno e fins-de-semana, em que não há ocupação dos espaços, sugere-se efetuar uma correção na programação horária das unidades de climatização alimentadas pelo QAVAC2.2, de forma a desligar as mesmas nos períodos não laborais.

Esta correção no funcionamento dos sistemas alimentados pelo QAVAC2.2, permitem uma redução real do consumo energético do Edifício num valor estimado de 4104 kWh, representando cerca de 0,6 % do consumo anual de energia no Edifício e uma redução anual do custo total de 447,36 €.

4.2.4. Iluminação

De forma a aumentar a eficiência global dos sistemas energéticos de iluminação instalados no Edifício, e reduzir o seu peso no consumo total de energia, sugere-se um conjunto de medidas resumidas nos seguintes pontos:

- Substituição e redução da potência instalada em meios de iluminação

Cerca de 82,67 % da potência de iluminação artificial instalada no edifício corresponde a iluminação do tipo FT, sendo que a sua quase totalidade corresponde a lâmpadas de 58 W e 18 W. Atualmente existem no mercado alternativas a este tipo de lâmpadas para substituição direta com redução de cerca de 30% de consumo para um resultado de iluminação equivalente.

Relativamente a outros sistemas com menor peso, como é o caso das lâmpadas I e de H existentes nas áreas de escritórios e circulações, cuja função é essencialmente decorativa, sugere-se a sua substituição por alternativas LED.

Dado que a substituição de tecnologias implica um investimento financeiro considerável, esta poderá ser feita ao longo do período de fim de vida dos sistemas atualmente instalados. Estima-se que as substituições propostas dos sistemas de iluminação atuais por alternativas mais eficientes permitam uma redução na potência total instalada em cerca de 24,85%, melhorando a eficiência global dos sistemas de iluminação do Edifício.

- Adequação dos níveis de iluminação aos espaços

Pela análise ao funcionamento dos sistemas de iluminação artificial do Edifício durante o período diurno, verificou-se um desaproveitamento da iluminação natural proveniente de envidraçados. Desta forma, e atendendo ao facto de que os sistemas atualmente instalados possuem balastros eletrónicos, sugere-se a implementação de um sistema de gestão para a iluminação geral dos espaços com acesso a iluminação natural, com base em monitorizações contínuas de sensores de fluxo luminoso. Assim sendo, permite-se por adequação do fluxo luminoso à tipologia de cada espaço, fazer uma racionalização da iluminação artificial, tirando partido dos envidraçados existentes.

Cumulativamente, as alterações referidas têm impacto direto na classificação energética do Edifício e estima-se que levem a uma redução real do consumo energético do Edifício num valor calculado de 144817,77 kWh, representando cerca de 21,9 % do consumo anual de energia no Edifício, e uma redução anual do custo total de 15785,99 €.

4.2.5. Equipamentos

Recomenda-se que os utilizadores do edifício sejam sensibilizados para a utilização racional dos equipamentos a seu cargo, minimizando os períodos de *standby* e os funcionamentos noturnos.

4.2.6. Elevadores

Atendendo às condições de funcionamento dos elevadores, sugere-se, de forma a utilizar os mesmos de uma forma mais racional, promover junto dos utilizadores do Edifício, a utilização das escadas ao invés dos elevadores, como forma de combater o sedentarismo.

4.2.7. AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

Como medida de melhoria na utilização de energia nos sistemas de AVAC, sugere-se uma averiguação periódica aos controlos instalados pelo edifício, tendo em conta horários de funcionamento das unidades de climatização bem como os valores programados para os *setpoints* de temperatura. Estes parâmetros influenciam fortemente o desempenho dos sistemas de AVAC, pelo que se mostra obrigatório o controlo destes parâmetros para se conseguir uma utilização eficiente dos mesmos.

Como medida para reduzir o consumo de energia associado aos sistemas de ventilação, sugere-se uma reprogramação dos mesmos, para que estes não funcionem aos Domingos e feriados, por se tratarem por norma, de dias em que a ocupação do Edifício é bastante reduzida, face aos restantes dias. Com esta alteração obtém uma redução real no consumo energético do Edifício num valor estimado de 4104 kWh, representando cerca de 0.6% do consumo anual de energia no Edifício, e uma redução anual do custo total de 447,36 €.

Na Tabela 4.1 apresenta-se o resumo das medidas de melhoria do CE – Certificado Energético.

Tabela 4.1 – Medidas de melhoria indicadas no CE [26]

Medidas de Melhoria	Poupança Anual				
	kWh	kgep	tCO ₂ ep	Consumo (%)	Valor anual (€)
Implementação de um sistema de gestão com base na leitura de sensores de fluxo luminoso (tipo "dimming")	71.552,38	20.750,19	24,90	10,8%	7.799,63 €
Substituição de tecnologias de iluminação por sistemas mais eficientes cerca de 30% (FT para LED) e "dimmables"	73.265,39	21.246,96	25,50	11,1%	7.986,36 €
Controlo da iluminação geral dos pisos de estacionamento por sensores de movimento	25.404,00	7.367,16	8,84	3,8%	2.769,19 €
Desligar sistemas de climatização do Hall durante o período noturno e fins de semana	34.092,00	9.886,68	11,86	5,1%	3.716,23 €
Reprogramação dos sistemas de ventilação (UTA) de forma a não incluir o seu funcionamento aos Domingos e Feriados	4.104,00	1.190,16	1,43	0,6%	447,36 €
Alteração das soluções construídas aplicadas da Nota Técnica, para as soluções construtivas reais de forma a que a simulação dinâmica detalhada reflecta a respectiva melhoria de comportamento térmico e correspondente eficiência energética		0,00	0,00	0,0%	- €
Total	208.417,77	60.441,15	72,53	0,31	22.718,77

Com as medidas indicadas no certificado energético obtém-se uma poupança total energética de 208417,77 kWh, que representa 60441,15 kgep e valor a menos de 22718,77€ anualmente.

4.3. Medidas de melhoria adicional

4.3.1. Tarifário atual

O tarifário atual contratado com a EDP Distribuição no mercado liberalizado está otimizado em função da utilização do edifício. Aponta-se unicamente uma situação em relação à crescente energia reativa em 2015 que é reduzida mas que tem de se verificar no consumo do ano 2016 para verificar a necessidade de instalação de bateria de correção do fator de potência, ou não.

4.3.2. Equipamentos gerais

Como medida de eficiência energética a aplicar para otimizar o consumo energético e dado que os equipamentos gerais são um dos principais consumidores de energia no edifício propõem-se a substituição de todo o tipo de equipamento elétrico geral (computadores, monitores, fotocopiadoras, microondas, frigoríficos, eletrodomésticos, etc...) por equivalentes com certificação energética A ou A+. Identificou-se esta medida mas não foi possível quantificá-la porque obrigaria a fazer um inventário de todos os equipamentos ou as empresas utilizadoras do edifício a cederem essa informação, que não se verificou. Mas fica a indicação para quantificação futura.

4.3.3. Datacenter

A sala do *Datacenter* apresenta uma temperatura ambiente de 21°C e o funcionamento da unidade de climatização local está constantemente a ligar e desligar. Após análise deste comportamento e do *setpoint* da unidade *split* justifica-se o que está a acontecer porque a carga térmica existente no compartimento foi atualmente reduzida e face ao *setpoint* de 21°C a climatização atinge rapidamente este valor e desliga, passados cerca de 20 minutos liga novamente.

A medida sugerida para ultrapassar este problema é aumentar o *setpoint* para os 23°C, ou seja +2°C, não prejudicando o funcionamento dos equipamentos informáticos que suportam temperaturas máximas de 36°C e têm boas condições de funcionamento entre os 21 e

25°C, proporcionando uma redução no consumo elétrico de cerca de 10% por cada grau [29]. Assim esta medida permite uma redução de 48,2kWh/dia que representa uma poupança de 17593 kWh/ano e 5101,95 kgep.

