



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil



Reabilitação de Edifícios com Novas Tendências NZEB – Caso De Estudo – Edifício de Serviços em Setúbal

RICARDO ALEXANDRE FILIPE DUARTE
(Licenciado em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre Em Engenharia
Civil

Orientadores:

Doutor Pedro Miguel Matos Soares
Especialista João António Antunes Hormigo

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:

Doutora Maria Dulce e Silva Franco Henriques
Especialista João António Antunes Hormigo

Novembro de 2014

RESUMO

A presente dissertação destinada à obtenção de grau de Mestre enquadra-se na recente temática *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), consistindo no estudo de um edifício de serviços, sediado na cidade de Setúbal, com o objetivo de tentar a sua convergência para o conceito NZEB. Avaliou-se o edifício e foram propostas medidas de melhoria do conforto térmico bem como a redução dos consumos energéticos.

Inicialmente realizou-se a caracterização atual do edifício de modo a recolher toda a informação necessária para modelação em três dimensões (3D) recorrendo ao *software Google Sketchup*, sendo posteriormente efetuada uma primeira análise energética do seu estado atual, com recurso ao *software EnergyPlus*.

Numa segunda fase foram avaliadas estratégias destinadas ao melhoramento da eficiência energética do edifício e mais uma vez recorrendo-se ao acoplamento do *software Google Sketchup* com o modelo *EnergyPlus*, procedeu-se à simulação individual de cada medida proposta e numa segunda fase, a simulação com as medidas em simultâneo, de modo a comparar os consumos energético face à situação atual do edifício. Com base nos resultados obtidos, verificou-se o consumo energético bem como a poupança anual resultante da implementação de cada medida. Foi avaliada a viabilidade prática de execução de cada uma das medidas de melhoria do comportamento energético do edifício, com base na análise custo-benefício.

Palavras-chave:

NZEB; Eficiência energética; *Google Sketchup*; *EnergyPlus*; Painéis Solares; LED.

ABSTRACT

The present dissertation aimed to obtaining a master degree in Civil Engineering fits in recent Nearly Zero Energy Building (NZEB) concept, consisting of the study of a service building located in the city of Setúbal in order to try its convergence to the NZEB concept. The building was evaluated and measures to improve the thermal comfort as well to reduce the energy consumption were proposed.

The current characterization of the building was initially held in order to collect all the necessary information for modeling production in three dimensions (3D) using the Google Sketchup software; on a first phase an energetic analysis of the current state of the building was performed using the Energy Plus software.

Strategies aimed at improving energy efficiency of the building were evaluated on a second phase and each individual measure was evaluated using the Energy Plus software. A final simulation with all the improvement measures was developed in order to compare the expected energy consumption with the current situation of the building.

Based on the results the energy consumption as well as the annual savings resulting from the implementation of each measure were compared. The practical viability of each implementation measure in order to improve the energy performance of the building based on a cost-benefit analysis was assessed.

Key Words:

NZEB; Energy Efficiency; Google Sketchup; EnergyPlus; Solar Panels; LED

AGRADECIMENTOS

A apresentação desta dissertação é realizada no âmbito do programa de mestrados do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL). Teve a orientação do Doutor Pedro Miguel Matos Soares, investigador auxiliar no Instituto Dom Luiz da Universidade de Lisboa e professor convidado do ISEL, e do Especialista João António Antunes Hormigo, diretor responsável pela gestão de instalações dos edifícios do grupo EDP e professor convidado do ISEL.

Para a elaboração da presente dissertação, tive o privilégio de contar com o apoio de diversas pessoas, as quais gostaria de salientar pelos seus contributos prestados:

- Em primeiro lugar quero agradecer ao Doutor Pedro Miguel Matos Soares e ao Eng.º João António Antunes Hormigo pela orientação, disponibilidade, conselhos e conhecimentos demonstrados no desenvolvimento desta dissertação;
- Ao Eng.º António Soares e Eng.º Nuno Mateus pela disponibilidade, conselhos e conhecimentos do *software* utilizado;
- Aos meus amigos e colegas que me acompanharam ao longo destes 5 anos, um muito obrigado pelo apoio, incentivo e pelos bons momentos de convívio e amizade;
- À família que esteve sempre presente e apoiou desde o início do meu percurso universitário;
- Por ultimo mas não menos importante, à minha namorada Ana Carina Dias pelo seu carinho, incentivo, motivação e apoio ao longo destes anos.

A todos, um muito obrigado.

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	5
1.3. Estrutura da dissertação	6
2. Near Zero Energy Building (NZEB).....	7
2.1. Definição	7
2.2. Legislação	8
2.2.1. Legislação Europeia	8
2.2.2. Legislação Nacional.....	12
2.3. Edifícios NZEB – Exemplos	16
2.3.1. Green Lighthouse	16
2.3.2. Green Office Meudon	21
3. Caso de Estudo – Edifício de Serviços.....	27
3.1. Caracterização do edifício.....	27
3.2. Análise climática da região do edifício	44
3.3. Análise energética do edifício	47
4. Comportamento Energético do Edifício	49
4.1. Google Sketchup/EnergyPlus	49
4.2. Simulação energética do edifício no estado atual	52
5. Proposta de melhoria do comportamento energético.....	61
5.1. Medidas Propostas.....	61
5.1.1. Medida 1 – Instalação de Unidade de Minigeração Solar Fotovoltaica.....	61
5.1.2. Medida 2 – Sistema de Iluminação LED.....	63
5.1.3. Medida 3 – Substituição de envidraçados	64
5.1.4. Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas...	64
5.2. Simulação Energética	66

5.2.1. Simulação Energética da Medida 1 – Unidade de Minigeração Fotovoltaica.....	66
5.2.2. Simulação Energética da Medida 2 – Sistema de Iluminação LED	69
5.2.3. Simulação Energética da Medida 3 – Sistema de novos vãos envidraçados.....	72
5.2.4. Simulação Energética da Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas.....	75
5.2.5. Simulação Energética do conjunto de todas as medidas	78
5.3. Viabilidade económica	82
5.3.1. Viabilidade Económica da Medida 1 – Unidade de Minigeração Fotovoltaica.....	82
5.3.2. Viabilidade Económica da Medida 2 – Sistema de Iluminação LED	84
5.3.3. Viabilidade Económica da Medida 3 – Sistema de novos vãos envidraçados.....	85
5.3.4. Viabilidade Económica da Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas.....	86
5.3.5. Viabilidade Económica de todas as medidas propostas.....	87
6. Conclusões	89
7. Bibliografia.....	93
ANEXO A.....	97
ANEXO B.....	99
ANEXO C.....	103
ANEXO D.....	113
ANEXO E.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Taxa de Dependência energética de Portugal (Fonte: DGEG – Política energética 2014).....	2
Figura 2 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Adaptado de DGEG – Política energética 2014)	3
Figura 3 - Consumo de energia primária final por Sector em Portugal (Fonte: Adaptado de DGEG – Política energética 2014)	4
Figura 4 – Green LightHouse	17
Figura 5 - Planta do piso 0, piso 1 e piso 2 respetivamente do edifício Green LightHouse	17
Figura 6 – Edifício Green Office Meudon	21
Figura 7 – Vista geral do edifício Green Office Meudon	23
Figura 10 - Localização do edifício em Setúbal (Fonte: Google Maps)	27
Figura 11 - Localização das Chillers/Bomba	33
Figura 12 – UTAN´s	34
Figura 13 – Localização de um difusor.....	35
Figura 14 – Localização de um extrator	35
Figura 8 - Identificação do tipo de clima em Portugal (Fonte: IPMA)	45
Figura 9 - Gráfico da temperatura do ar (Fonte: IPMA).....	46
Figura 15 - Consumo real mensal do edifício em kWh.....	47
Figura 16 - Custo real mensal do edifício em Euros.....	47
Figura 17 - Aspeto do programa <i>Google Sketchup</i>	49
Figura 18 - Perspetiva do modelo, alçado Sul e Nascente.....	50
Figura 19 - Perspetiva do modelo, alçado Norte e Poente.....	50
Figura 20 - Aspeto do programa <i>Energy Plus</i>	51
Figura 21 – Gráfico dos consumos de energia mensais do modelo calibrado vs real faturado	56
Figura 22 – Gráfico da repartição da energia pelos principais sectores.....	56
Figura 23 – Gráfico dos custos de energia mensais do modelo calibrado e real faturado	57
Figura 24 – Classe energética do modelo calibrado	59
Figura 25 – Primeira prespetiva da colocação da unidade de minigeração	61
Figura 26 – Segunda prespetiva da colocação da unidade de minigeração	61

Figura 27 - Esquema simplificado da unidade de minigeração	62
Figura 28 – Solução da parede da medida 4.....	65
Figura 29- Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 1 .	67
Figura 30 – Classe energética do edifício com a medida 1	68
Figura 31- Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 2 .	70
Figura 32 – Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 2 nos principais sectores.....	70
Figura 33 – Classe energética do edifício com a medida 2.....	71
Figura 34 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 3	73
Figura 35 - Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 3 nos principais sectores.....	73
Figura 36 – Classe energética do edifício com a medida 3.....	74
Figura 37 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 4	76
Figura 38 - Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 4 nos principais sectores.....	76
Figura 39 – Classe energética do edifício com a medida 4.....	77
Figura 40 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Todas as medidas.....	79
Figura 41 - Gráfico da repartição do consumo de energia de todas as medidas nos principais sectores.....	79
Figura 42 – Classe energética do edifício com todas as medidas implementadas.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo de consumo de energia do edifício Green LightHouse	21
Tabela 2 - Produção e consumo de energia no edifício Green Office Meudon	25
Tabela 4 - Características dos Chillers.....	36
Tabela 5 - Características das UTAN´s.....	36
Tabela 6 - Características dos Ventiladores de fluxo cruzado.....	36
Tabela 7 - Características dos Split´s.....	37
Tabela 8 - Características das bombas de circulação de água.....	37
Tabela 9 - Características do ventilador de extração	37
Tabela 10 - Horário de funcionamento dos equipamentos.....	39
Tabela 11 - Características dos elevadores	41
Tabela 12 - Características dos sistemas informáticos e de telecomunicações	41
Tabela 13 - Características do painel solar	42
Tabela 14 - Características do depósito.....	42
Tabela 15 - Características do termoacumulador.....	42
Tabela 16 - Características dos restantes equipamentos	43
Tabela 17 - Características dos equipamentos de cozinha.....	43
Tabela 18 - Características do ventilador de extração	44
Tabela 19 - Características dos equipamentos do bar	44
Tabela 3 - Temperatura do ar, normais climatológicas (Fonte: IPMA)	46
Tabela 20 – Características de localização do edifício.....	53
Tabela 21 – Características dos elementos construtivos	53
Tabela 22 – Características dos envidraçados.....	53
Tabela 23 – Variação do Consumo de Energia no modelo calibrado.....	55
Tabela 24 – Consumos de energia mensais do modelo calibrado	55
Tabela 25 – Repartição dos consumos de energia do modelo calibrado nos principais sectores.....	56
Tabela 26 - Custos de energia mensais do modelo calibrado e situação real .	57
Tabela 27 – Consumo nominal do modelo calibrado	58
Tabela 28 – Características da unidade de minigeração.....	62
Tabela 29 – Sistema de iluminação – Situação real.....	63
Tabela 30 – Sistema de Iluminação - LED	63
Tabela 31 – Características dos envidraçados da medida 3.....	64

Tabela 32 – Características das paredes exteriores do modelo calibrado	65
Tabela 33 – Características da parede da Medida 4.....	66
Tabela 34 - Variação de Consumo Energético Modelo calibrado vs Medida 1	66
Tabela 35 - Consumo de energia Modelo calibrado e da Medida 1	67
Tabela 36 – Consumo nominal do edifício com a medida 1	68
Tabela 37- Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida 2.....	69
Tabela 38 – Consumo nominal do edifício com a medida 2.....	71
Tabela 39 - Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida3.....	72
Tabela 40 – Consumo nominal do edifício com a medida 3.....	74
Tabela 41 - Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida4.....	75
Tabela 42 – Consumo nominal do edifício com a medida 4.....	77
Tabela 43 - Consumo de Energia Modelo calibrado e de todas as medidas ...	78
Tabela 44 – Consumo nominal do edifício com todas as medidas implementadas.....	80
Tabela 45 - Quadro de resumo dos consumos energéticos.....	81
Tabela 46 – Período de retorno da medida 1	82
Tabela 47 – Produção de Energia da Unidade de Minigeração – Medida 1	83
Tabela 48 – Tarifas da Energia	83
Tabela 49 – Investimento de implementação da medida 2	84
Tabela 50 – Período de Retorno da medida 2.....	84
Tabela 51 – Investimento da medida 3	85
Tabela 52 – Período de retorno da medida 3.....	85
Tabela 53 – Investimento da medida 4	86
Tabela 54 – Período de retorno da medida 4.....	86
Tabela 55 – Investimento total	87
Tabela 56 – Período de retorno de todas as medidas juntas	87
Tabela 57 - Quadro de resumo das medidas implementadas.....	91

LISTA DE ACRÓNIMOS

NZEB – Nearly Zero Energy Bulding

AVAC – Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

EDP – Energias de Portugal

IEE – Índice de Eficiência Energética

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

DGEG – Direção Geral da Energia e Geologia

CO₂ – Dióxido de Carbono

EU – União Europeia

GEE – Gases com Efeito de Estufa

RCLE – Regime de Comércio de Licenças de Emissões

CIEL – Copenhagen Innovation and Entrepreneurship Lab

BMS – Sistema de Gestão de Edifícios

EPC – Contrato de Desempenho Energético

OMM – Organização Meteorológica Mundial

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

LED – Light Emission Diode

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VFC – Ventilador de Duplo Fluxo

SGT – Sistema de Gestão Técnica

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Com a expansão do setor da construção que se tem vindo a observar nos últimos anos na União Europeia, é de esperar que haja um aumento do consumo de energia. A nível de consumo de energia, os edifícios são aqueles que apresentam uma maior contribuição, atingindo um valor na ordem dos 40% a nível Europeu [1] [2]. Com o aumento deste setor na engenharia civil, a exploração dos recursos naturais são cada vez maiores, provocando assim maiores emissões de dióxido de carbono para a atmosfera e consequente aquecimento global. De modo a diminuir tais impactes ambientais, a redução do consumo de energia e utilização de energia proveniente de fontes renováveis neste setor, constitui uma medida importante e indispensável para reduzir a dependência energética [2].

A redução do consumo de energia e o aumento do aproveitamento de energia proveniente de fontes renováveis têm igualmente um importante papel a desempenhar na promoção da segurança do aprovisionamento energético, na promoção dos avanços tecnológicos e na criação de oportunidades de emprego e desenvolvimento regional, especialmente em zonas rurais.