4.3.4. Sistema de Gestão Técnica Centralizada

Segundo a Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro, que estabelece o Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS) no seu anexo I, podemos verificar que o artigo 10º é referido:

“10. SISTEMAS DE REGULAÇÃO, CONTROLO E GESTÃO TÉCNICA

10.1. Requisitos gerais

A adoção de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica será obrigatória em função da potência térmica nominal no edifício, de acordo com o disposto na Tabela I.30.

Tabela I.30:

Potência (kW)	Tipo de sistema
Inferior a 100	Sistemas autónomos de regulação e controlo
Entre 100 e 250	Sistema de Gestão Técnica
Igual ou superior a 250	Sistema de Gestão Técnica Centralizada „

Dado que no edifício em estudo a potência térmica nominal é superior a 500kW (arrefecimento 554,2 kW e Aquecimento 596 kW) deverá ser dotado de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada – SGTC com os requisitos definidos no artigo 10.3º da referida portaria:

“10.3. Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

10.3.1 - Os sistemas de gestão técnica centralizada devem ser objeto de projeto elaborado por projetista reconhecido para o efeito, de acordo com especificações previstas para projeto de execução conforme disposto no artigo 44.º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho, devendo abranger os vários sistemas técnicos e de manutenção do edifício.

10.3.2 - Os sistemas de gestão técnica centralizada deverão cumprir com os requisitos mínimos da classe C definidos na Tabela 1 da norma EN15232, aplicando-se ainda os seguintes requisitos:

- a) Devem ser adotados protocolos de comunicação padrão vulgarmente usados nos sistemas de gestão técnica de edifícios, definidos pelas normalizações ISO, ANSI e ASHRAE;
- b) Como quadro mínimo, deverão ser instaladas:

- i. Contagem de energia elétrica por sistema ou instalação de AVAC;
 - ii. Contagem individualizada da energia proveniente de eventual produção renovável e/ou cogeração, caso existam;
 - iii. Contagem individualizada de energia, dos equipamentos com potência elétrica superior a 12 kW;
 - iv. Contagens individualizadas de energia elétrica, energia térmica ou outras fontes de energia, que permitam calcular o rendimento das unidades produtoras de água quente ou água fria com potência elétrica superior a 50 kW, no caso de GES e sempre que possível;
 - v. Contagem individual do consumo de combustíveis líquidos e gasosos por equipamento produtor com potência térmica nominal superior a 100 kW;
 - vi. Contadores que permitam desagregar a energia afeta a cada uma das diferentes funções, no caso de sistemas produtores afetos a mais do que uma, designadamente, aquecimento ambiente, AQS e aquecimento de águas de piscinas;
 - vii. Contagens gerais de energia elétrica, energia térmica e outras fontes de energia;
 - viii. Outras contagens requeridas nos sistemas técnicos da presente Portaria.
- c) Deverá permitir a constituição de arquivo histórico de dados, exportável para folha de cálculo e em formato comum, dos últimos 6 anos de registo das seguintes variáveis:
- i. Contagens definidas na alínea b) anterior, com uma periodicidade mínima de 15 minutos;
 - ii. Temperatura e humidade do ar exterior;
 - iii. Temperatura média do ar interior, ou de cada zona controlada a temperatura distinta;
 - iv. Tempos de funcionamento dos motores elétricos quando integrados no sistema de gestão técnica;
 - v. Medição de CO₂, quando aplicável.”

Para além do requisito da portaria, podemos utilizar o SGTC para controlar, gerir e ajudar a tomar decisões sobre tarefas do quotidiano do funcionamento de um edifício [30], nomeadamente:

- Racionalização do Uso de Energia:

- _ Monitorização do sistema elétrico (informação sobre várias grandezas tais como as tensões, as potências e as energias)
- _ Deslastragem de cargas em caso de picos de Consumos ou casos de emergência
- _ Controlo Horário sobre Tarifas de Energia
- _ Controle da iluminação
- _ Deslastre Horário de circuitos de iluminação
- _ Deslastre de iluminação em função da ocupação do Edifício (por deteção de presença)
- _ Controlo de luminosidade
- _ Alimentação por fontes alternativas

- Apoio na Manutenção do Edifício:

- _ No controlo do Planeamento da manutenção Preventiva
- _ Na manutenção corretiva
- _ No comando On/OFF dos equipamentos

Com a instalação de um SGTC prevê-se uma redução do consumo energético de cerca de 20%. Quer dizer que obter-se-ia uma redução de 121093,3 kWh, ou seja menos 35117 kgep.

4.4. Contribuição de Energias Renováveis

Para o caso do edifício em estudo e face às necessidades de energia elétrica é necessário recorrer às energias renováveis para gerar a energia elétrica necessária.

- Fotovoltaico.

A produção de energia elétrica através das células fotovoltaicas é a solução mais viável, sendo ainda uma tecnologia que apresenta valores aceitáveis e com uma tendência de redução do custo.

No Anexo III são apresentadas as tecnologias mais utilizadas.

Para a maior produção de energia possível, foi escolhido o painel STP280S do fabricante *SunTech Power* com tecnologia mono cristalino e com as características descritas na Figura 4.4.

Informações sobre o módulo FV

Os dados foram retirados da ficha técnica do fabricante. As informações não dispensam a sua verificação.

Fabricante	Suntech Power	Tecnologia de células	mono
Módulo fotovolta.	STP280S-20/Web-TG (04/2016)	Certificação	EU
Características eléctricas		Coefficientes de temperatura	
Potência nominal	280,00 Wp	Tensão MPP	---
Tolerância da potência	-0,00/+5,00 W	Tensão de circuito aberto	-0,3400 %/°C -134,0 mV/°C
Tensão MPP	31,50 V	Corrente de curto-circuito	0,0600 %/°C 5,65 mA/°C
Corrente MPP	8,89 A	Degradação por envelhecimento	
Tensão de circuito aberto	39,40 V	Tolerância da tensão de circuito aberto	0,00 %
Corrente de curto-circuito	9,41 A	Tolerância da tensão MPP	0,00 %
Tensão permitida do sistema	1000,00 V	Tolerância da corrente MPP	0,00 %
Rendimento do módulo FV (STC)	17,21 %	Tolerância corrente de curto-circuito	0,00 %
Recomendação de ligação à terra	Nenhuma ligação à terra	Informações complementares	
Características mecânicas		Módulo FV actual	Sim
Quantidade de células no módulo FV	60	Módulo fotovoltaico próprio	Não
Largura	992 mm	Favorito	Não
Comprimento	1640 mm	Comentário	
Peso	18,20 kg		
Conector de ficha	Kabel/Stecker		

Figura 4.4 – Paineis fotovoltaicos escolhidos para a medida de melhoria

Foi previsto instalarem-se painéis em duas zonas principais, a primeira nas fachadas sudeste, sudoeste e noroeste do edifício e a segunda na zona do estacionamento exterior anexo ao edifício. A Figura 4.5 indica precisamente a localização dos painéis e a sua quantidade.