Reunidas as condições de redução de consumo de energia e o consumo da mesma ser proveniente de fontes renováveis, é permitida à União Europeia cumprir o protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e honrar o seu compromisso a longo prazo de manter a subida da temperatura global abaixo dos 2°C. Além deste, a União Europeia definiu três objetivos chave até 2020, sendo eles:

- Reduzir até 2020 as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990, e reduzir em 30% no caso de se alcançar um acordo internacional [Diretiva 2010/31/EU]
- Aumentar em 20% o consumo de energia proveniente de fontes de energia renováveis [Diretiva 2010/31/EU]

- Aumentar a eficiência energética na União Europeia em 20% [Diretiva 2012/27/EU]

Apresentados todos os objetivos, fica ainda vinculado que todos os edifícios novos até à data de 31 de Dezembro de 2020 têm de respeitar tal balanço energético nulo ou quase nulo. Já para os edifícios novos públicos, essa data vem a ser antecipada para 31 de Dezembro de 2018. Os Estados-Membros ainda podem não decidir aplicar tais requisitos NZEB 2018/2020 em determinados casos específicos justificáveis, onde se verifique que a análise de custos-benefícios para todo o ciclo de vida económico de um edifício seja negativa.

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Portugal é um dos países com escassos recursos energéticos endógenos, no que respeita a recursos como o petróleo, o carvão e o gás. Esta escassez faz com que o País seja dependente do exterior (cerca de 79,3% em 2011 - fonte DGEG) de fontes primárias de origem fóssil. Deste modo pode-se observar na figura 1, o decréscimo desta dependência no decorrer dos anos, compensado pelo aumento do consumo de Energias renováveis e Gás natural, à exceção do ano 2005 que obteve-se um valor mais elevado devido à baixa produtividade das centrais hídricas resultado de um ano hidrológico muito seco, e um valor também elevando no ano 2011, devido ao aumento do consumo de carvão na produção de energia elétrica.

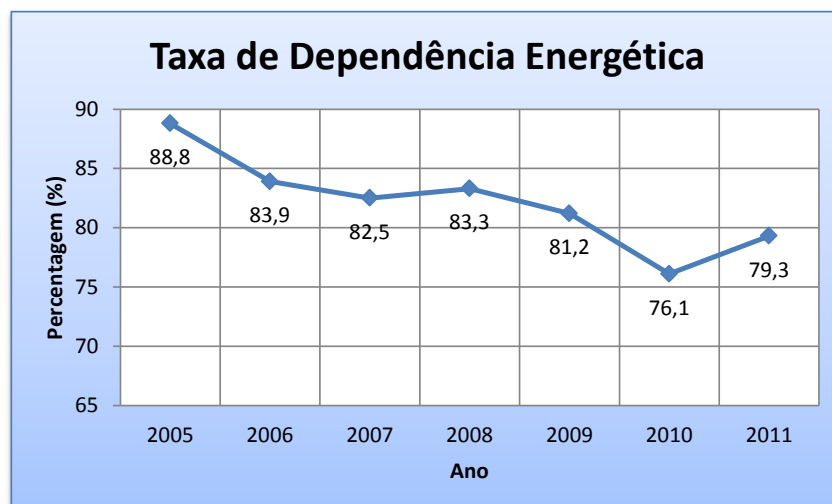


Figura 1 - Taxa de Dependência energética de Portugal (Fonte: DGEG – Política energética 2014)

De modo a perceber a evolução dos consumos de energia primária em Portugal, de seguida é apresentado um gráfico na figura 2 na qual representa os mesmos face aos recursos de origem fóssil. Pode-se observar ainda que o uso proveniente de fontes de energia renovável está em expansão ao decorrer dos anos.

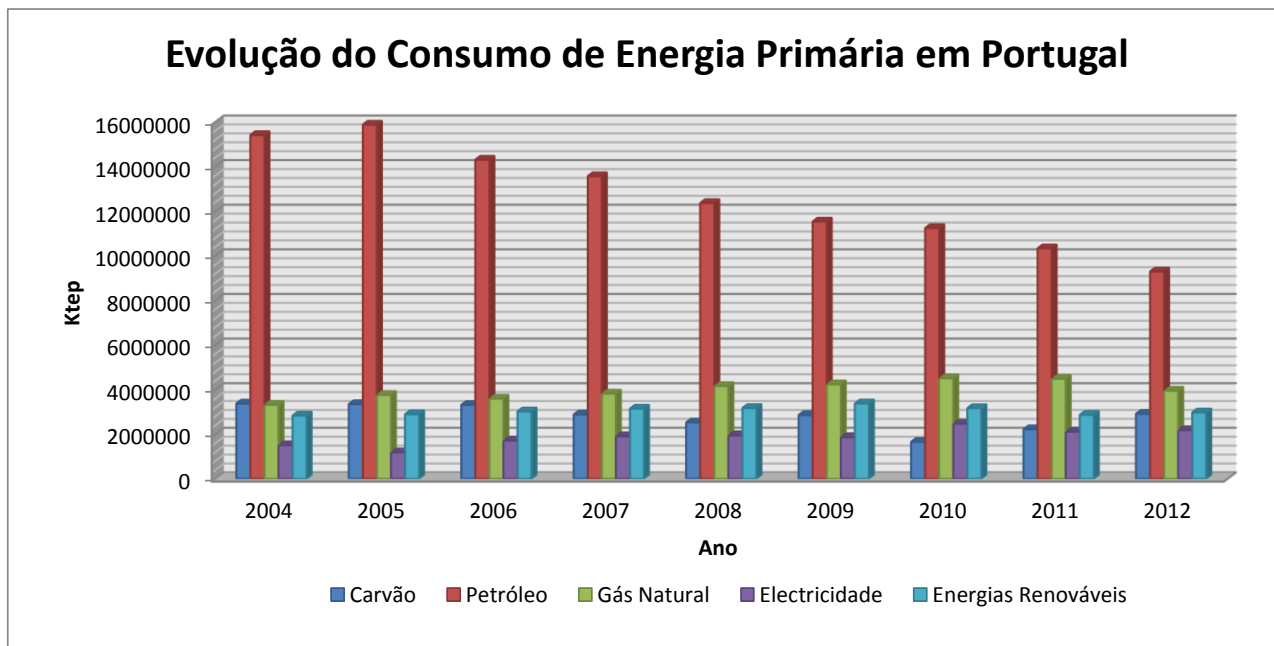


Figura 2 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Adaptado de DGEG – Política energética 2014)

Desta forma, pode-se observar que o sector de serviços apresenta um consumo de energia com uma percentagem cerca de 11,3%, na qual representa uma fatia importante no consumo total de energia, como se pode observar na figura 3. Deste modo é uma mais-valia a redução de consumo por parte dos mesmos, bem como a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e conseqüente melhoria ambiental.

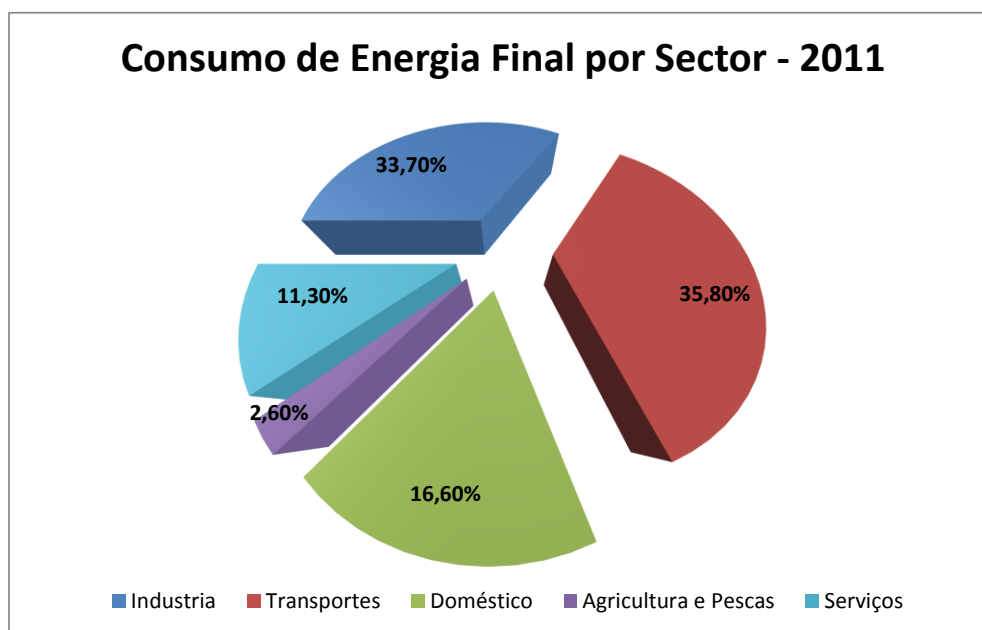


Figura 3 - Consumo de energia primária final por Sector em Portugal (Fonte: Adaptado de DGEG – Política energética 2014)

1.2. Objetivos

O objetivo fundamental da presente tese consiste numa melhoria do conforto térmico bem como na redução dos consumos energéticos de um edifício de serviços, situado na cidade de Setúbal. Inicialmente será realizada uma análise detalhada do estado atual do edifício bem como o consumo de energia do mesmo e posteriormente, serão estudadas medidas de modo a que o seu consumo de energia esteja de acordo com as diretivas anteriormente mencionadas, isto é, pretende-se avaliar se se consegue que o edifício existente possa atingir o nível de NZEB.

Uma primeira caracterização do edifício será naturalmente uma mais-valia para a escolha da solução (ou soluções) mais económica que resultar da aplicação das tecnologias atualmente disponíveis, e que foram simuladas com recurso a software adequado.

1.3. Estrutura da dissertação

A estrutura da presente tese está dividida em sete capítulos, na qual será feita a seguinte abordagem:

No capítulo 1 será feita uma breve introdução ao tema e enquadramento geral.

No capítulo 2 é abordado o conceito NZEB assim como a sua definição e apresentada a legislação onde o mesmo é aplicável, quer a nível internacional como a nível nacional.

No capítulo 3 é apresentado o caso de estudo, tratando-se de um edifício de serviços sediado na cidade de Setúbal, no qual será feita a sua caracterização e a sua análise energética.

O capítulo 4 está destinado ao comportamento energético do edifício, no qual será realizada a modelação do edifício e a simulação do mesmo com auxílio de software apropriado.

No capítulo 5 serão apresentadas medidas para a melhoria do comportamento energético do edifício, onde as mesmas serão devidamente estudadas e posteriormente simuladas.

No capítulo 6 apresenta-se um resumo de todas as medidas de melhoria que foram estudadas bem como o resultado de cada uma delas. Apresenta-se ainda resposta aos objetivos propostos.

O capítulo 7 destina-se somente às referências bibliográficas.

2. NEAR ZERO ENERGY BUILDING (NZEB)

2.1. Definição

O conceito de Near Zero Energy Building (NZEB), Edifício de Balanço Energético Quase Nulo, surge pela primeira vez na legislação portuguesa no ano de 2013 [3], no qual é designado por um edifício em que o balanço energético seja nulo ou quase nulo, isto é, a quantidade de energia consumida pelo edifício tem de ser aproximadamente igual ou inferior à quantidade de energia que o mesmo edifício pode gerar com recurso a fontes renováveis num ciclo anual. No contexto das metas anteriormente referidas, este é um conceito inovador e que constitui um grande desafio, que terá que começar a ser implementado nos dias de hoje.

Denomina-se por Nearly Zero Energy Building (NZEB), ou também como “Edifício com necessidades quase nulas de energia”, um edifício com um desempenho energético muito elevado, onde as necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis.

No que respeita a energia primária, entende-se que seja uma energia proveniente de fontes renováveis ou de fontes não renováveis, que não tenha sofrido qualquer tipo de processo de conversão ou de transformação [4].

A maioria dos edifícios NZEB existentes estando sujeitos a um zonamento menos favorável, isto é, em dias com menos sol, dias nebulados, dias de chuva, entre outros, são ainda produtores de gases contribuindo para o efeito de estufa. Isto acontece pois os mesmos edifícios apresentam soluções de painéis solares fotovoltaicos e devido a tal não geram energia necessária, sendo alimentados em cerca de metade de energia proveniente da rede.

Como já foi referido anteriormente, os edifícios atualmente representam cerca de 40% do consumo de energia de combustíveis fósseis a nível mundial, contribuindo para o aquecimento global [5]. O conceito NZEB é interpretado então como um meio para reduzir as emissões de CO₂ e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Apesar de esta tendência não ser muito comum nos

países desenvolvidos, este tipo de edifícios está a ganhar uma grande importância e uma boa integração a nível mundial.

De uma forma geral, podemos classificar um NZEB como sendo um “edifício que possui um elevado desempenho energético”, permitindo que haja uma vasta gama de abordagens para a produção e poupança de energia, combinado com inúmeras soluções a apresentar de forma a contabilizar a energia produzida e os seus custos bem como as suas emissões de CO₂.

2.2. Legislação

2.2.1. Legislação Europeia

Ao longo dos últimos anos a União Europeia (EU) tem apostado em políticas que visam propulsionar o aumento da eficiência energética no seu parque edificado e na conceção de novos empreendimentos, com o principal objetivo de atenuar a dependência energética da EU e diminuir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

A **13 de Setembro de 1993** foi divulgada a Diretiva 93/76/CEE (SAVE) relativa à limitação das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) para a atmosfera. Segundo esta Diretiva os Estados-Membros deveriam limitar as emissões de CO₂ através do aumento da eficiência energética, nomeadamente com base nos seguintes programas [6]:

- Certificação energética de edifícios;
- Faturação das despesas de aquecimento, ar condicionado e água quente sanitária com base no consumo real;
- Financiamento por terceiros dos investimentos em eficiência energética no setor público;
- Isolamento térmico dos edifícios novos;
- Inspeção periódica das caldeiras;
- Auditorias energéticas nas empresas com elevado consumo de energia.

Em **Março de 2007**, na reunião do Conselho Europeu, foi decretado o objetivo de reduzir o consumo de energia em cerca de 20% até ao ano 2020 através do aumento da eficiência energética com a aplicação do “Plano de Ação para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial” [2]. Este Plano criado em 2006 identifica um potencial de redução do consumo de energia em mais de 20% até ao ano 2020 [9] e delinea políticas e medidas para concretização desse potencial. Destas políticas e medidas, constam 10 ações prioritárias que passam por [9]:

- Estabelecer requisitos dinâmicos de desempenho energético para produtos, serviços e edifícios;
- Melhorar a eficiência do setor transformador da energia e dos transportes;
- Aperfeiçoar os instrumentos de financiamento e incentivos económicos;
- Promover e aumentar a sensibilização para a eficiência energética.