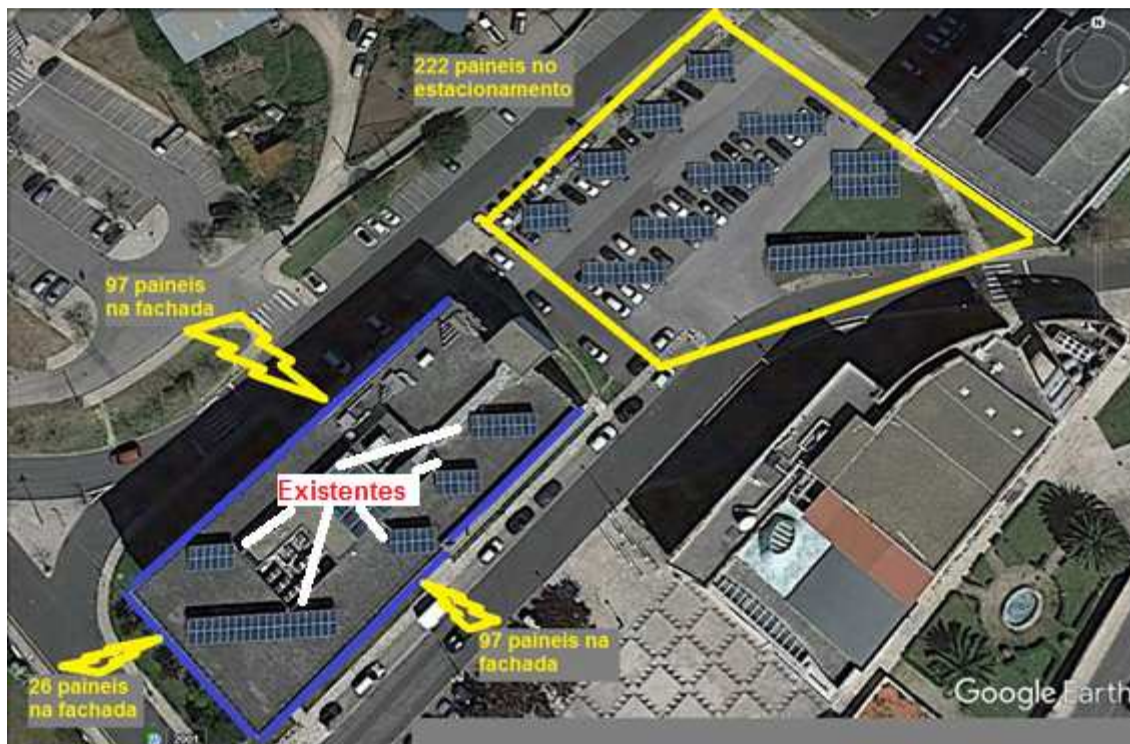


Figura 4.5 – Vista aérea com implantação dos painéis fotovoltaicos existentes, nas fachadas e no estacionamento exterior

Como ferramenta de simulação da produção de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos utilizou-se o software de cálculo SMA *Sunny Design Web* do fabricante alemão de inversores SMA.

- Nas Fachadas sudeste, sudoeste e noroeste do edifício:

Nas fachadas do edifício foi previsto instalar os painéis fotovoltaicos nas zonas entre os vãos envidraçados, funcionando também como pala de sombreamento. Na Figura 4.6 é indicada a forma como os painéis serão instalados nas fachadas.

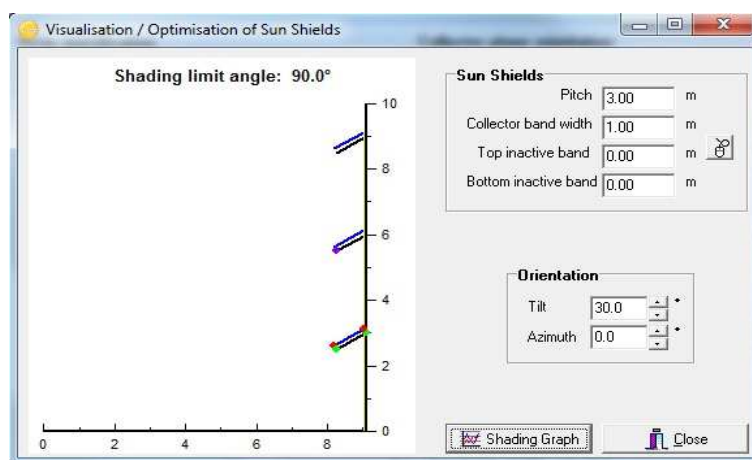


Figura 4.6 – Orientação dos painéis nas Fachadas

Para aproveitar ao máximo o potência solar de acordo com a orientação existente do edifício, foram projetados painéis em todas as zonas fora dos envidraçados. A Figura 4.7 tenta reproduzir como ficará o edifício após a instalação dos painéis, embora a inclinação considerada dos painéis seja a 30º e na Figura transmita a ideia contrária.



Figura 4.7 – Exemplificação da instalação dos painéis fotovoltaicos na fachada sudeste e sudoeste do edifício

Assim, na fachada sudeste prevê-se instalar:

- 97 Painéis fotovoltaicos *Suntech Power* STP 280S-20 de tecnologia monocristalino;
- Potência total de pico – 27,16 kW;
- Orientação: Azimute -45º e inclinação 30º;
- 1 Inversor STP25000TL-30
- Rendimento anual previsto: 43567,8 kWh.

Na Fachada sudoeste, prevê-se instalar:

- 26 Painéis fotovoltaicos *Suntech Power* STP 280S-20 de tecnologia monocristalino;
- Potência total de pico – 7,28 kW;
- Orientação: Azimute 45º e inclinação 30º;

- 2 Inversor SB 3.0 – 1 AV -40
- Rendimento anual previsto: 11452,1 kWh.

Na Fachada noroeste, prevê-se instalar:

- 97 Painéis fotovoltaicos *Suntech Power STP 280S-20* de tecnologia monocristalino;
- Potência total de pico – 27,16 kW;
- Orientação: Azimute 135º e inclinação 30º;
- 1 Inversor STP20000TL-30
- Rendimento anual previsto: 31654,7 kWh.

- No Estacionamento exterior do edifício:

Na zona exterior do edifício foi previsto instalar os painéis fotovoltaicos em estruturas metálicas por forma a fazerem sombra aos automóveis. Está previsto a existência de 3 zonas uma mais a norte para estacionamento de viaturas só de um lado, uma na zona central com estacionamento de viaturas dos dois lados e ainda outra na zona de jardim mais a este. Na Figura 4.8 é indicada a forma como os painéis serão instalados nas estruturas a uma cota de 2,20m.

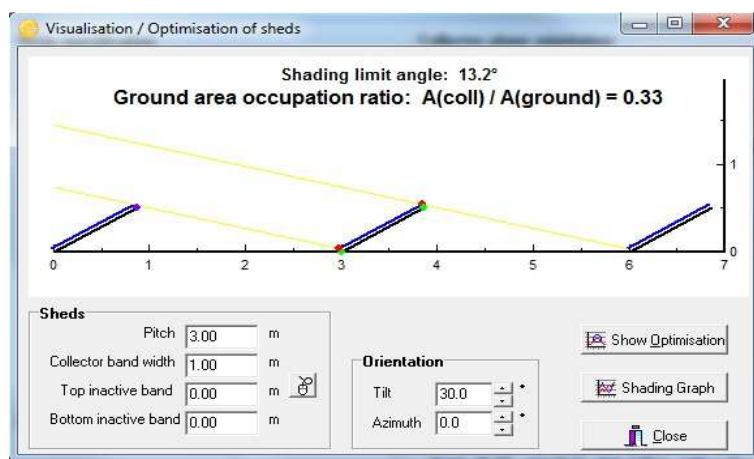


Figura 4.8 – Orientação dos painéis no Estacionamento exterior

Prevê-se instalar nesta área:

- 222 Painéis fotovoltaicos *Suntech Power STP 280S-20* de tecnologia monocristalino;

- Potência total de pico – 62,16 kW;
- Orientação: Azimute 45º e inclinação 30º;
- 2 Inversores STP 25000TL-30 e 1 Inversor STP 15000TL-30
- Rendimento anual previsto: 107780 kWh.

No Anexo IV apresentam-se os cálculos de dimensionamento para as quatro áreas.

A título de resumo, a Tabela 4.2 apresenta a compilação de toda a informação dos painéis fotovoltaicos:

Tabela 4.2 – Medidas de melhoria indicadas no CE

Painéis FV	Localização	Área (m²)	Potência de Pico instalada (kW)	Produtividade de (kWh/kW)	Energia Prevista produzir (kWh)
97 PV <i>Suntech Power</i> STP 280S-20 - monocristalino	Edifício Fachada Sudeste	157,8	27,1	1604	43567,8
26 PV <i>Suntech Power</i> STP 280S-20 - monocristalino	Edifício Fachada Sudoeste	42,3	7,28	1573	11452,1
97 PV <i>Suntech Power</i> STP 280S-20 - monocristalino	Edifício Fachada Noroeste	157,8	27,16	1165	31654,7
222 PV <i>Suntech Power</i> STP 280S-20 - monocristalino	Estacionamento exterior	361,2	62,16	1734	107780
	Total	719,1	123,7	-	194454,6

A contribuição total desta medida com painéis Fotovoltaicos é estimada em 194454,6 kWh, ou seja 56391,8 kgep.

4.5. Resumo das estratégias utilizadas para atingir o objetivo NZEB

Espera-se que o impacto das diversas medidas permitam tornar o edifício em estudo próximo do objetivo NZEB. De modo a analisar o impacto das diversas medidas apresenta-se na tabela 4.3 um resumo das diversas propostas.

Tabela 4.3 – Resumo das estratégias propostas

Estratégias	Redução obtida (KWh)	Redução obtida (Kgep)	Redução obtida (tCO2)	Redução no valor anual (€)
Indicadas no CE	208417,77	60441,15	24,90	22718,77
Datacenter aumento de 2°C	17593,00	5101,97	2,53	2163,94
SGTC	121093,30	35117,06	17,44	14894,48
Total	347104,07	100660,18	44,87	39777,185

Quanto à contribuição total das Energias Renováveis, apresenta-se na tabela 4.4 o seu impacto ao nível da produção.

Tabela 4.4 – Impacto das energias Renováveis

Renováveis	Produção obtida (KWh)	Produção obtida (Kgep)	Produção obtida (tCO2)	Produção Valor anual (€)
PV da Cobertura	36464,00	10574,56	5,25	22718,77
PV das Fachadas e do Estacionamento Exterior	194454,60	56391,83	28,00	23917,92
Total	230918,60	66966,394	33,25	46636,69

Tendo como base o consumo energético do ano 2015 de 605466,30 kWh, pode-se verificar a contribuição de cada uma das medidas de melhoria da eficiência energética indicadas anteriormente neste capítulo e a contribuição da produção de energia elétrica através das Fontes renováveis na Tabela 4.5. Através destes resultados é possível verificar que com o acumulado de todas as estratégias indicadas (4 – Aplicando as 3 medidas (1+2+3)), atinge-se um balanço energético quase zero (10,6%) de cerca de 27443,63kW, ou seja de 7958,65 kgep.

Tabela 4.5 – Medidas propostas vs Balanço energético

	Sem Medidas Aplicadas (Ano 2015)	1 - Medidas indicadas no CE	2 - Medida de aumento de 2°C no Datacenter	3 - Medida de instalação de um SGTC	4 - Aplicando as 3 medidas (1+2+3)
Necessidades de Consumo energéticas (kWh)	605466,3	397048,5	587873,30	484373,00	258362,23
Produção de energia elétrica através de Renováveis (kWh)			-230918,60	-230918,60	-230918,60
Balanço Consumo - Produção	605466,30	397048,53	356954,70	253454,40	27443,63
	100,0%	100,0%	60,7%	52,3%	10,6%

A Figura 4.9 ilustra plenamente que o balanço energético é mínimo, assinalado a cor de laranja. A certificação energética é bastante beneficiada passando a ser Classe A+ (por ser < 22,4 IEE ref) com um IEE 11,1.

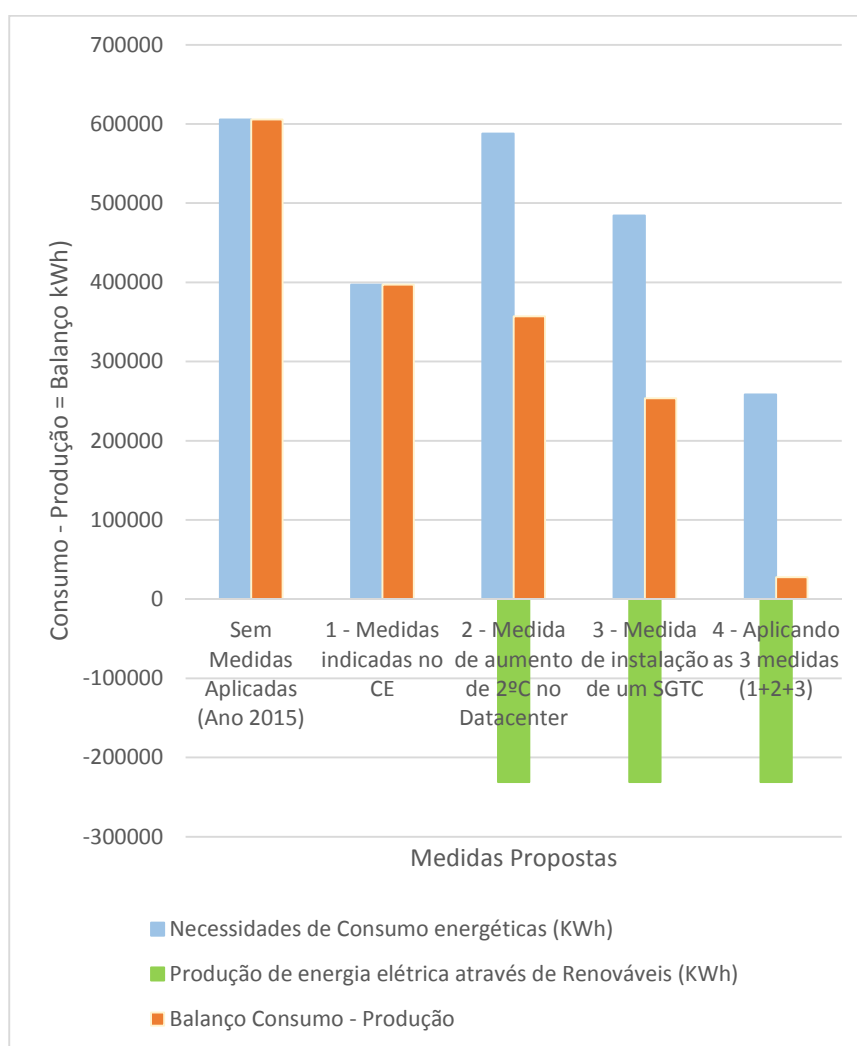


Figura 4.9 – Representação gráfica do balanço energético

Capítulo 5

Considerações finais e proposta de desenvolvimentos futuros

Os edifícios e a melhoria da eficiência energética são componentes-chave no caminho que a União Europeia (UE) está a fazer para atingir um novo paradigma energético. Representam um consumo de energia não renovável muito considerável, resultando em elevados custos e emissões de dióxido carbono (CO₂) para a atmosfera e consequentemente contribuindo para os problemas relacionados com os efeitos de estufa e com as mudanças climáticas. Com vista à redução do consumo de energia no parque edificado, foi publicada diversa legislação que obriga que a partir de 31 de Dezembro de 2020 todos os novos edifícios da UE sejam edifícios NZEB (*Nearly Zero Energy Building*) ou seja, com balanço energético anual quase nulo.

Deste modo pretendeu-se com a presente dissertação contribuir, através de um exemplo específico – como é o caso do edifício aqui estudado, porque cada caso é um caso - para que, em particular em Portugal, esta diretiva possa também ser seguida e cumprida. Após a realização de várias análises *in loco*, leituras atentas e investigação, foi possível conhecer em profundidade este edifício, chegando-se à conclusão que, neste momento, apresenta grandes necessidades de consumo energético (em 2015 de 605446,3 kWh). Assim, foram estabelecidas estratégias e medidas de melhorias, que, no caso de virem a ser aplicadas, compensarão quase todas as necessidades energéticas do edifício, incluindo a geração de energia elétrica a partir de energias renováveis (230918,60 kWh) possibilitando deste modo um balanço de consumo energético anual quase zero (27443,63kWh). Este estudo foi efetuado através da análise do consumo energético do referido edifício recorrendo à aplicação de medidas comprovadas de eficiência energética e à produção de energia através de fontes renováveis por meio de simulação com *software* de um fabricante de referência no mercado. Tratando-se de um edifício existente, partiu-se sempre do princípio que deveriam ser aproveitadas as infraestruturas já existentes, de modo a permitir uma poupança no caso de serem realizadas as alterações aqui propostas. Esta dissertação é, assim, um contributo para o conhecimento das tecnologias existentes que urgem ser consolidadas e massificadas de modo a permitirem a redução do consumo de energia de origem fóssil e, ao mesmo tempo, estimular a sua aplicação.