Entre outras medidas, o Plano promove ainda a aplicação e alteração da Diretiva 2002/92/CE [7] para o desempenho energético dos edifícios, propondo [9]:

- Uma maior intervenção do setor público na demonstração de novos métodos e tecnologias;
- Requisitos mínimos de desempenho em grandes obras de renovação;
- Requisito mínimo de desempenho (kWh/m^2) em edifícios novos e restaurados e em alguns componentes, tendo como meta aproximar-se o nível dos edifícios novos do dos edifícios existentes com climatização passiva (não mecânica) a partir de 2015;
- Requisitos vinculativos para a instalação de tecnologias de aquecimento e refrigeração, passivos;
- Medidas para o financiamento, por parte dos Estados-Membros, de investimentos de alta rentabilidade económica.

A **3 de Fevereiro de 2009**, na Resolução do Parlamento Europeu, relativo à Segunda análise Estratégica da Política Energética, são confirmados os objetivos de reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa, reduzir em pelo menos 20% o consumo de energia e aumentar a produção de energia com origem em fontes renováveis em 20%, até ao ano 2020. Além destes objetivos, propõem-se ainda outros para o ano 2050, nomeadamente a redução de 80% das emissões de gases com efeito de estufa, aumentar a eficiência energética em 35% e uma quota-parte de 60% de energias renováveis [10].

A **23 de Abril de 2009** foi divulgada a Diretiva 2009/28/CE relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que fixa objetivos nacionais obrigatórios para a quota global de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia para o ano 2020 [11]. Estes objetivos estão estabelecidos na parte A do Anexo I da Diretiva 2009/28/CE. Segundo o artigo 3º da mesma diretiva, cabe aos Estados-Membros introduzir medidas que assegurem o cumprimento destes objetivos. Para isso, poderão aplicar as seguintes medidas [11]:

- Regimes de apoio;
- Medidas de cooperação entre vários Estados-Membros e com países terceiros para alcançarem os seus objetivos nacionais globais.

A **19 de Maio de 2010** foi publicada a Diretiva 2010/31/EU, sendo esta a diretiva em vigor atualmente para o desempenho energético dos edifícios. É nesta Diretiva em que os requisitos mínimos de desempenho energético são alargados para frações autónomas, elementos construtivos e sistemas técnicos de edifícios. Também são estabelecidos requisitos mínimos de forma a aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia, a incrementar a certificação energética de edifícios e frações autónomas, a promover e aumentar a inspeção regular das instalações de aquecimento e ar condicionado, a promover a instalação de sistemas de controlo, independentes dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção [2].

Os Estados-Membro devem garantir que os requisitos mínimos de desempenho energético são estabelecidos, para que se atinja o nível ótimo de rentabilidade, que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico [2]. Para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético, é estabelecido um quadro metodológico comparativo a utilizar pelos Estados-Membros, estabelecido de acordo com o anexo I e anexo III da Diretiva 2010/31/EU e deve distinguir entre edifícios novos e edifícios existentes e entre diferentes categorias de edifícios [2]. Para o respetivo cálculo, os Estados-Membros devem [12]:

- Tomar como ano de início do cálculo o ano em que este é efetuado;
- Utilizar o período de cálculo, que de acordo com o anexo I é de 30 anos para edifícios residências e públicos, e de 20 anos para edifícios comerciais e não comerciais;
- Utilizar as categorias de custos previstas no anexo I que poderão ser, custos iniciais de investimento, custos de utilização, custos de energia, custos de iluminação e para o cálculo a nível macroeconómico devem-se incluir também os custos das emissões de gases com efeito de estufa;
- Utilizar como valores mínimos vinculativos para a determinação dos custos do carbono os preços previstos do carbono no Regime de Comércio de Licenças de Emissões (RCLE).

De acordo com o regulamento, os Estados-Membros devem ainda complementar o quadro metodológico comparativo através do estabelecimento dos seguintes parâmetros, para efeitos de cálculo [12]:

- Ciclo de vida económico estimado de um edifício e/ou componente de edifício;
- Taxa de desconto;
- Custos relativos aos vetores de energia, aos produtos, aos sistemas, à manutenção, aos custos de exploração e aos custos de mão-de-obra;
- Fatores de energia primária;
- Evolução do preço previsto para todos os vetores de energia, tendo em conta as informações do anexo II.

A **25 de Outubro de 2012** foi divulgada a Diretiva 2012/27/UE para a eficiência energética. Nesta Diretiva pode-se ler que o objetivo de alcançar 20% de eficiência energética em 2020 não se encontra em vias de ser atingido, sendo portanto necessário implementar um aumento da promoção da eficiência energética. Para tal, a Diretiva estabelece um quadro comum capaz de promover a eficiência energética na União e regras destinadas a eliminar os obstáculos do mercado [18]. Posto isto, cabe aos Estados-Membros elaborar estratégias para aumentar a eficiência energética, devendo fixar os objetivos indicativos nacionais de eficiência energética e comunicá-los à Comissão devidamente justificadas. Com o objetivo de aumentar a taxa de renovação dos edifícios existentes com vista à melhoria da eficiência energética na UE, a Diretiva impõe aos Estados-Membros o estabelecimento de uma estratégia a longo prazo para mobilizar investimentos na renovação do parque nacional de edifícios comerciais e residenciais, quer públicos quer privados. Esta estratégia compreende:

- Uma panorâmica do parque imobiliário nacional baseada numa amostragem estatística, se adequado;
- Uma identificação das abordagens rentáveis das renovações relevantes para o tipo de edifício e para a zona climática;
- Políticas e medidas destinadas a incentivar as renovações profundas de edifícios rentáveis, incluindo renovações profundas por etapas;
- Uma perspetiva de futuro destinada a orientar a tomada de decisões em matéria de investimento por particulares, pela indústria da construção e pelas instituições financeiras;
- Uma estimativa das economias de energia esperadas e de outros benefícios possíveis, com base em dados factuais.

2.2.2. Legislação Nacional

O primeiro documento legal em Portugal que impôs requisitos de projeto para novos edifícios e grandes renovações foi o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado a 6 de Fevereiro de 1990 pelo Decreto-Lei nº40/90. Este documento tinha o objetivo de satisfazer

as condições de conforto térmico no interior dos edifícios sem necessidades excessivas de energia, tanto para a estação de Verão como na de Inverno [19].

No ano de 1998 o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) foi aprovado pelo Decreto-Lei 118/98 de 7 de Maio, em que este regulamento pretendia prevenir o sobredimensionamento dos edifícios a nível da potência dos seus sistemas instalados, a fim de melhorar a eficiência energética dos edifícios [20].

A **4 de Abril de 2006** são aprovadas duas reformulações de dois documentos, sendo uma do RCCTE pelo Decreto-Lei nº80/2006 e outra do RSECE pelo Decreto-Lei nº79/2006. O novo RCCTE expandia as suas exigências face ao anterior, definindo objetivos de provisão de taxas de renovação do ar adequadas que seriam obrigatoriamente satisfeitas [RCCTE 80/2006]. A revisão do RSECE apresentava assim os objetivos seguintes [Dec. Lei 79/2006]:

- Definir as condições de conforto térmico e de higiene nas diferentes zonas do edifício, em conciliação com as respetivas funções;
- Melhorar a eficiência energética global dos edifícios em todo o tipo de consumo de energia, tanto nos edifícios existentes como nos edifícios a construir e nos sujeitos a grandes intervenções, promovendo limitações de consumos para padrões aceitáveis;
- Estabelecer regras de eficiência dos sistemas de climatização que permitiam melhorar o seu desempenho energético e garantir meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, desde a fase de projeto ao seu funcionamento, através de uma manutenção apropriada.
- Monitorizar as práticas de manutenção dos sistemas de climatização com regularidade como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

Na mesma data, é aprovado pelo Decreto-Lei 78/2006 o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), tendo como finalidade [Dec. Lei 78/2006]:

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, como caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer a nível de desempenho energético quer a nível de qualidade do ar interior.

A **20 de Agosto de 2013** é aprovado o Decreto-Lei 118/2013, que transpõe a Diretiva 2010/31/EU e é feita uma revisão na legislação nacional, passando a incluir num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). O Decreto-Lei 118/2013 revoga o Decreto-Lei 78/2006 (SCE), o Decreto-Lei 79/2006 (RSECE) e o Decreto-Lei 80/2006 (RCCTE), e é o Decreto-Lei 118/2013 que vai ser tido em conta na presente dissertação para o desempenho energético dos edifícios. Neste mesmo ano são aprovadas as portarias nº349-A, nº349-B, nº349-C, nº349-D e nº353-A.

Atualmente vigoram em Portugal, em matéria de desempenho energético, os seguintes documentos legislativos:

Decreto-Lei 118/2013 – SCE/REH/RECS – é o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios (Habitação e Comércio e Serviços)

Lei 58/2013 – define as habilitações para técnicos do SCE

Portaria 349 A/2013 – define o funcionamento do SCE

Portaria 349 B/2013 – REH – define os requisitos para os edifícios de habitação

Portaria 349 C/2013 – define o licenciamento, procedimentos e folhas de cálculo

Portaria 349 D/2013 – RECS – define os requisitos e metodologias para os edifícios de Comércio e Serviços

Portaria 353 A/2013 – define os requisitos para a ventilação e qualidade do ar interior

Portaria 66/2014 – define os requisitos de acesso e de exercício de atividade de Perito Qualificado

Despacho 15793 D/2013 – define os fatores de conversão entre energia útil e energia primária

Despacho 15793 E/2013 – define as regras de simplificação a utilizar nos edifícios existentes e nos sujeitos a grandes intervenções

Despacho 15793 F/2013 – define os parâmetros de zonamento climático e respetivos dados

Despacho 15793 G/2013 – define os elementos mínimos a incluir nos procedimentos de ensaios e de receção das instalações e elementos mínimos do plano de manutenção

Despacho 15793 G/2013 – define a contabilização do contributo dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável

Despacho 15793 I/2013 – define o método de cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento

Despacho 15793 J/2013 - Especifica as regras de determinação da classe energética

Despacho 15793 K/2013 – define os parâmetros térmicos de cálculo

Despacho 15793 L/2013 – define o apuramento da viabilidade económica no âmbito de um plano de racionalização energética

2.3. Edifícios NZEB – Exemplos

2.3.1. Green Lighthouse

Green Lighthouse é o primeiro edifício público na Dinamarca com uma emissão de dióxido de carbono nula, com um tempo de construção inferior a um ano numa parceria pública/privada. Os parceiros da construção deste edifício foram a Universidade da Copenhaga, a VELUX, a VELFAC, o edifício dinamarquês e a Agência de Propriedade (UBST) e da cidade de Copenhaga. O edifício foi construído por um consórcio constituído por Hellerup Byg, Christensen & Co. Architects e pela COWI A/S, tendo sido inaugurado a 20 de Outubro de 2009. O Green Lighthouse está localizado na Faculdade de Ciências da Universidade de Copenhaga e é destinado aos alunos, onde os mesmos podem obter aconselhamento sobre os seus estudos, exames, entre outras ações de apoio, como se pode observar na figura 4. Este edifício acolhe o *Copenhagen Innovation and Entrepreneurship Lab* (CIEL) [13] [14].

Algumas características do edifício são:

- Proprietário do edifício: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
- Usuário: Universidade de Copenhaga
- Arquitetura: Christensen og Co. Arkitekter A/S
- Engenharia: COWI
- Área: 950 m²
- Ano de construção: 2008-2009
- Preço: 5 milhões de euros



Arquitetura

O Green Lighthouse é um edifício saudável e sustentável, com um pé-direito alto com espaços abertos, amplos e espaçosos. Do ponto de vista arquitetónico o edifício foi inspirado pelo relógio do sol e pelos movimentos do sol em redor do edifício, sendo este a principal fonte de energia do edifício. A sua forma tronco-cilíndrica é a forma mais adequada para um edifício em termos energéticos, em que as medidas de arquitetura, estruturais e técnicas interagem num design holístico garantindo que o edifício tenha baixos requisitos de energia e que grande parte desses requisitos seja compensado pela produção de energia solar.

Figura 4 – Green LightHouse

O edifício que se apresenta na figura 5 é composto por 3 pisos, em que no piso térreo se encontra um balcão de informações, uma sala de reuniões para orientação comum e informação de eventos bem como salas de estudo. No primeiro andar encontram-se os locais de trabalho ou estudo e os escritórios dos gestores. Por último, temos o segundo andar, em que se encontra a sala de estar e o terraço [13] [14].

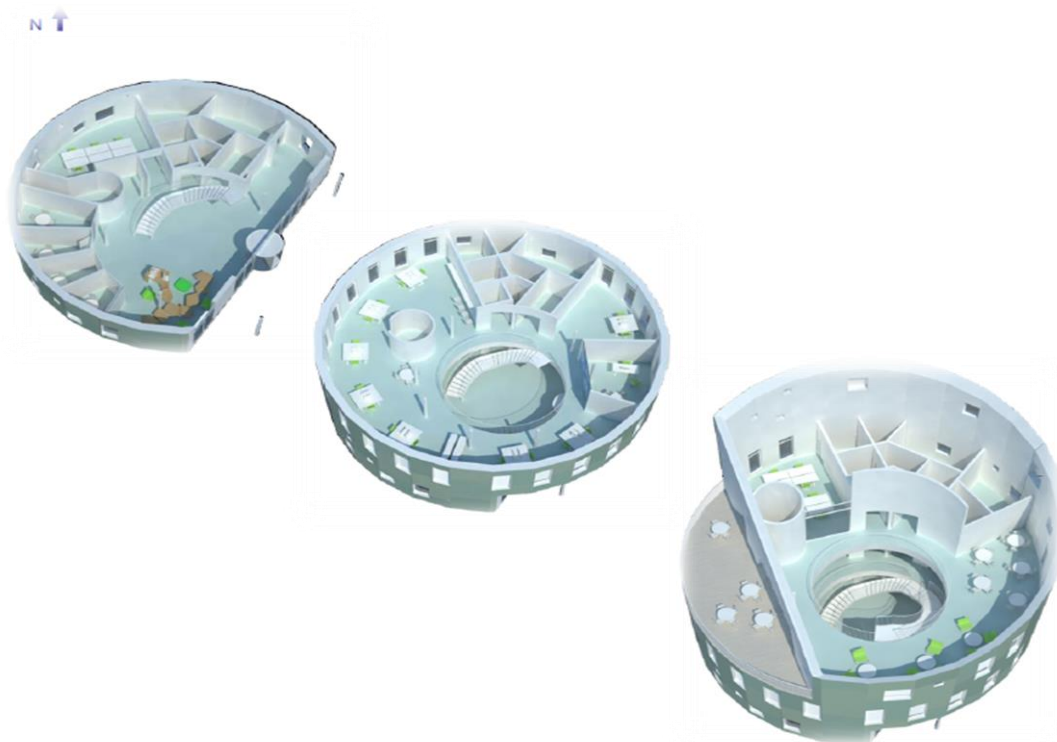


Figura 5 - Planta do piso 0, piso 1 e piso 2 respetivamente do edifício Green LightHouse

Medidas para reduzir o consumo de energia

A cobertura deste edifício é inclinada e a sua superfície é composta por painéis solares fotovoltaicos que recolhem a luz do dia, sendo assim a principal fonte de energia de todo o edifício, como já foi referido anteriormente. O edifício está organizado em torno de um átrio, formando o coração social da casa, com uma luz suave proveniente das clarabóias existentes na cobertura e pelas fachadas através de persianas ajustáveis. Para garantir o arrefecimento no interior do edifício é possível fazer funcionar um sistema de ventilação natural através da admissão de ar fresco pelas fachadas e sendo extraído pelas clarabóias existentes na cobertura que se abrem e fecham automaticamente. Outro método existente é o facto dos pavimentos serem constituídos por um betão termo-activo, absorvendo o calor. Devido às construções sólidas e isolamentos eficazes nas paredes e na cobertura, a necessidade de aquecimento é reduzida, garantindo que o calor é mantido dentro do edifício durante a noite.