Neste estudo não foi abordada a questão relativa aos custos de investimento, tendo sido privilegiado o estabelecimento de estratégias que possibilitassem atingir o objetivo NZEB o que foi conseguido. Deste modo, percebe-se que, no caso dos edifícios existentes, é possível atingir o objetivo NZEB dependendo dos custos de investimento e da existência de apoios financeiros que possibilitem a implementação das medidas necessárias para o efeito. No caso dos edifícios

novos, privilegiando soluções solar passivas, com equipamentos eficientes energeticamente, uma utilização adequada dos mesmos e a utilização de energias renováveis para gerar a energia fóssil mínima necessária, será obtido um aumento considerável de edifícios NZEB.

Para essa implementação irão surgir vários desafios, nomeadamente relacionados com o cumprimento da diretiva EPBD, que passam por:

- Conceção de edifícios – Através de soluções otimizadas do ponto de vista térmico e do enquadramento urbano.
- Eficiência energética – Utilização de equipamentos e sistemas técnicos com um desempenho elevado e cada vez mais a custo-ótimas;
- Formação – Reforçar o conhecimento técnico de todos os intervenientes no processo construtivo (fabricantes, projetistas, empreiteiros, manutenção, donos de obra, clientes finais / utilizadores);
- Construção, Fiscalização e Comissionamento da obra – Acompanhamento reforçado e garantia de desempenho do edifício;
- Massificação do conceito NZEB – Disseminação e promoção do conceito, incluindo as suas vantagens e benefícios;
- Monitorização – Acompanhamento ao longo da vida útil do edifício.

Como proposta de estudo e desenvolvimentos futuros, são propostas: i) o aprofundamento do estudo dos aspetos económicos (custo – ótimo) relativos à implementação de NZEB de modo a permitir viabilizar a implementação das soluções apresentadas neste trabalho; ii) o estudo do desempenho das soluções construtivas existentes e a definição de estratégias passivas que melhorem ainda mais o desempenho do edifício estudado e iii) desenvolver a interligação da energia renovável produzida em excesso pelos NZEB e a rede de distribuição nas urbanizações e cidades (*SMART CITIES*), massificando a edificação deste tipo de edifícios. Só assim será possível evoluir no sentido de preservar o meio ambiente em que vivemos de forma geral continuando a desenvolver, a transformar, a conduzir e a armazenar energia, sustentável, cuja utilização é fundamental para a sobrevivência do ser humano.

Bibliografia

- [1] IEA – *Internacional Energy Agency, Key World 2016*, 2016, Fonte: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>
- [2] IEA - *Internacional Energy Agency, Redrawing the Energy Climate Map*, 2016, http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo_special_report_2013_redrawing_the_energy_climate_map.pdf
- [3] Comissão Europeia, Comunicado de Imprensa “Acordo histórico sobre o clima em Paris: UE lidera esforços mundiais”, Paris, 12 de dezembro de 2015, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6308_pt.pdf
- [4] IEA - *Internacional Energy Agency, International Energy Outlook 2016*, 2016, [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- [5] Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 Maio de 2010, relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (Revisão)
- [6] Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 Agosto
- [7] IEA - *Internacional Energy Agency, WEO Special Report 2016*, 2016, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
- [8] *Directorate-General for Energy*. (2014, Fevereiro). *Technical Guidance: Financing the energy renovation of buildings with Cohesion Policy funding, 2014*. Recuperado abril de 2016 do [sitio, http://ec.europa.eu/energy/efficiency/studies/doc/2014_guidance_energy_renovation_buildings.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/studies/doc/2014_guidance_energy_renovation_buildings.pdf).
- [9] Gonçalves, Helder, do LNEG, nas Jornadas de Climatização, “Em direção aos Edifícios de Balanço Energético Zero”, Ordem dos Engenheiros, 2011
- [10] *Karsten Voss, Igor Sartori, Roberto Lollini*, REHVA Journal, “*Nearly-zero, Net zero and Plus Energy Buildings – How definitions & regulations affect the solutions*”, dezembro 2012, <http://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2012/062012/nearly-zero-net-zero-and-plus-energy-buildings-how-definitions-regulations-affect-the-solutions.html>
- [11] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-Lei nº 40/90 de 6 Fevereiro
- [12] Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Decreto-Lei nº 118/98 de 7 Maio
- [13] Diretiva 2002/91/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002, relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios
- [14] Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 Abril

- [15] Gonçalves, Ana Catarina, 9ª Jornadas de *Facility Management* da APFM, em Lisboa, a 12 de novembro de 2015
- [16] Fragoso, Rui, ADENE – *Green Business Week* “O caminho para nZEB na Legislação Portuguesa”, Março de 2016
- [17] Ação de Concertação da Diretiva de Desempenho Energético nos Edifícios (EPBD) – relatórios “Towards 2020 NZEB”. Agosto de 2016, do sítio: <http://www.epbd-ca.eu/outcomes/2011-2015/CA3-CT-2015-5-Towards-2020-NZEB-web.pdf>
- [18] BPIE – *Building Performance Institute Europe, Implementing Cost Optimality*, 2015, http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Implementing_Cost_Optimality.pdf;
- [19] Ação de concertação da Diretiva de Desempenho Energético nos Edifícios (EPBD) – relatórios nacionais 2012. Abril de 2016, do sítio <http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/CA3-2012-NZEB-ei.pdf>
- [20] Mapa dos edifícios NZEB, <http://batchgeo.com/map/net-zero-energy-buildings>
- [21] Ecofys, *Politecnico di Milano, University of Wuppertal*. (2013, Fevereiro). *Towards Nearly Zero Energy Buildings: Definition of common principles under the EPBD*. Recuperado em abril de 2016, do sítio http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/doc/nzeb_full_report.pdf.
- [22] Jornal Oficial da União Europeia, “RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/1318 DA COMISSÃO” de 29 de julho de 2016, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=PT>
- [23] DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia. “Principais Indicadores Energéticos em Portugal”. Recuperado em Abril, 2014, do <http://www.dgeg.pt/>.
- [24] Santos, P. Baptista, N. “Desempenho energético dos edifícios – O impacto dos regulamentos na construção e as oportunidades de melhoria do parque habitacional.” Abril, 2014, do http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Informacao/Publicoemgeral/Documents/ISBE_paper_11.pdf.
- [25] Certificado energético do edifício em estudo, Lisboa, 15 de maio de 2013.
- [26] Projeto de Instalações Elétricas do edifício em estudo, setembro 2004.
- [27] Projeto de Instalações Mecânicas (AVAC), setembro 2004.
- [28] ERSE – Entidade Reguladora do Setor Energético – Tarifário 2015
- [29] ASHRAE *Environmental Guidelines for Datacom Equipment - Expanding the Recommended Environmental Envelope*, 2008
- [30] Victor Pires, Documentação de apoio da cadeira “Gestão Técnica e Domótica”, EST – IPS, Setúbal, 2012

Anexo I

Plantas do edifício do estudo

Na Figura A.1 são apresentadas as plantas de arquitetura do edifício para uma melhor percepção da sua dimensão e constituição.

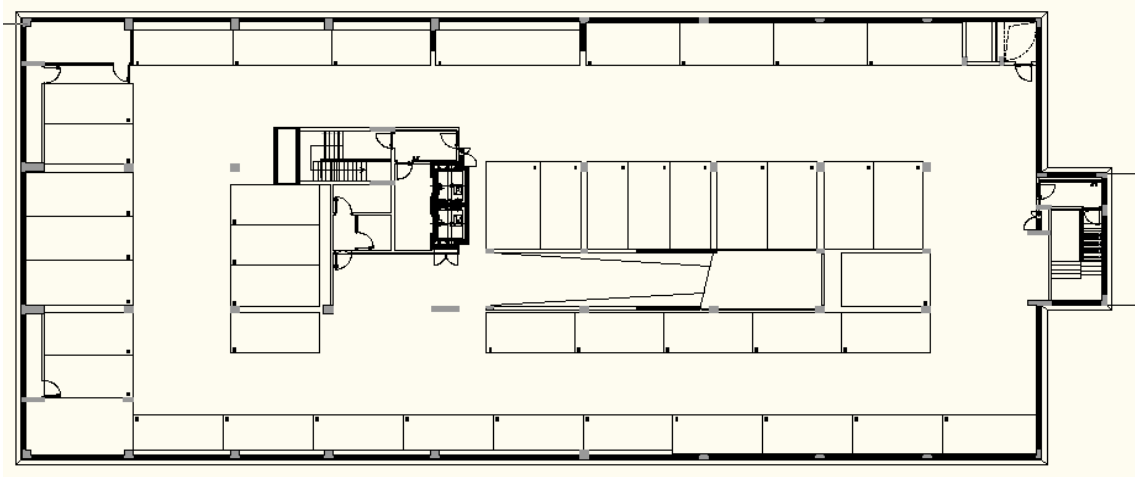


Figura A1.1 – Planta do Piso -2

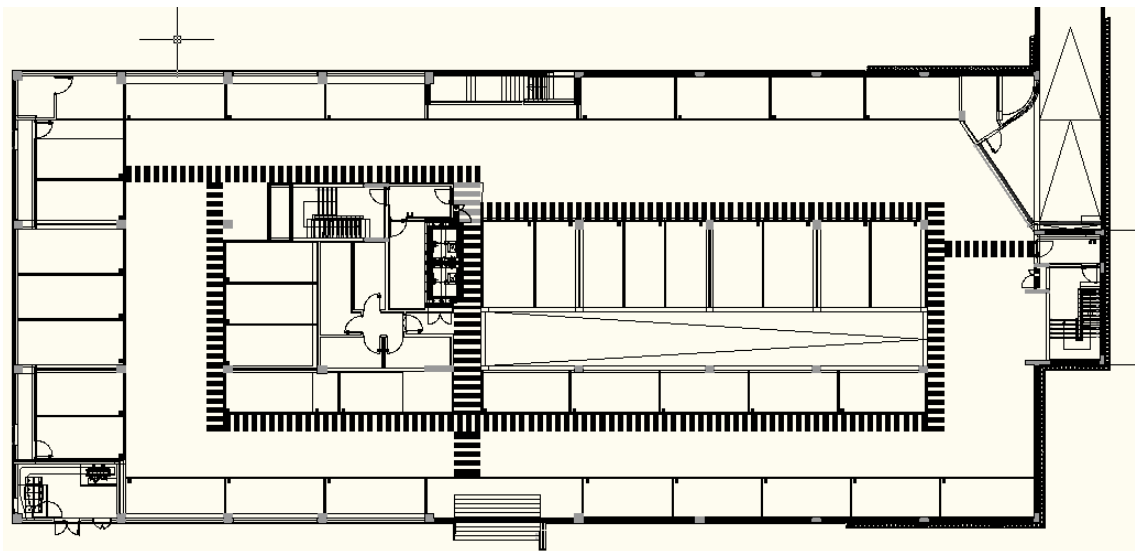


Figura A1.2 – Planta do Piso -1

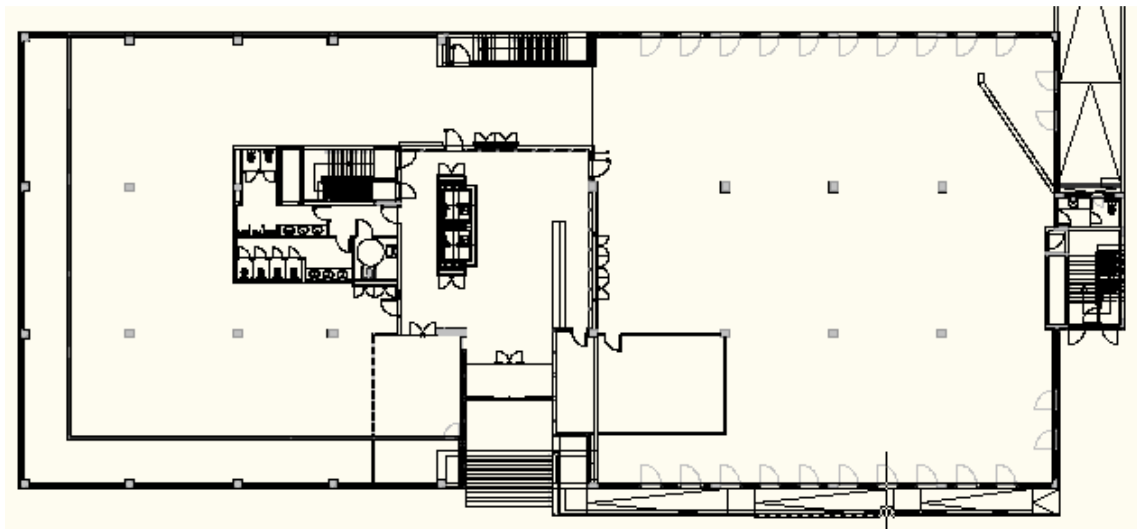


Figura A1.3 – Planta do Piso 0

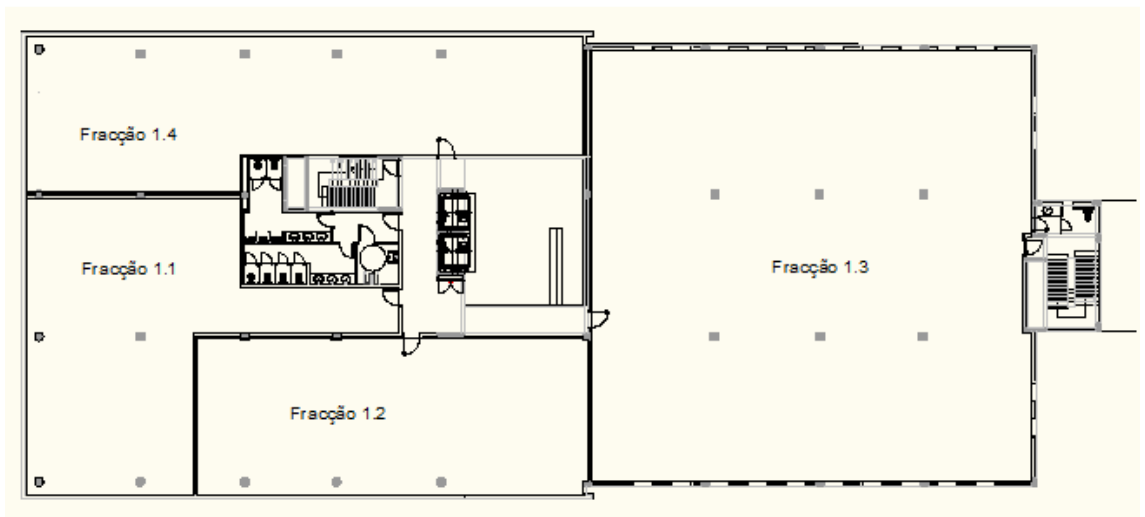


Figura A1.4 – Planta do Piso 1

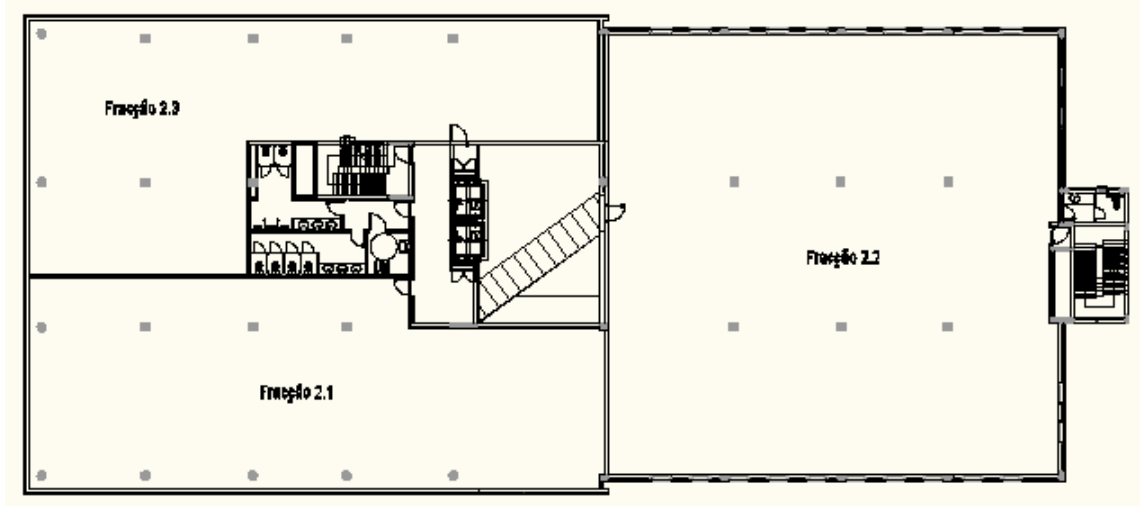


Figura A1.5 – Planta do Piso 2

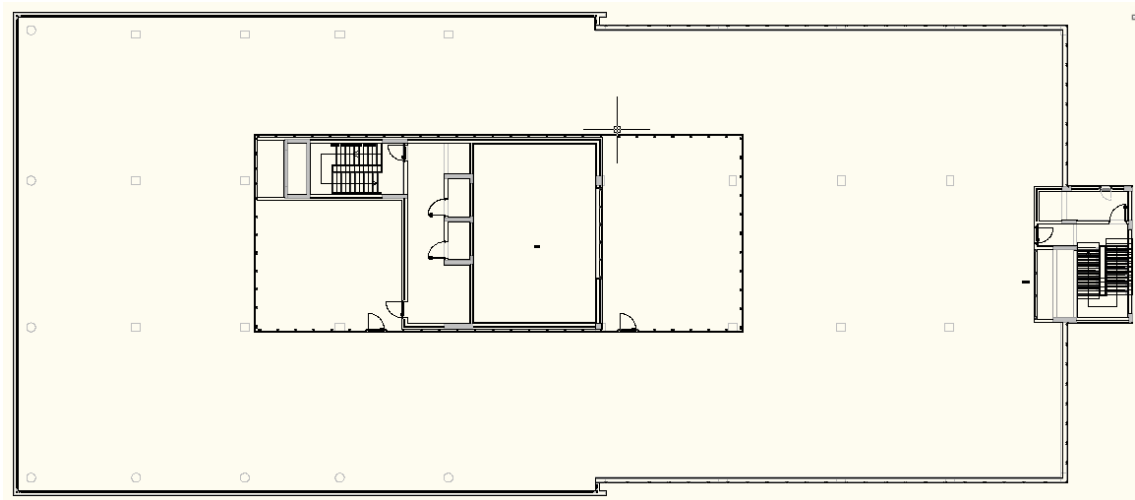


Figura A1.6 – Planta da Cobertura – Piso técnico

Anexo II

Apresentação do Edifício Solar XXI como exemplo NZEB em Portugal

[Exemplo-NZEB-SOLARXXI.pdf](#)

Anexo III

Tecnologias utilizadas nos painéis fotovoltaicos

As tecnologias existentes dos fotovoltaicos utilizam os semicondutores listados na tabela AIII.1:

Tabela AIII.1 – Semicondutores utilizados nos Fotovoltaicos

Semicondutor	Símbolo
Germânio	GE
Silício	Si
CIS – Copper Indium diSelenide	CIS
Arsenieto de Gálio	GaAs
Telureto de Cádmi	CdTe
Silício amorfo	a-Si:H
Sulfureto de Cádmi	CdS

Com a evolução das tecnologias surgem agora novos produtos com melhores desempenhos:

Primeira Geração

Células de Silício cristalino ≈ 90 % do mercado atual

Segunda Geração

Tecnologias de Películas finas sobre substratos rígidos (vidro ou cerâmica). ≈ 10 % do mercado

Terceira Geração

Nanotecnologias para formação de películas finas sobre substratos flexíveis.

Melhor aproveitamento de todo o espectro solar (células multijunção com utilização de concentração)



Figura All.1 – Tecnologias de fotovoltaicos

Como são fabricados:

- Silício Mono cristalino