Relativamente aos elementos envidraçados, os mesmos são constituídos por vidro térmico, minimizando as perdas de calor e ao mesmo tempo assegurando que o edifício seja aquecido na estação de Inverno.

O sistema de iluminação do edifício é constituído por LED (Light Emission Diode), que se caracteriza por ser um sistema com um período de vida longo e com baixo consumo de energia.

Materiais das fachadas

As fachadas do Green Lighthouse são construídas com material compósito, da marca comercial Swissfiber, que é um material compósito que contém cerca de 30% de vidro e 70% de polímeros, onde o mesmo apresenta melhores qualidades face a cada componente por si só. Estas fachadas são extremamente leves e resistentes, fazendo com que o revestimento total da casa tenha um peso aproximadamente de 6 toneladas.

Condições térmicas no interior

As condições térmicas no interior do edifício é controlado com uma solução de gestão técnica centralizada, da marca *NV AdvanceTM*, do fabricante *WindowMaster A/S*. Para o controlo das condições térmicas no interior do edifício foram preconizadas um vasto leque de medidas, sendo elas:

- Abertura e fecho das janelas automatizado;
- Sensores de temperatura, luz, CO₂ e de movimento;
- Estação meteorológica para registar a temperatura exterior, velocidade e direção do vento, sol e chuva;
- Abertura e fecho individual das janelas por interruptor;
- Dois painéis de informação (no piso térreo e no 1º piso).

A solução de gestão técnica centralizada instalada garante que o mínimo de energia seja usado em todo o edifício em qualquer momento, tendo como base leituras contínuas de temperatura ambiente, dos níveis de CO₂, da luminância e os dados da estação meteorológica. Com base nestes dados, este sistema controla as diversas instalações do edifício, garantindo a ventilação do mesmo na maior parte do ano pelas janelas automatizadas, a mudança de ventilação mecânica com recuperação de calor nos dias frios, o controle da tela exterior para necessidades de luz e garante que a iluminação se ligue somente quando não houver luz natural suficiente e apenas em salas ocupadas.

Nos dois painéis informativos no edifício, pode-se observar o consumo de energia do edifício em tempo real bem como a produção da mesma através dos painéis solares, aquecimento solar e armazenamento sazonal.

Produção de Energia

Bomba de calor: Todo o calor gerado no edifício através de aquecimento urbano, painéis solares ou mesmo o armazenamento de calor, atravessa a bomba de calor. Deste modo o calor produzido pela bomba de calor torna-se uma mistura do aquecimento urbano e do calor extraído do ambiente (armazenamento no solo e painéis solares). Cerca de 75% das necessidades

de aquecimento é garantido pela bomba de calor, sendo os restantes 25 % garantidos por meio do aquecimento ambiental.

Painéis solares térmicos: Os 30,8 m² de painéis solares térmicos existentes na cobertura produzem cerca de 4250 kWh (4,5 kWh/m²/ano), que são destinados às necessidades do edifício, como o aquecimento e o abastecimento de água quente. Numa perspetiva a longo prazo, estima-se que a produção adicional de energia proveniente destes painéis seja cerca de 3500 kWh (3,7 kWh/m²/ano) em que a maioria dessa energia pode ser armazenada no subsolo ou usada para arrefecimento solar.

Painéis solares fotovoltaicos: O fabricante dos painéis solares fotovoltaicos garante uma produção mínima da instalação de 7587 kWh de eletricidade, que convertida para energia primária, tem um valor de 18967 kWh (20 kWh/m²/ano).

Viabilidade após 18 meses

Um dos desafios que foi identificado nos últimos meses deste período de análise é que o edifício tem sido alvo de grande utilização, ultrapassando o uso esperado inicialmente. O cálculo feito de acordo com BE06 estipulava que o edifício fosse utilizado durante 2250 horas/ano, mas desde a sua inauguração verificou-se que o uso operacional do mesmo atingiu cerca de 3000 horas/ano, e que nos primeiros seis meses acusou um valor de 1850 horas (correspondendo a uma projeção anual de utilização de 3700 horas).

Além da utilização superior à esperada, houve alguns erros de construção e algumas deficiências, que foram posteriormente corrigidas, em que uma das consequências foi o facto de os utilizadores optarem por uma temperatura ambiente superior que os 20 graus determinados pelo BE06. Outra anomalia que foi detetada durante o período de vida do edifício foi a deteção de deficientes ligações das matrizes das células solares e que um defletor principal no sistema de ventilação estava em falta. Por ultimo, outro fator contribuinte foi a demora no controlo da regulação do aquecimento em todas as salas do edifício. Devido a problemas iniciais de construção e de controlo, bem como a popularidade que o edifício apresenta, resultam num maior consumo de

energia do que previsto, ultrapassando assim a energia consumida em aquecimento e ventilação do edifício em mais do dobro do que foi previsto.

Além do edifício apresentar aspetos menos favoráveis inicialmente, mostra um grande potencial para a melhoria do desempenho energético, podendo observar-se pelo consumo de água quente sanitária, dos equipamentos automatizados, das bombas e do sistema de arrefecimento, em que o mesmo é menor do que o esperado. Outra componente que também apresenta menos consumo é a iluminação devido à elevada quantidade de luz natural no edifício.

Podemos observar na tabela 1 o resumo relativamente aos excessos de consumo de energia nestes últimos 18 meses, bem como a sua razão.

Tabela 1 – Resumo de consumo de energia do edifício Green LightHouse

Categoria	Razão ou desvio dos valores calculados	Excesso de uso de energia (kWh/m²/ano)
Comportamento do utilizador e operação do dia-a-dia	Maior temperatura de conforto do que calculada por BE06; Accionamento manual do sistema de ventilação;	13,7 12,6
Monitorização e controlo	Optimização da ventilação híbrida	1,9
Edifício	Falta de um defletor ventilação; Aumento das trocas de ar das janelas e portas de entrada	4,8

2.3.2. Green Office Meudon

O Green Office Meudon é o primeiro edifício de serviços NZEB a grande escala, localizado no sul de Paris, França. Este edifício foi desenhado por Ion Enescu da empresa de arquitetura Ateliers 115 Architectes, tendo sido vendido à empresa Scor e posteriormente cedido à empresa líder na Europa, Steria, consultora multinacional especializada em “transformação digital” [15].



Figura 6 – Edifício Green Office Meudon

Arquitetura

A arquitetura bioclimática do edifício favorece a ventilação natural bem como a iluminação natural, e devido à orientação dos escritórios a Norte/Sul, aos seus 13,5 metros de largura e à otimização das superfícies envidraçadas, a incidência solar é favorecida. Com as fachadas constituídas principalmente com 40% de envidraçados e os restantes 60% superfície opaca, é assegurado o balanço entre a luz natural e a incidência solar, garantindo o conforto dos ocupantes.

O edifício além de atingir um bom desempenho energético, foca-se no conforto dos seus ocupantes garantindo a ventilação natural, otimização do uso da luz natural, alto desempenho no revestimento acústico, espaços de trabalho abertos e grandes pátios e terraços de madeira. Com a existência das grandes janelas e persianas de carvalho, todos os escritórios permitem a entrada direta da luz do dia, permitindo um conforto aos seus ocupantes e uma agradável vista para o exterior. Este edifício de 7 pisos garante ainda a existência de um terraço ajardinado com 500 m² e dois terraços de madeira com 600 m² onde os seus ocupantes podem usufruir nas suas pausas [16].

Características:

- 1170 m² de restauração, incluindo uma cantina com um terraço ajardinado e salas VIP;
- 770 lugares de estacionamento nos três caves;
- 40 estações de carregamento para veículos elétricos;
- 162 lugares de estacionamento ao ar livre;
- 76 lugares de estacionamento para bicicletas;
- 600 m² de terraço no último piso;
- Pátios ajardinados protegidos acessíveis a partir dos pisos de escritórios;
- Terraços acessíveis do 5º e 6º piso;
- Vestiários e chuveiros no piso térreo.

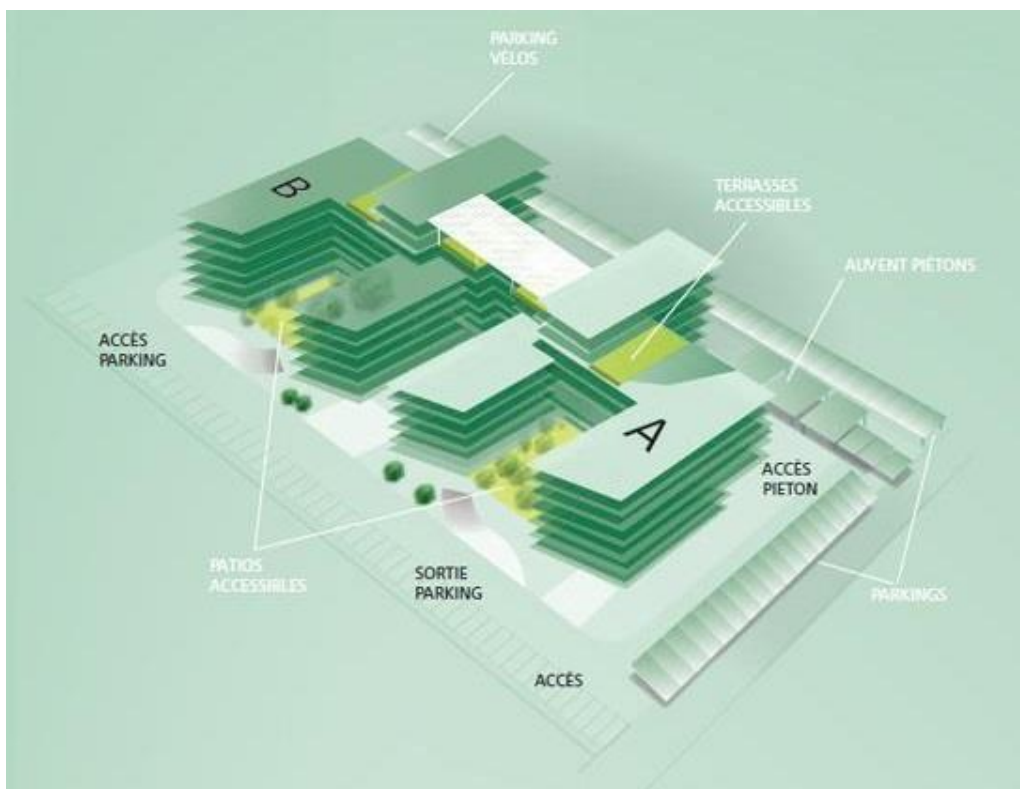


Figura 7 – Vista geral do edifício Green Office Meudon

Redução dos consumos de energia

Como já foi referido anteriormente foram eliminadas as necessidades de uso intensivo de energia do ar condicionado e tira proveito do clima no exterior para otimizar a temperatura no interior do edifício. Ainda assim foi dada a prioridade aos sistemas passivos, incluindo aberturas automatizadas nas fachadas, sem tetos falsos a fim de beneficiar da inércia térmica da estrutura de betão [17].

Sistema de gestão de energia

O edifício gere os seus recursos e os seus consumos de energia em tempo real de acordo com a meteorologia local e a ocupação do edifício. O objetivo é reduzir significativamente o consumo de energia em todas as áreas, tais como:

- Todos os escritórios equipados com lâmpadas de baixo consumo e detetores de presença;
- Iluminação LED com temporizadores e detetores de presença no resto do edifício;
- Persianas automatizadas nas fachadas de acordo com as horas de sol;

- Aquecimento, aberturas automáticas e ventiladores de circulação controlada por sensores de temperatura e de acordo com a meteorologia;
- Gestão da água com sensores nas torneiras dos sanitários.

Sendo assim o edifício gera centenas de parâmetros constantemente e o Sistema de Gestão de Edifícios (BMS) monitoriza as instalações técnicas para assegurar o conforto dos ocupantes. Para além desta monitorização, este sistema informa os funcionários como economizar energia bem como controlar o seu uso todos os dias.

Produção de energia renovável

Para a produção de energias renováveis, o Green Office Meudon tem instalado painéis solares fotovoltaicos com uma área total de 4200 m² repartidos na sua cobertura, nas fachadas, nas persianas e nas coberturas dos parques de estacionamento ao ar livre. A sua produção anual de energia é de 490 000 kWh, ultrapassando o valor inicialmente estimado de 450 000 kWh, sendo a energia vendida na íntegra à rede pública [17].

Outro meio de o edifício produzir energia é recorrendo a uma central de cogeração, constituída por uma unidade de motor/gerador que fornece energia elétrica e calor simultaneamente proveniente de óleo de colza da região de Paris. Esta central é uma solução com menos consumo de energia primária relativamente a um sistema típico de produção de energia elétrica, minimizando as emissões de CO₂ para a atmosfera. Este método cobre na totalidade as necessidades de aquecimento do edifício e cerca de 55% das necessidades de energia [17].

Consumo de energia pelos diversos setores no primeiro ano de operação:

- Aquecimento – 53%
- Equipamento de escritório – 14%
- Iluminação – 13%
- Parques de estacionamento – 7%
- Ventilação – 7%
- Serviços – 3%

- Elevadores – 2
- Arrefecimento – 1%
- Ventilador de circulação – 0%

Outra forma de consumo de energia de forma diferente foi o fato de se incorporar um contrato de desempenho energético (EPC), na qual o Green Office Meudon foi o edifício onde se incorporou o primeiro contrato. Este contrato assinado por uma parceria privada no período de nove anos, promete garantir ao proprietário, Steria, todos os custos de operação e manutenção do edifício bem como os níveis de consumo e produção de energia. Uma ferramenta para auxiliar na gestão do EPC foi a implementação de um sistema informatizado de gestão de energia, da marca comercial SI@GO que analisa a produção de energia do edifício bem como o consumo por parte do mesmo em tempo real, em termos de utilização e localização. Este sistema realiza três tarefas principais [17]:

- Regista os dados de energia do edifício a cada 15 minutos;
- Apresenta os dados de forma clara e compreensiva;
- Produz um relatório mensal para posterior análise se estão a ser cumpridos todos os termos do contrato.

Após o seu primeiro ano de funcionamento, o Green Office Meudon apresentou uma excelente produção de energia, tendo ainda gerado um excedente de energia. De seguida apresenta-se um quadro resumo relativamente ao consumo e produção de energia.

Tabela 2 - Produção e consumo de energia no edifício Green Office Meudon

	Produção de Energia	Consumo de Energia
Previsto	64 kWh/m ² /ano	62 kWh/m ² /ano
Real	76,9 kWh/m ² /ano	70,8 kWh/m ² /ano

3. CASO DE ESTUDO – EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

3.1. Caracterização do edifício

Localização

O edifício em estudo encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Setúbal, na zona climática I1 e V2S, de acordo com o Dec. Lei 118/2013, e está implantado a uma cota de 18,0 metros e a uma distância da costa marítima de 980 metros.

A edificação em análise é um edifício de serviços sito na estrada dos Ciprestes, em Setúbal. É composto por 7 pisos acima do solo e 1 piso abaixo da cota de soleira.

Relativamente à disposição geográfica do edifício, o mesmo encontra-se isolado, não tendo fronteira com qualquer outras edificações. As fachadas do edifício estão orientadas segundo as 4 direções da rosa-dos-ventos, sendo que a fachada principal do edifício está orientada a Sul, como se pode observar na figura 10.



Figura 8 - Localização do edifício em Setúbal (Fonte: Google Maps)

Descrição do Edifício

Como já foi referido anteriormente, trata-se de um edifício de serviços constituído por 7 pisos acima do solo e 1 piso enterrado.

No piso térreo (piso 0) estão localizadas as acessibilidades ao edifício, a presença da receção bem como um posto médico. Nos pisos superiores (Piso 1 a piso 5) encontram-se os escritórios destinados maioritariamente a serviços administrativos e caracterizados por “*openspace*”, bem como gabinetes coletivos e individuais, salas de reunião e salas de formação. Dispõe-se ainda de um bar com serviços de refeições para uso exclusivo dos funcionários da EDP e um pequeno refeitório usado essencialmente pelos funcionários do piquete. Por fim, no último piso (piso 6) encontram-se os balneários e a casa das máquinas.

Na cave (piso -1), está destinado ao estacionamento, armazéns e salas técnicas (sala do quadro geral de baixa tensão e bombagem da rede de incêndio).

Além desta caracterização por piso, salientar ainda que nos terraços existentes nos pisos 2 e 6 encontram-se as áreas técnicas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC).

Relativamente à tipologia deste edifício, de acordo com o regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE), o mesmo é considerado como um grande edifício de serviços, implementando escritórios e estabelecimentos de saúde, com áreas de 3299,16 m² e 214,43 m² respetivamente, com espaços complementares de estacionamento (313,31 m²), armazém (152,28 m²) e cozinha (62,12 m²). Além destes espaços, foram ainda considerados espaços não úteis como os armazéns (arquivos localizados no piso 0 e na garagem).

Regime de Funcionamento

O edifício em estudo é um grande edifício de serviços e o seu funcionamento rege-se pelo seguinte horário:

Escritórios: Segunda a Sexta, das 08:00 – 19:00, com piquete até as 24:00.

Bar: Segunda a Sexta, das 08:00 – 11:00 / 12:30 – 14:30 / 16:00 – 17:00.

Posto médico: Segunda a Sexta, das 09:00 – 12:45 / 14:00 – 17:30, com exceção da 2^afeira que encerra as 18:00.

Caracterização da envolvente exterior e interior opaca

Na caracterização da envolvente exterior e interior foram tomadas simplificações propostas pela nota técnica NT-SCE-01 e pelo ITE 50, pelo facto de não existir elementos relativos às soluções construtivas do edifício. Estas simplificações estão em concordância com as que foram utilizadas nas auditorias energéticas. As soluções construtivas são as seguintes:

PExt 1 – Parede exterior com constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco pelo interior e pelo exterior (posterior a 1960), com uma espessura total superior a 0,35 m. Coeficiente de transmissão térmica de $0,96 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01).

PExt 2 – Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco pelo interior e pelo exterior (posterior a 1960), com uma espessura total de 0,30 m. Coeficiente de transmissão térmica de $1,10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01).

Plnt 1 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (garagem) com uma espessura total de 0,30 m de constituição desconhecida, revestida interiormente por reboco. Coeficiente de transmissão térmica de $1,00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01).

Plnt 2 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (armazéns), com uma espessura de 0,15 m. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2 cm. Coeficiente de transmissão térmica de $1,78 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com ITE50).

Cob. Ext. – Cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 0,30 m e teto falso. Coeficiente de transmissão térmica de $1,84 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01 incluindo a contribuição da caixa-de-ar).

Pav. Int. – Pavimento interior pesada sobre espaço não aquecido, de espessura desconhecida. Coeficiente de transmissão térmica de $2,21 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01).

Pav. Ext. – Pavimento sobre o exterior pesado, de espessura desconhecida. Coeficiente de transmissão térmica de $3,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (de acordo com NT-SCE-01).

Caraterização dos envidraçados:

E1 – Envidraçado de vão simples introduzido na fachada a Norte com uma caixilharia metálica fixa, composto por vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção e sem classificação de permeabilidade ao ar. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $3,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,55.

E2 – Envidraçado de vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção e sem classificação de permeabilidade ao ar. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $3,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,55.

E3 – Envidraçado de vão simples introduzido na fachada Norte com uma caixilharia metálica giratória, constituído por vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção e sem classificação de permeabilidade ao ar. Possui um coeficiente de transmissão térmica de $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,55.

E4 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção e sem classificação de permeabilidade ao ar. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,55.

E5 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $3,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,34.

E6 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Sul com caixilharia metálica fixa, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $3,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,34.

E7 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,34.

E8 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,34.

E9 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $3,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,29.

E10 - Envidraçado de vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica giratória, constituído com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem classificação de permeabilidade ao ar, com proteção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $4,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com um fator solar de 0,29.

E11 – Claraboia inserida na cobertura da sala de espera do posto médico, com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, constituído com vidro duplo incolor + incolor não especificado e sem proteção. Possui um coeficiente de transmissão térmica (U) de $39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e com fator solar de 0,75.

Caraterização dos sistemas de climatização existentes

O sistema de climatização existente é centralizado, existindo unidades de climatização individuais pontuais em locais específicos. Todo este sistema é composto por 3 chillers/bomba de calor, que climatizam a maioria do edifício através de 93 ventiloconvetores verticais e de conduta, a 4 tubos, e de 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's). Apresenta-se na figura 12 a representação de uma UTAN.

Os equipamentos Chillers/Bomba de calor estão colocados na cobertura do edifício e cada unidade apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais em todos os casos. A regulação da temperatura da água refrigerada é de 7°C/12°C. Na figura 4 é apresentado o equipamento instalado na cobertura.



Figura 9 - Localização das Chillers/Bomba

A inserção de ar novo no edifício é assegurada pelas unidades de tratamento de ar (UTAN's) e pelos ventiladores de duplo fluxo VFC, sendo que estas unidades estão instaladas nas coberturas do edifício, nomeadamente do piso 2 e piso 6, à exceção do VFC 01 que está instalado no teto falso do hall dos elevadores do piso 4.



Figura 10 – UTAN's

As UTAN's R.01 e R.05, no sentido de insuflação de ar, são constituídas pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar; pré-filtro de ar plano de classe G3; recuperador de calor do tipo Roda Térmica; filtro de sacos de classe F7; bateria de água fria; bateria de água quente; ventilador de insuflação; atenuador de som e filtro de sacos. Já no sentido da extração de ar, é constituída por: filtro de ar plano de classe G3; atenuador de som; ventilador de extração; roda térmica e secção de extração. Ambos os ventiladores de extração e insuflação têm um motor de transmissão por correias, os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos mesmos.

A UTAN 03 tem o objetivo de fazer apenas a insuflação de ar novo e é constituído pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar; pré-filtro de ar plano de classe G3; bateria de água fria; bateria de água quente; ventilador de insuflação com transmissão por correia; atenuador de som e filtro de ar de sacos.

Relativamente aos ventiladores, são de duplo fluxo cruzado com recuperação de calor e têm estrutura e painéis de aço zincado equipados com um permutador de placas de alumínio em calha e um filtro G4.

Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no teto falso de cada piso, tal como para as grelhas de extração de ar, conforme indicados nas figuras 13 e 14.



Figura 11 – Localização de um difusor



Figura 12 – Localização de um extrator

No caso das bombas de distribuição de água fria e água quente, são do tipo “in-line” equipadas com motor elétrico de rotor seco com variador de frequência. O desacoplamento hidráulico é feito por coletores.

Nas tabelas 4 a 9 são apresentadas as características dos vários equipamentos de climatização existentes no edifício e os pisos/locais.

Tabela 3 - Características dos Chillers

CARACTERÍSTICAS DO CHILLERS	
Quantidade (un)	3
Localização	Cobertura
Marca	Carrier
Modelo	30RH-120-B0488-PEE
Capacidade de arrefecimento (kW)	106
Potência elétrica absorvida (kW)	43,1
EER	2,46
Capacidade de aquecimento (kW)	116
Potência elétrica absorvida (kW)	44,1
COP	2,63
Tipo de refrigerante	R407C

Tabela 4 - Características das UTAN's

CARACTERÍSTICAS DAS UTAN's			
	UTAN R.01	UTAN R.05	UTAN 03
Localização	Cobertura (Piso 2)	Cobertura (Piso 6)	Cobertura (Piso 6)
Piso que serve	Piso 0/1/2	Piso 3/4/5	Piso 5
Marca	Flaktwoods	Flaktwoods	Flaktwoods
Tipo	EUBA-30-240-1-1-1-1-0	EUBA-21-210-1-1-1-1-0	EUBA-21-220-1-1-1-1-0
Caudal de ar insuflado (m ³ /h)	9515	5795	4850
Pressão estática disponível (Pa)	250	250	170
Caudal de ar extraído (m ³ /h)	8420	5090	-
Pressão estática disponível (Pa)	250	250	-
Capacidade de aquecimento (kW)	21,2	12,4	31,6
Capacidade de arrefecimento (kW)	12,5	22,2	14,9
Potência do motor Insuflação (kW)	5,5	3	2,2
Potência do motor Extração (kW)	4	2,2	-
Tipo de recuperador de calor	Roda térmica	Roda térmica	-

Tabela 5 - Características dos Ventiladores de fluxo cruzado

CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES FLUXO CRUZADO		
	VFC 01	VFC 02
Localização	Teto falso Piso 4	Cobertura (Piso 2)
Local que serve	Sala de reuniões 4.1	Piso 0 - Posto médico
Marca	France air	France air
Modelo	Volcane II XA 800	Volcane II XTA 4000
Tipo de recuperador de calo	Fluxos cruzados	Fluxos cruzados
Caudal de ar insuflado (m ³ /h)	750	2880
Caudal de ar extraído (m ³ /h)	750	2880
Potência do motor (kW)	0,4	0,8

Tabela 6 - Características dos Split's

	Split	Split	Split	Split
Marca	Sanyo	Samsung	Daikin	General Electric
Quantidade	1	1	1	1
Modelo Unidade interior	SAP-F92GH5(W)	AQ12A1VE	FTYN25DAY3B	AG-18C17AW
Modelo Unidade Exterior	SAP-C92GH5	n.d.	RYN25DAY3B	n.d.
Localização unidade interior	Sala GTS	C.M. Elevadores	Sala Servidores	Sala Servidores
Localização unidade exterior	Cobertura	Cobertura	Piso 0	Piso 0
Capacidade de arrefecimento (kW)	2,65	3,4	2,5	0,27
Potência elétrica absorvida (kW)	0,99	1,26	0,61	2,2
EER	2,68	2,7	3,25	2,4
Capacidade de aquecimento (kW)	3,3	3,7	2,85	-
Potência elétrica absorvida (kW)	1	1,29	0,78	-
COP	3,3	2,87	3,65	-
Tipo de refrigerante	R22	n.d.	R410-A	n.d.

Tabela 7 - Características das bombas de circulação de água

CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS CIRCULAÇÃO DE ÁGUA		
	Água Fria	Água Quente
Quantidade (un)	2	1
Marca	Lowara	Lowara
Modelo	FCE50-160/22A	FCE50-160/22A
Localização	Cobertura	Cobertura
Potência máxima (kW)	2,2	2,2
Velocidade correspondente (rpm)	2850	2850

Tabela 8 - Características do ventilador de extração

CARACTERÍSTICA DO VENTILADOR DE EXTRAÇÃO	
Tipo	VE02
Quantidade	1
Local	Cobertura
Marca	France air
Velocidade rotação (rpm)	799-1080
Potência ventilador (kW)	1,1

Para garantir o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, do sistema de climatização centralizado, existe um sistema de gestão técnica (SGT) em que é feito o seguinte controlo:

- Valores de temperatura da água nos circuitos de água fria e água quente à entrada e saída dos coletores de água fria/quente;
- Estado de funcionamento dos chillers e das bombas de circuito secundário;
- Contadores de entalpia nos chillers e nas UTAN's, que indicam o caudal dos vários circuitos de água, temperatura de ida e retorno dos mesmos e energia consumida;
- Set point de temperatura da água de ida e de retorno aos chillers nas estações do ano de Inverno e Verão;
- Horário de funcionamento das UTAN's, dos VFC's, dos ventiloconvetores e dos ventiladores de extração;
- Valor da temperatura ambiente exterior, da temperatura de ar insuflado e de ar extraído por cada UTAN;
- Set Point de temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
- Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias das unidades de tratamento de ar;
- Visualização do estado de funcionamento dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, dos ventiladores de fluxo cruzado e dos ventiladores de extração;
- Visualização da localização dos principais equipamentos de climatização e dos quadros elétricos de AVAC, em cada piso.

No sistema de gestão técnica é ainda possível visualizar mensagens de erros com indicação das anomalias ocorridas.

De seguida é apresentado na tabela 10 os horários de funcionamento definidos no SGT.

Tabela 9 - Horário de funcionamento dos equipamentos

HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO				
Piso a Climatizar	Equipamento	Ligado	Desligado	Dias
0	VC Circuito 1	7h	20h	Seg.-Sex.
0	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
0	VC Circuito 3	7h	20h	Seg.-Sex.
0	VC Circuito 4	7h	20h	Seg.-Sex.
0	VC Circuito 5	7h	20h	Seg.-Sex.
1	VC Circuito 1	7h	20h	Seg.-Sex.
1	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
1	VC Circuito 3	7h	20h	Seg.-Sex.
2	VC Circuito 1	7h	20h	Seg.-Sex.
2	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
3	VC Circuito 1	5h	20h	Seg.-Sex.
3	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
3	VC Circuito 3	7h	20h	Seg.-Sex.
4	VC Circuito 1	7h	20h	Seg.-Sex.
4	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
5	VC Circuito 1	7h	20h	Seg.-Sex.
5	VC Circuito 2	7h	20h	Seg.-Sex.
0,1,2	UTAN R.01	7h10	20h	Seg.-Dom.
5	UTAN 03	8h10	20h	Seg.-Sex.
3,4,5	UTAN R.05	6h10	20h	Seg.-Sex.
Inst. Sanit.	VE 01	8h05	20h	Seg.-Sex.
5	VE 02	8h05	20h	Seg.-Sex.
4	VFC 01	8h06	20h	Seg.-Sex.
0	VFC 02	8h07	20h	Seg.-Sex.

Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação existente no edifício é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 com balastro eletrónico, à exceção do posto médico e de todas as instalações sanitárias em que são constituídas por lâmpadas fluorescentes compactas. Já a iluminação exterior é composta por lâmpadas vapor de sódio e fluorescentes compactas.

O horário de funcionamento da iluminação corresponde ao período em que se verifica atividade nos escritórios, incluindo os serviços de limpeza, na qual corresponde a um período compreendido entre as 7h30 e as 19h30 nos dias da semana. Na clinica, este horário de funcionamento começa as 8h00 e termina às 20h00 de segunda a sexta.

Equipamentos

No setor de equipamentos, para além dos que foram já mencionados no setor de climatização, existem ainda outros que podem ser agrupados nos seguintes grupos:

- Movimentação de pessoas e cargas
- Sistemas informáticos e de telecomunicações
- Produção de água quente sanitária
- Restantes equipamentos

Movimentação de pessoas e cargas

Existem no total 3 elevadores para a movimentação de pessoas e/ou cargas, sendo que 2 elevadores encontram-se na zona dos escritórios e 1 elevador na zona da cozinha. A alimentação dos mesmos é feita a partir do quadro geral de baixa tensão do edifício. Na tabela 11 é apresentado as características dos elevadores dos escritórios, sendo que não foi possível conhecer as características do elevador da cozinha.

Tabela 10 - Características dos elevadores

ELEVADORES	
Pisos	0/6
Marca	Rotos
Modelo	AZR180L-41
Quantidade (un)	2
Potência (kW)	7,4
Frequência (Hz)	50

Sistemas informáticos e de telecomunicações

Neste setor de sistemas informáticos e telecomunicações está abrangido todos os equipamentos existentes, tais como computadores, monitores, impressoras, servidores, equipamentos ativos dos bastidores entre outros.

No piso 0 do edifício existe uma sala de informática com um sistema centralizado com servidores e bastidores, sendo alimentados por uma unidade ininterrupta de energia, UPS. O levantamento de todos os equipamentos existentes no edifício pode ser visualizado conforme indicado na tabela 12.

Tabela 11 - Características dos sistemas informáticos e de telecomunicações

Equipamentos	Piso						
	Piso 0	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Total
Computadores	31	35	13	17	8	13	117
Impressoras	12	21	4	7	6	2	52
Digitalizadores	-	1	-	1	1	-	3
Fax	-	-	-	-	2	-	2
Projetores	-	-	-	-	-	4	4
Fotocopiadoras	-	2	2	3	-	-	7
Televisão	1	-	-	-	-	2	3

Produção de água quente sanitária

A produção de água quente sanitária só existe nos balneários do piso 6 e da cantina, onde existe um termoacumulador elétrico com 50 litros. Nos balneários a produção de água quente é realizada através de um sistema solar térmico de circulação forçada composto por 4 coletores solares planos instalados na cobertura plana, com azimute Sul e inclinação de 33°, sem quaisquer obstáculos, com uma área total de 9,1 m². O depósito de acumulação tem uma capacidade de 500 litros e encontra-se isolado termicamente, tem ainda um

permutador de calor em serpentina e está localizado no exterior na posição vertical. Nas tabelas 13, 14 e 15 apresentam-se as características dos componentes dos painéis solares.

Tabela 12 - Características do painel solar

PAINEL SOLAR	
Marca	Sanitech
Modelo	CS2.5P
Quantidade (un)	4
Área total/coletor (m²)	2,28
Tipo de coletor	Coletor plano

Tabela 13 - Características do depósito

DEPÓSITO	
Marca	Sanitech
Modelo	G-501
Quantidade (un)	1
Capacidade (lt)	500
Sistema de apoio	Resistência elétrica

Tabela 14 - Características do termoacumulador

TERMOACUMULADOR	
Quantidade	1
Marca	Fagor
Local	Cobertura
Capacidade (lt)	50
Pressão (bar)	9
Potência (kW)	1,6
Tensão (V)	230

Restantes equipamentos

No setor dos restantes equipamentos estão incluídos os equipamentos de cozinha, equipamentos do bar e outros equipamentos. Apresenta-se de seguida as tabelas 16 a 19 referente aos equipamentos existentes.

Tabela 15 - Características dos restantes equipamentos

OUTROS EQUIPAMENTOS	Piso				
	Piso 0	Piso 1	Piso 2	Piso 3	TOTAL
Microondas	1	-	-	-	1
Moinho de café	1	-	-	-	1
Máquina de água	1	1	1	1	4
Frigorífico	1	-	-	-	1
Aquário (50 W)	1	-	-	-	1
Caixa Multibanco	1	-	-	-	1

Tabela 16 - Características dos equipamentos de cozinha

EQUIPAMENTOS COZINHA	TOTAL
Microondas (0,68 kW)	1
Moinho de café	1
Frigorífico	4
Fogão (19 kW)	1
Forno (2,5 kW)	1
Arca frigorífica	1
Fritadeira	1
Batedeira (1,5 kW)	1
Batedeira (0,25 kW)	1
Máquina de lavar loiça	1
Máquina de cortar fiambre	1

Tabela 17 - Características do ventilador de extração

VENTILADOR EXTRAÇÃO	
Quantidade (un)	1
Tipo	VE01
Local	Cobertura
Marca	France Air
RPM	1149-1459
Potência ventilador (kW)	0,55

Tabela 18 - Características dos equipamentos do bar

EQUIPAMENTOS DO BAR	TOTAL
Máquina de café (3 kW)	1
Moinho de café	1
Torradeira (2,5 kW)	1
Máquina de lavar loiça (2,2 kW)	1

3.2. Análise climática da região do edifício

A caracterização climática de uma dada região é feita através dos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que o mesmo representa o valor predominante daquela região. Estes valores estipulados designam-se por normais climatológicas, na qual têm início no primeiro ano de cada década (*e.g.*, 1901-1930, 1931-1960), entre outros. Apesar de existirem as normais climatológicas de referência, podem-se ainda utilizar-se normais climatológicas nos períodos intercalares (*e.g.*, 1951-1980, 1971-2000), entre outros [21].

Para se proceder à caracterização do clima em Portugal, as normais climatológicas disponíveis são do período de 1971-2000, tendo sido adotada a classificação de Köppen-Geiger, correspondendo à última revisão de Köppen em 1936. Os resultados obtidos pela cartografia permite identificarmos o tipo

de clima distribuído pelo território Nacional, que aparentemente apresenta um clima temperado, Tipo C.

De seguida identifica-se as seguintes variedades climáticas, podendo ser visualizadas na figura 8:

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

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

Bsk – Clima árido no distrito de Beja.

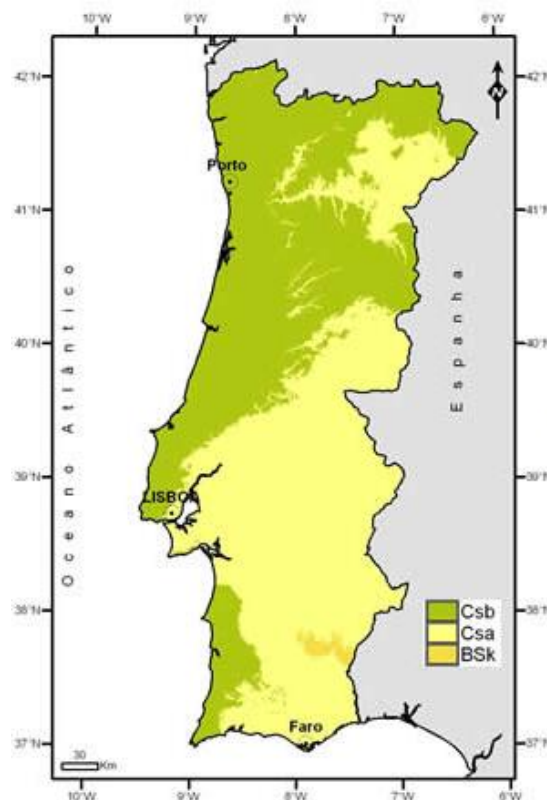


Figura 13 - Identificação do tipo de clima em Portugal (Fonte: IPMA)

O caso a ser estudado encontra-se localizado na cidade de Setúbal, onde mesmo encontra-se num clima temperado com verão quente e seco (Csa), como se pode verificar na figura 8, cujos valores de temperaturas são

apresentados na tabela 3 e figura 9. Pode-se então observar que a média das temperaturas varia de 10,1º a 23,2º verificadas nos meses de Janeiro e Agosto respetivamente [21].

Tabela 19 - Temperatura do ar, normais climatológicas (Fonte: IPMA)

Temperatura do ar, normais climatológicas - Setúbal (1981-2000)												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temp. Máx. (°C)	23,1	25,0	30,2	34,0	36,7	42,2	43,5	41,7	41,3	33,7	28,8	22,9
Temp. Min. (°C)	-4,8	-4,6	-1,5	-0,7	3,0	6,3	9,0	8,5	6,8	3,6	-1,0	-4,1
Média Temp. Máx. (°C)	15,3	16,7	19,4	20,5	23,4	27,4	29,9	30,1	27,8	23,3	18,8	15,9
Média Temp. Min. (°C)	4,8	5,8	7,6	9,1	11,4	14,3	16,2	16,3	14,8	12,4	9,0	6,6
Média Temp. Média (°C)	10,1	11,3	13,5	14,8	17,4	20,9	23,1	23,2	21,3	17,9	13,9	11,3

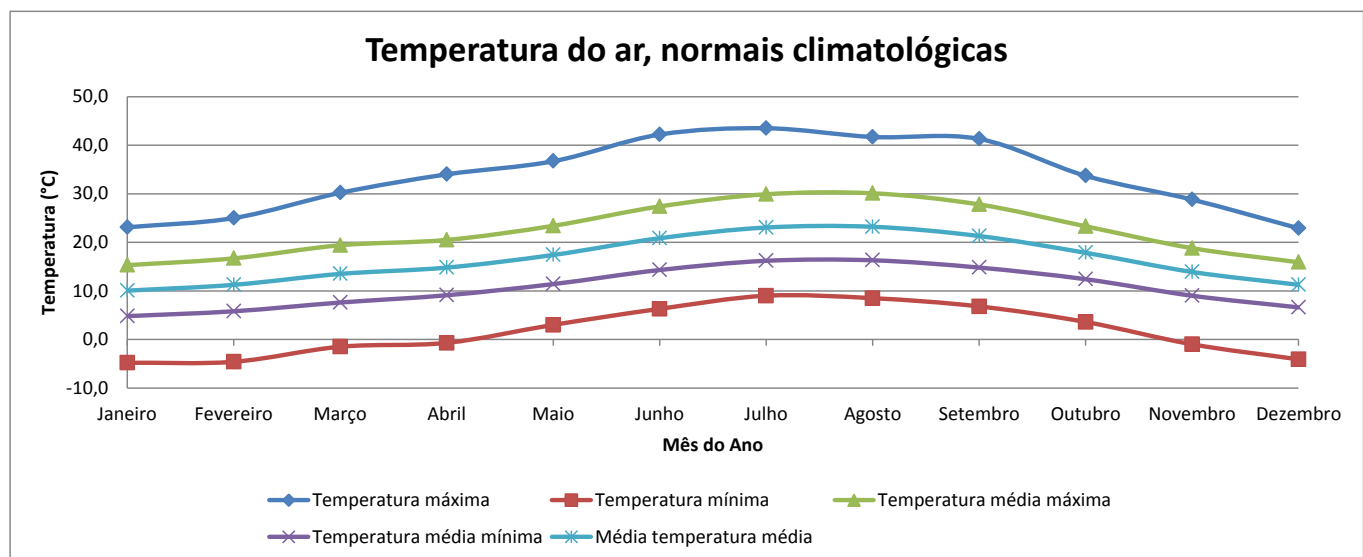


Figura 14 - Gráfico da temperatura do ar (Fonte: IPMA)

3.3. Análise energética do edifício

No que respeita à análise energética do edifício, o consumo de energia foi baseado na sua faturação, de uma forma geral é apresentado o consumo médio mensal na figura 15 bem como o seu custo associado na figura 16.