Forma-se um lingote cilíndrico em torno de uma “semente”, por solidificação de silício puro fundido a 1415°C , em atmosfera inerte.

O lingote é rodado a 30 / 40 voltas por minuto e puxado axialmente a uma velocidade entre 1 micron e mm por segundo.

Forma-se um lingote de cerca de 30cm de diâmetro.

Forma-se um mono cristal.

Método Czochralski (Cz)

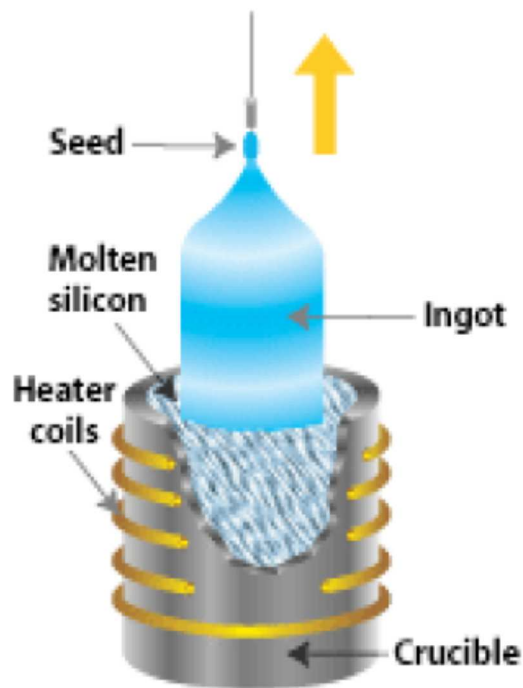


Figura AII.2 – Fabrico do silício mono cristalino

- Silício Poli cristalino

Esta tecnologia é menos eficiente que o mono cristalino mas mais barato de produzir.

Uma possibilidade é o arrefecimento progressivo de silício fundido em moldes dando origem a barras de silício de secção quadrada que permitem após o corte um maior preenchimento da área do módulo (Figura AII.3).

Outro processo é o crescimento em torno de eléctrodos de Silício percorridos por correntes elétricas elevadas, onde o Silício se vai sucessivamente depositando a partir de uma atmosfera de Silano (SiH_4) ou de TricloroSilano (TCS) – Processo Siemens.

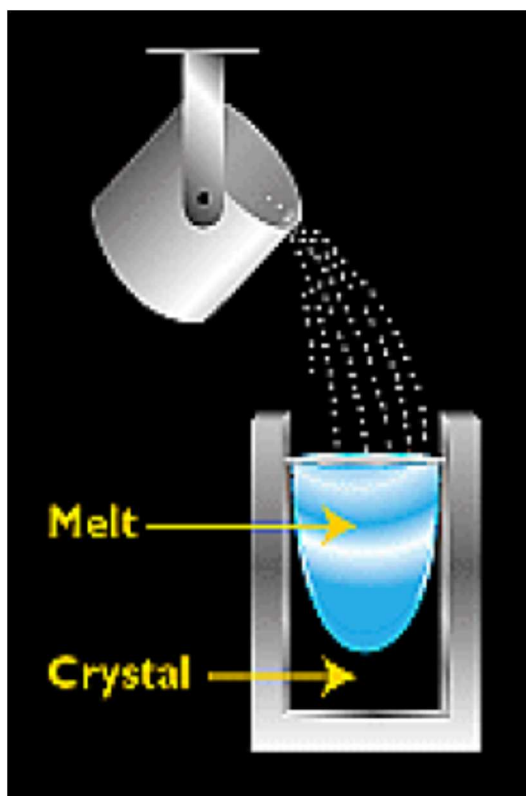


Figura AII.3 – Fabrico do silício poli cristalino

Quer os lingotes, quer as barras, são em seguida cortadas para formar bolachas, tipicamente com uma espessura da ordem dos 180 a 250 micron. O processo de corte leva à perda de material.

Depois de formadas as bolachas de silício puro intrínseco têm que ser dopadas para forma o silício do tipo extrínseco do tipo n (dopado com fosforo – grupo V) ou do tipo extrínseco do tipo p (dopado com boro – grupo III), sendo constituída a junção pn.