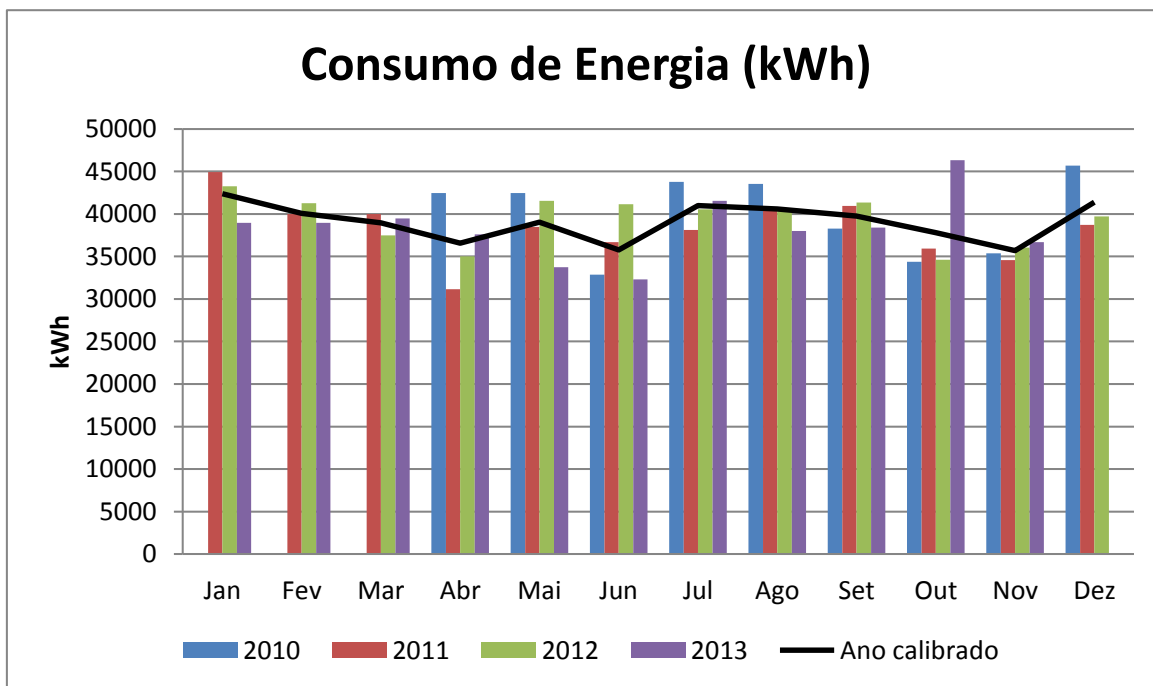


Figura 15 - Consumo real mensal do edifício em kWh

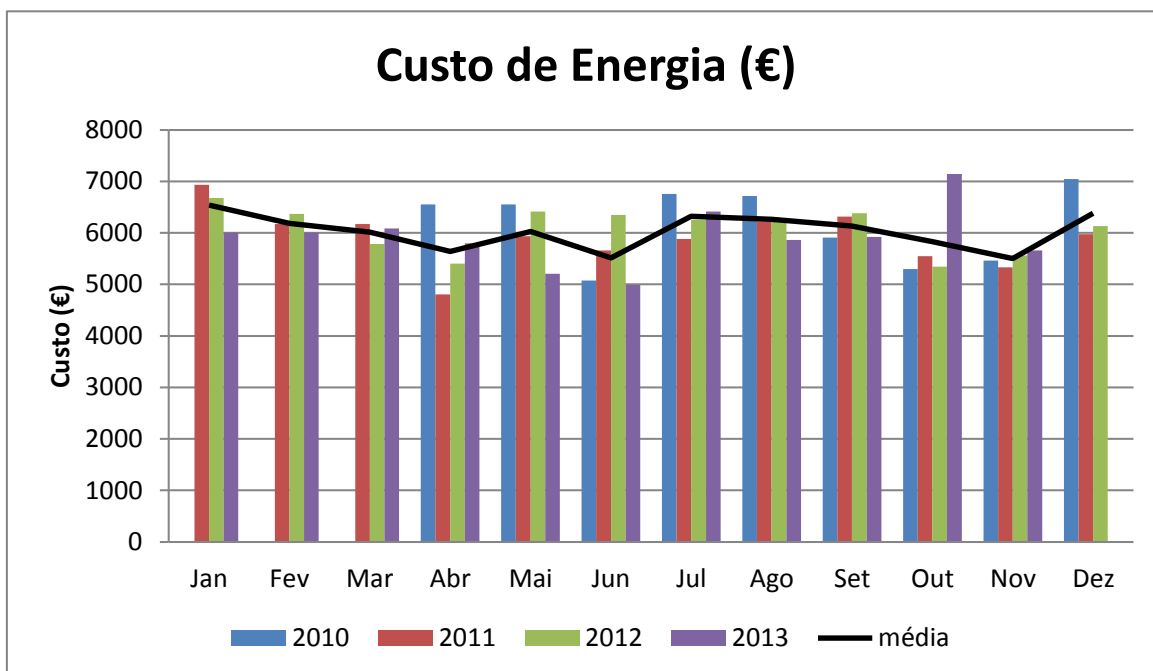


Figura 16 - Custo real mensal do edifício em Euros

4. COMPORTAMENTO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO

4.1. Google Sketchup/EnergyPlus

No presente capítulo apresenta-se o estudo do edifício com recurso a simulação energética do mesmo no seu estado atual, tendo sido criado um modelo com auxílio do *software Google Sketchup*. Este é um *software* de modelação em 3 dimensões (3D), sendo especialmente dirigido para a arquitetura, permitindo conceber qualquer tipo de edifício. Uma ferramenta essencial para a modelação do mesmo é o *OpenStudio*, que permite criar zonas térmicas e tem uma iteração com o programa de simulação *EnergyPlus*. Nas figuras seguintes podemos observar o aspeto inicial do programa bem como a modelação efetuada do edifício em estudo na qual foi contabilizada a sua arquitetura, geometria e as zonas térmicas. Na modelação foram então consideradas diferentes zonas térmicas, isto é, o zonamento térmico do edifício foi dividido em 7 tipologias (uma por piso) em função da inércia térmica interior, condições de conforto interior, densidade de ocupação, entre outras.

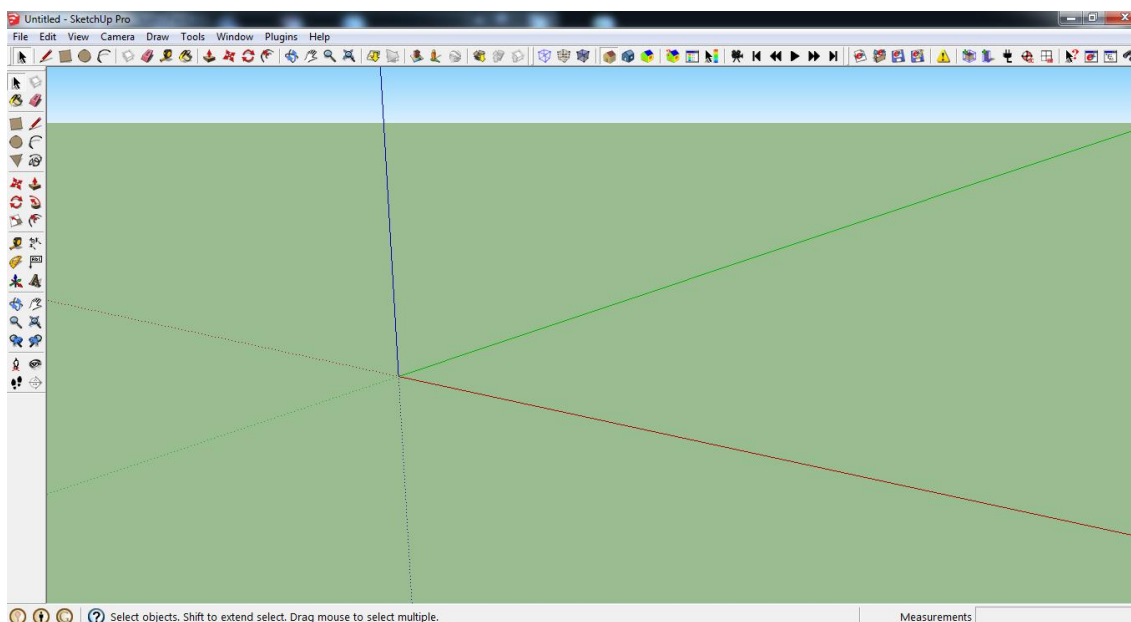


Figura 17 - Aspeto do programa *Google Sketchup*

Para se iniciar a modelação do edifício através deste *software*, teve-se como base as plantas fornecidas do edifício, importando-as, de modo a que fossem

traçadas todas as linhas de modo a delimitar cada piso. Uma vez traçadas todas as plantas, procedeu-se à elevação das mesmas, perfazendo assim um modelo 3D, como podemos observar pela figura 18 e figura 19.

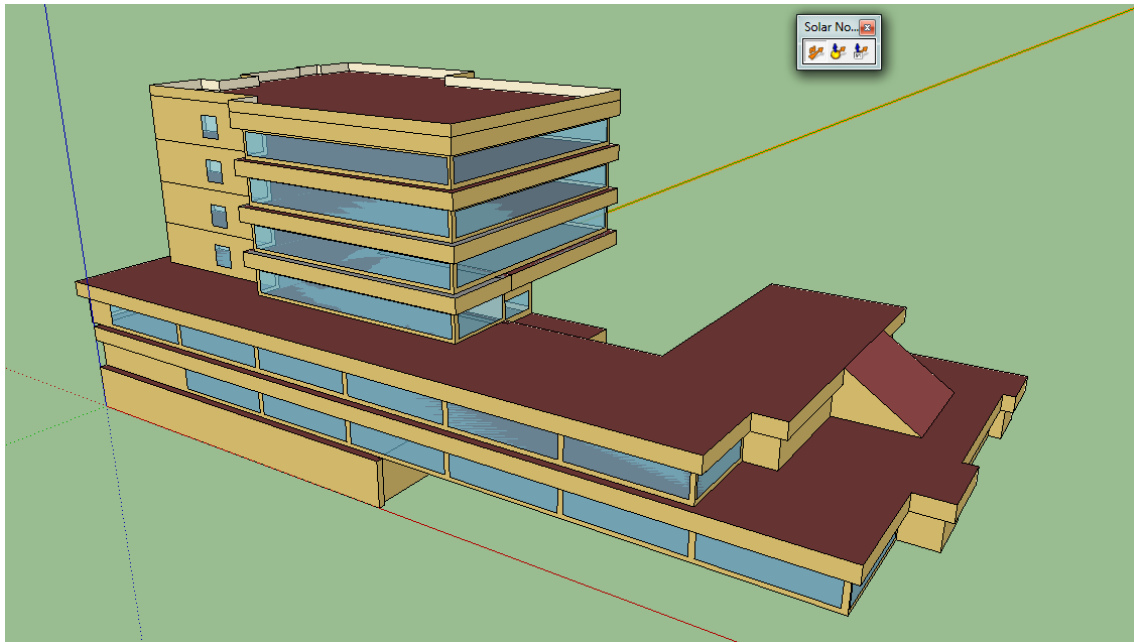


Figura 18 - Perspetiva do modelo, alçado Sul e Nascente

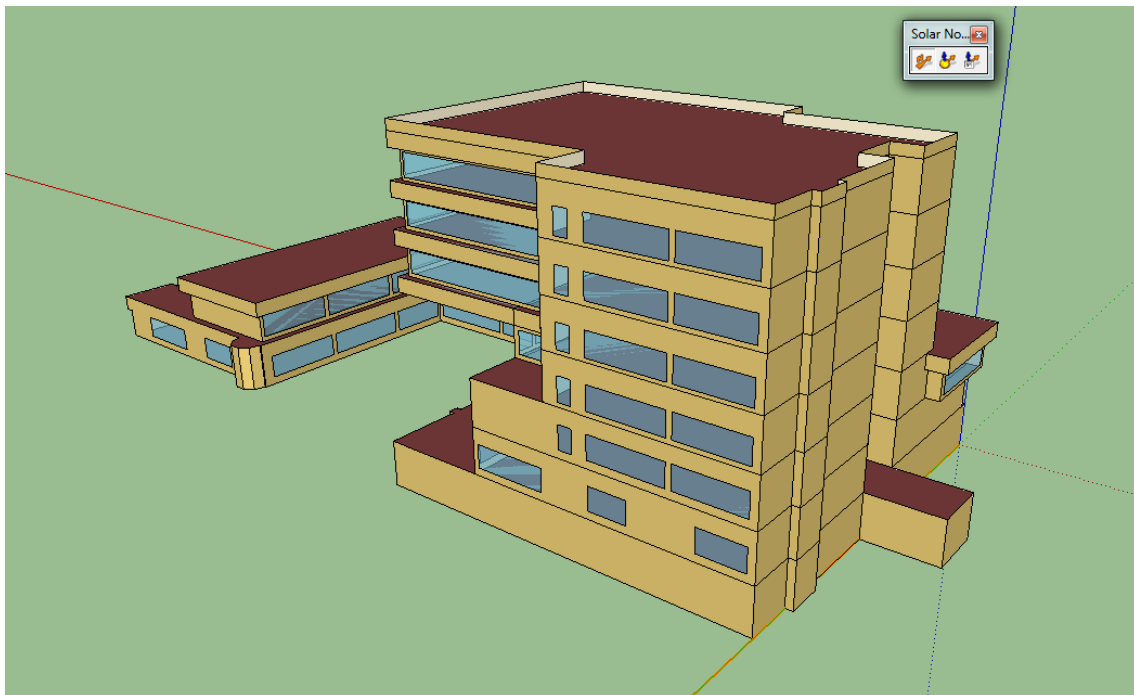


Figura 19 - Perspetiva do modelo, alçado Norte e Poente

Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Um caso de estudo de um edifício de serviços em Setúbal

As restantes especificações como as espessuras das paredes, as características dos vãos envidraçados, entre outras, foram posteriormente classificados no *software Energy Plus*.

O *EnergyPlus* é um *software* para dimensionamento de sistemas de climatização e que permite analisar o desempenho energético de edifícios. É com a inserção dos restantes dados característicos da edificação que o mesmo é capaz de avaliar a capacidade requerida tanto para aquecimento como para arrefecimento, realizar balanços de energia e efetuar simulações ao longo de um horizonte temporal (dia, mês, ano). Esta ferramenta é utilizada posteriormente à modelação em *Google Sketchup*, permitindo determinar o desempenho energético do edifício e verificar a aptidão do mesmo para se tornar energeticamente quase auto-sustentável. Assim, com uma verificação de critérios, regulamentações e dados climáticos, é possível estimar as necessidades de energéticas do edifício no seu estado atual.

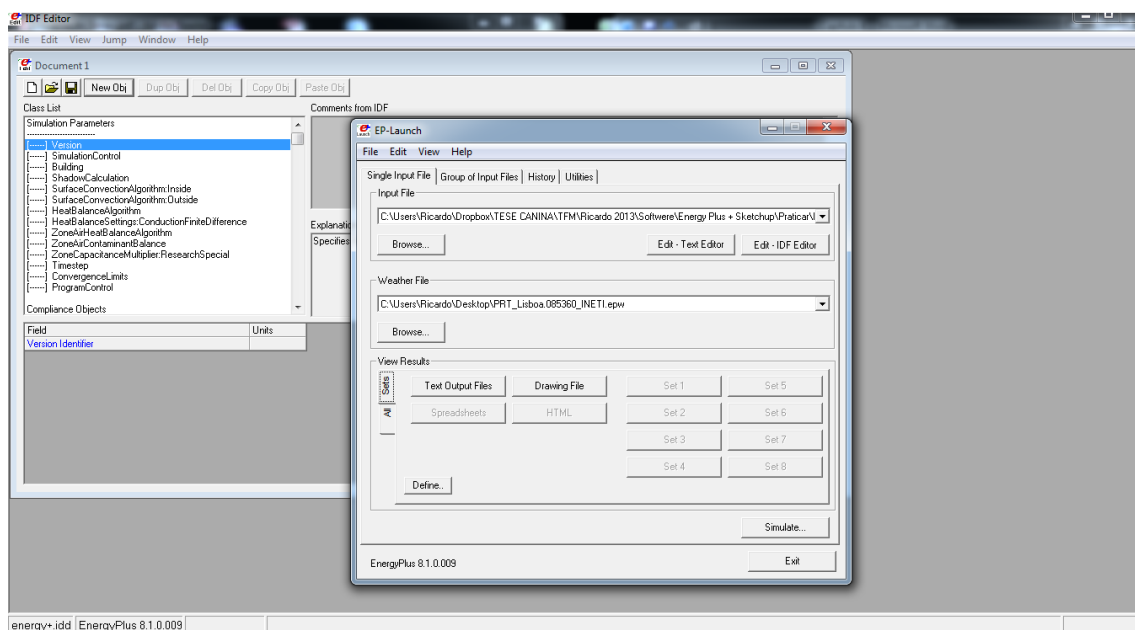


Figura 20 - Aspeto do programa *Energy Plus*

4.2. Simulação energética do edifício no estado atual

Uma primeira abordagem na simulação energética tem como objetivo caracterizar a situação atual do edifício, indo ao encontro dos consumos reais do mesmo permitindo a atribuição da etiqueta de classe de desempenho energético em forma de “letra” que é emitida no Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. A atribuição desta classe de desempenho energético (“letra”) é realizada conforme o Índice de Eficiência Energética (IEE), que traduz o consumo nominal específico de um edifício, isto é, a energia necessária para o funcionamento do edifício durante um ano tipo, sob os padrões de funcionamento e por unidade de área. Os valores calculados podem variar dos reais por simplificações usadas no *EnergyPlus*.