A célula fica completa com os contactos metálicos inferior e superior da célula. Estes contactos são obtidos ou por processos de screen printing utilizando alumínio ou molibdénio ou utilizando óxidos condutores transparentes (TCO) à base de Dióxido de Estanho (SnO_2).

A Figura AII.4 ilustra os processos de fabrico descritos anteriormente.

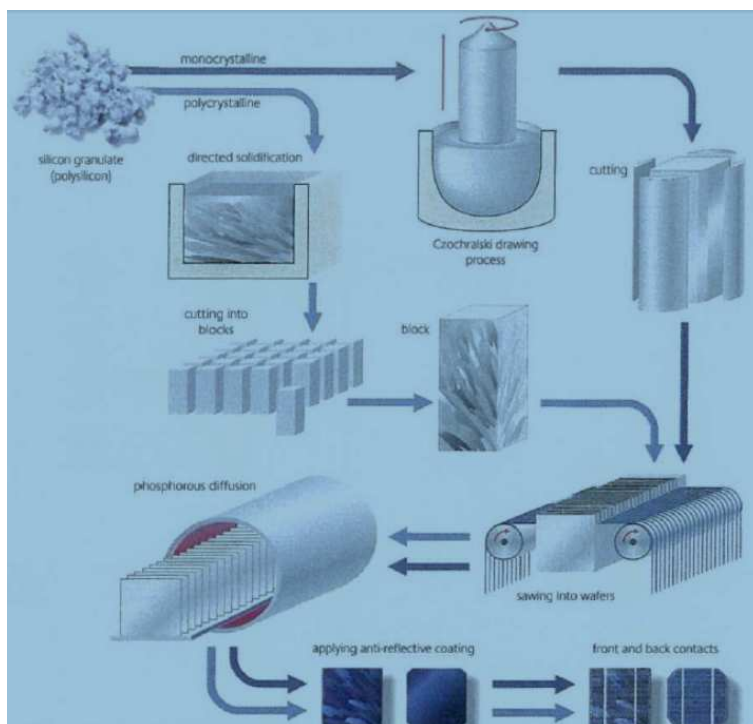


Figura AII.4 – Processo de fabrico do silício mono e poli cristalino

- Silício em fita (Ribbon)

Esta solução permite a formação de monocristais com preço menor e sem perdas significativas no corte das bolachas. O cristal único é desenvolvido em fita, mas tem menor qualidade que o obtido por Cz.

Um dos processos mais divulgados é o EFG “Edge defined Film fed Growth”. Neste processo uma fita de silício com vários metros de comprimento e cerca de 10 cm de largura é formada a partir de silício fundido. O corte é em seguida feito por laser para obter células de cerca de 10 x 10 cm (Figura AII.5).

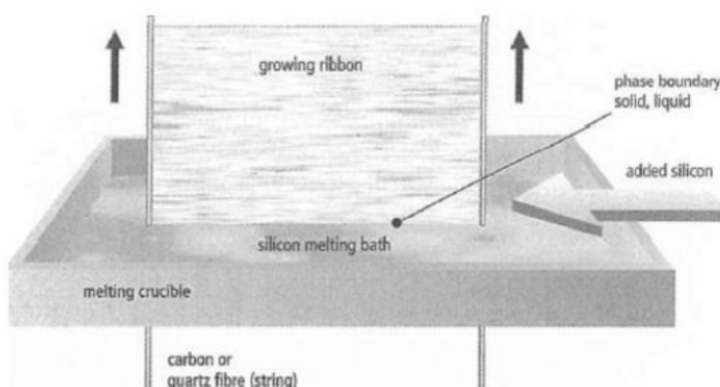


Figura AII.5 – Processo de fabrico do silício em fita

- Silício Amorfo

Produzido em vácuo por tecnologias de deposição de películas finas, em geral *sputtering*. Utiliza-se como material base o gás Silano SiH₄.

Tem o problema da instabilização do material que provoca diminuição da eficiência quando é inicialmente exposto à radiação solar (Figura AII.6).

Tem eficiências baixas que se degradam com a idade.



Figura AII.6 – Exemplo de painel fino de silício amorfo

- Películas Finas CIS – Copper Indium diSelenide (CuInSe₂)

Este tipo de películas está já em comercialização e pode atingir eficiências da ordem dos 17%.

É um material promissor mas que ainda tem problemas específicos de produção.

Uma evolução recente é o CIGS (Copper Indium Gallium diSelenide)

Não se degradam como as de Silício Amorfo. Têm que ser bem seladas devido à degradação da camada de óxido de zinco com a humidade. São as células de películas finas com maiores rendimentos (9 a 11%).



Figura AII.7 – Exemplo de painel CIS

- Películas Finas: Telureto de Cádmiio (CdTe)

São células de películas finas obtidas ou por deposição em vácuo ou por *sputtering* e têm baixo custo de produção.

As eficiências em Laboratório atingem valores de 16% mas em comercialização os valores ainda são da ordem dos 8%.

A utilização desta tecnologia tem levantado o problema de se utilizarem produtos altamente contaminantes e venenosos por causa a utilização do cadmio (Figura AII.7).

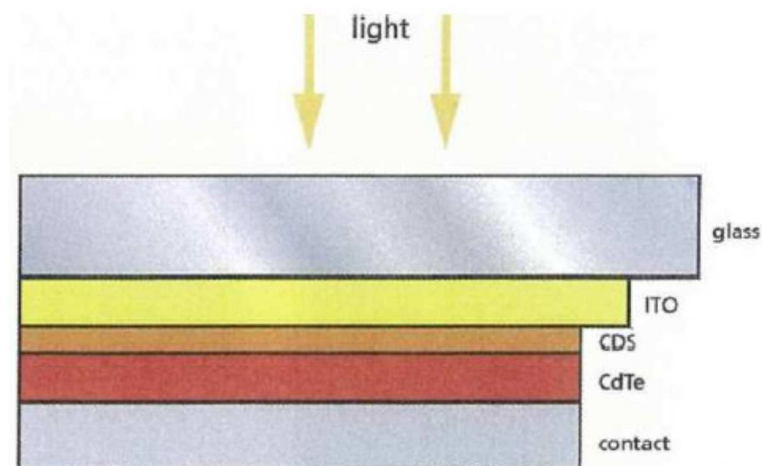


Figura AII.7 – Estrutura de uma célula de filme de CdTe

- Películas Finas: Arsenieto de gálio (GaAs)

O Arsenieto de Gálio é usado para a produção de células fotovoltaicas de alta eficiência, normalmente usadas em sistemas com concentração e em aplicações espaciais. A sua eficiência pode atingir valores da ordem dos 30 %, mas o seu custo é elevado.

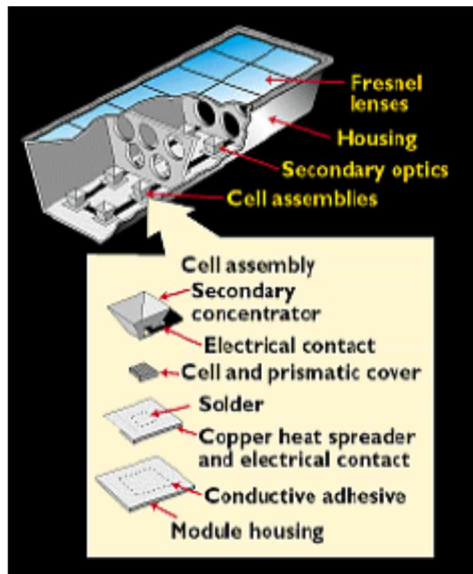


Figura AII.8 – Estrutura de uma película fina GaAs

Anexo IV

Simulações realizadas para instalação dos Painéis fotovoltaicos

Na Fachada do Edifício:

[Simulacao-FV-FachadaEdif-NZEB-Suntech-Sudeste.pdf](#)

[Simulacao-FV-FachadaEdif-NZEB-Suntech-Sudoeste.pdf](#)

[Simulacao-FV-FachadaEdif-NZEB-Suntech-Noroeste.pdf](#)

No Estacionamento:

[Simulacao-FV-Estacionamento-NZEB-Suntech-Sul.pdf](#)