Nesta simulação foram considerados os horários reais de funcionamento do edifício, sistema de iluminação interior e exterior, a taxa de ocupação do edifício, as potências dos equipamentos instalados no interior do edifício assim como as características dos elementos construtivos e os dados climatológicos. A simplificação que se realizou foi de facto nos equipamentos de climatização e do sistema de AVAC, pois substituiu-se por um modelo aproximado – um termostato generalizado - com funcionamento nas horas de funcionamento do edifício.

- Arquivo climático

Existem vários arquivos com os dados climáticos das várias cidades do mundo, sendo indispensáveis à simulação de um edifício. Para o edifício em questão foi utilizado o ficheiro climático da cidade de Setúbal.

- Localização do edifício

A localização do edifício é fundamental para o comportamento do mesmo, pois influencia a escolha de materiais e técnicas de construção. Mostra-se na tabela seguinte a caracterização de localização do edifício.

Tabela 20 – Características de localização do edifício

Latitude (°N)	38,31
Longitude (°W)	8,53
Altitude (m)	18
Fuso horário	GMT +00

- Materiais e elementos construtivos

Para que um edifício seja eficiente energeticamente, os seus elementos construtivos devem ter características específicas de modo a que as perdas e os ganhos de calor (dependendo da época do ano) sejam mínimos. As propriedades dos elementos construtivos relativamente ao edifício existente são mostradas nas tabelas seguintes.

Tabela 21 – Características dos elementos construtivos

Elemento Construtivo	Coefficiente transmissão térmica ($W/m^2\text{°C}$)	Espessura (m)
Paredes exteriores 1	0.96	0.35
Paredes interiores 1	1.00	0.30
Paredes exteriores 2	1.10	0.30
Paredes interiores 2	1.78	0.15
Coberturas	1.84	0.30
Pavimentos 1	3.10	-
Pavimentos 2	2.21	-

Tabela 22 – Características dos envidraçados

Envidraçado	Coefficiente transmissão térmica ($W/m^2\text{°C}$)	Factor Solar
Envidraçado 1	3.90	0.55
Envidraçado 2	4.30	0.55
Envidraçado 3	3.90	0.34
Envidraçado 4	4.30	0.34
Envidraçado 5	3.90	0.29
Envidraçado 6	5.60	0.85
Envidraçado 7	3.90	0.75

- Utilização e ganhos internos

Outros fatores imprescindíveis para a simulação do edifício são os perfis de ocupação, a utilização de iluminação e equipamentos. Estes fatores estão normalmente interligados, isto é, ao longo do dia a intensidade de uso dos equipamentos e iluminação é proporcional à quantidade de pessoas presentes. Sendo assim normalmente durante o período diurno existe uma maior taxa de ocupação dos mesmos do que no período noturno.

Perfis de ocupação: 85 pessoas em todo o edifício com taxa de ocupação a variar entre 0 e 1, isto é, em todo o dia útil do edifício o mesmo não é ocupado a 100% podendo variar em vários horários durante o dia.

Iluminação: Coeficientes de simultaneidade entre 0 e 1; Toda a iluminação do edifício não se encontra ligada ao mesmo tempo, havendo períodos em que a mesma tem um valor elevado e outros menos elevados.

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

- Sistema AVAC: Termostato

Para a definição de um sistema de AVAC neste contexto foi considerado um termostato de modo a simplificar a simulação funcional dos equipamentos existentes, nomeadamente os *chillers* (máquinas centrais de produção térmica), cujos *setpoints* (temperaturas de funcionamento) de aquecimento e arrefecimento foram definidos para temperaturas de 19°C e 25°C respetivamente.

Depois de estipulados cada um dos parâmetros, procedeu-se à simulação obtendo resultados (outputs) do consumo anual de energia do edifício, com a

repartição do mesmo pelos principais setores de consumo de energia, ilustrados na figura 21 e 22. O modelo de simulação deve ser validado comparando o valor de consumo obtido na simulação com o consumo do edifício a partir de valores presentes nas faturas energéticas, admitindo um desvio máximo de 10%, de acordo com a auditoria energética. De seguida é apresentado na tabela 23 a comparação entre os devidos consumos de energia.

Tabela 23 – Variação do Consumo de Energia no modelo calibrado

	Consumo total de Energia (kWh)	Custo total de Energia (€)
Resultado Simulação	434379	59684
Consumo Real (Certificado)	442482	60797
Varição (%)	-1.83%	

Tendo em conta que o desvio máximo admissível entre o consumo real faturado e o valor de consumo simulado, o valor da variação 1.83% é um valor coerente, podendo então considerar-se o modelo calibrado.

Na tabela seguinte apresentam-se os consumos mensais do modelo calibrado bem como da situação real faturada.

Tabela 24 – Consumos de energia mensais do modelo calibrado

Data	Consumo Total de Energia Modelo Calibrado (kWh)	Consumo Total de Energia Real Facturado (kWh)
Janeiro	26122.79	38950
Fevereiro	27787.92	38950
Março	39159.74	39455
Abril	33223.10	37584
Maio	39764.04	33732
Junho	43355.91	32319
Julho	43003.98	41561
Agosto	49262.67	38000
Setembro	43251.84	38400
Outubro	35182.78	46307
Novembro	27956.87	36690
Dezembro	26307.41	20534
TOTAL	434379	442482
(kWh/m².ano)	107.48	109.49

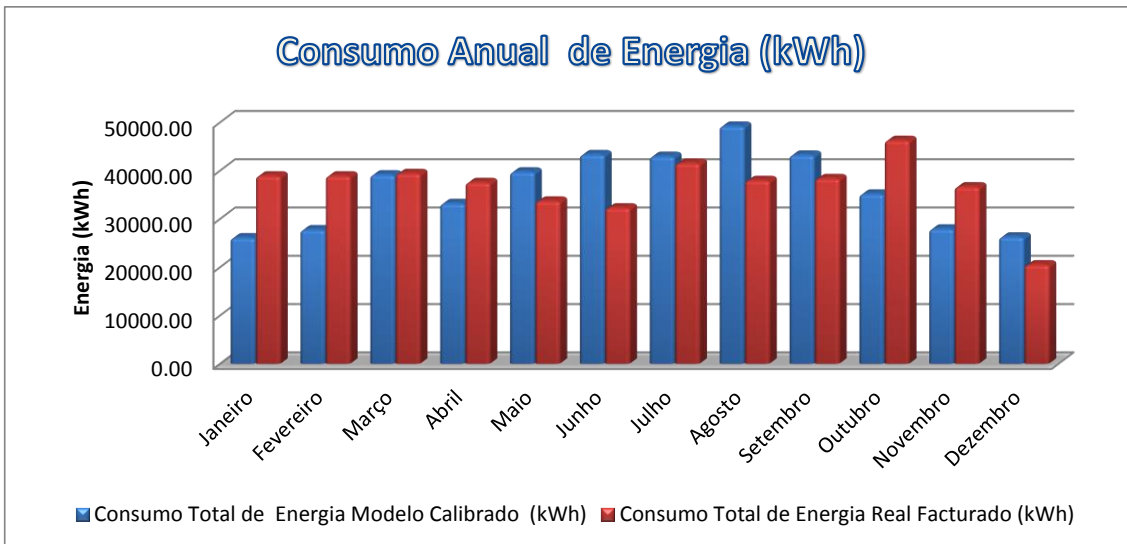


Figura 21 – Gráfico dos consumos de energia mensais do modelo calibrado vs real faturado

No gráfico seguinte apresenta-se a repartição dos consumos de energia do modelo calibrado nos principais sectores.

Tabela 25 – Repartição dos consumos de energia do modelo calibrado nos principais sectores

Sector	Consumo de Energia (kWh)
Equipamentos	92479
Iluminação	95753
Climatização	246147

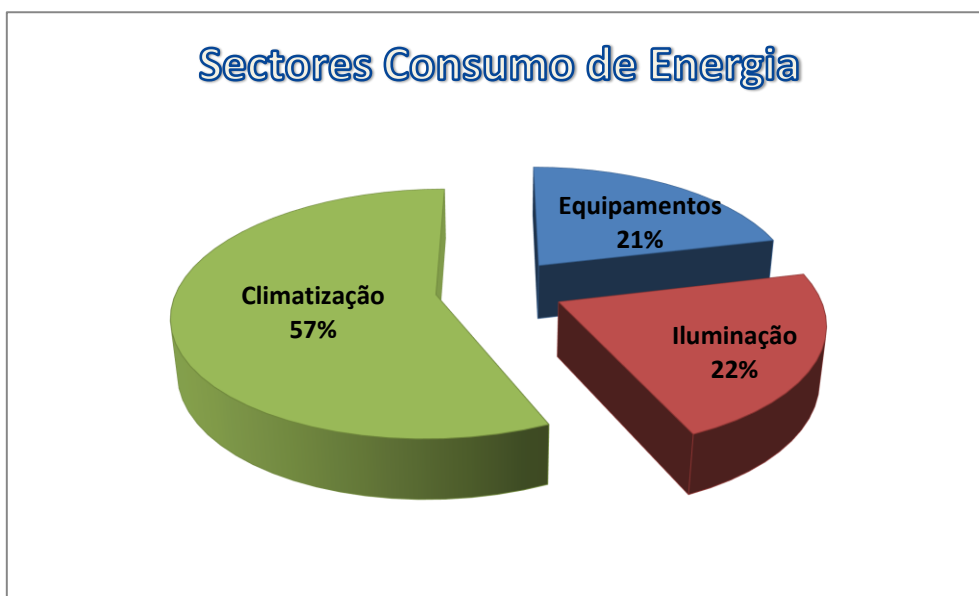


Figura 22 – Gráfico da repartição da energia pelos principais sectores

Na tabela seguinte apresentam-se os custos de energia mensais do modelo calibrado bem como da situação real faturada.

Tabela 26 - Custos de energia mensais do modelo calibrado e situação real

Data	Custo Total de Energia Modelo Calibrado (€)	Custo Total de Energia Real Facturado (€)
Janeiro	3589	5352
Fevereiro	3818	5352
Março	5381	5421
Abril	4565	5164
Maio	5464	4635
Junho	5957	4441
Julho	5909	5710
Agosto	6769	5221
Setembro	5943	5276
Outubro	4834	6363
Novembro	3841	5041
Dezembro	3615	2821
TOTAL	59684	60797

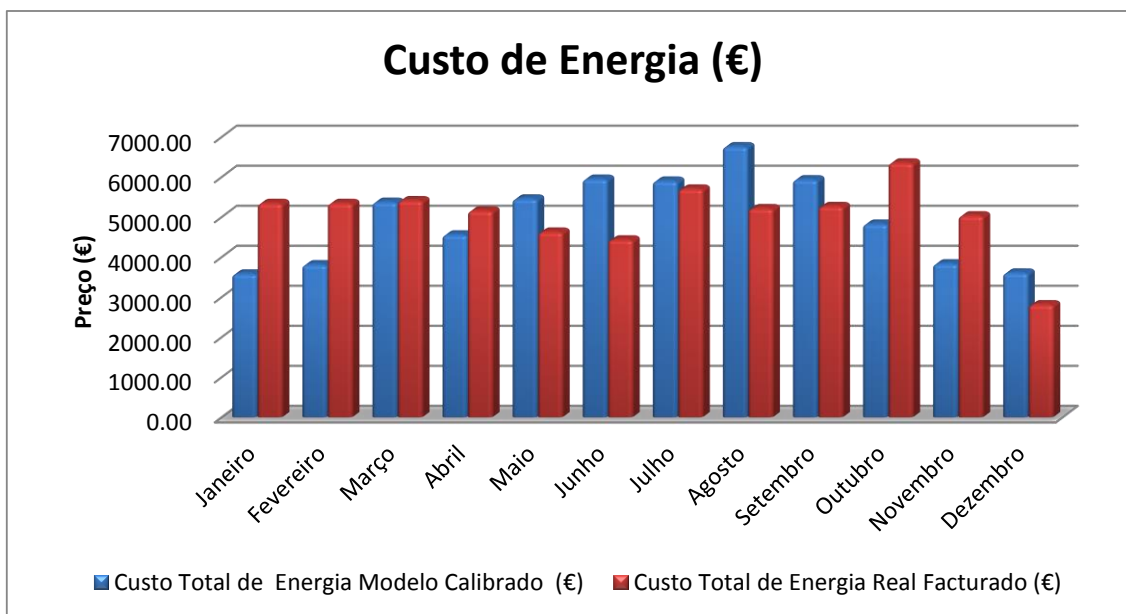


Figura 23 – Gráfico dos custos de energia mensais do modelo calibrado e real faturado

Realizada a simulação e tratados os outputs da mesma, é possível permitir a atribuição da Etiqueta de Desempenho Energético em forma de “letra”, emitido no Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. A atribuição desta “letra” é feita para cada simulação que seja realizada.

Com esta simulação foi possível obter os resultados em baixo apresentados em forma de tabela.

Tabela 27 – Consumo nominal do modelo calibrado

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kegp)	Factor correção climática	Energia primária (kegp/ano)	IEE (kegp/m ² .ano)
Iluminação	95752.78	0.29	1.00	27768.31	31.17
Equipamentos	92478.90		1.00	26818.88	
Aquecimento	4296.74		1.00	1246.05	
Arrefecimento	241850.64		1.00	70136.69	
TOTAL	434379.06				

Para a determinação do Índice de Eficiência Energética (IEE), tanto no modelo calibrado como nas soluções propostas, é usado um fator de conversão para que o consumo energético anual em kWh passe para um consumo de energia primária em Quilograma equivalente de petróleo (kegp) com o valor de 0,29. Outro fator de correção utilizado é o de correção climática, que tem valores distintos para o setor de aquecimento e de arrefecimento. Todos estes fatores encontram-se conforme o Certificado Energético em anexo.

Para determinação do IEE_{nominal} do modelo calibrado, existe uma diferença na conversão do consumo anual para consumo nominal, na qual é devido ao fator de correção climática em que este valor toma o valor de 1,0 em vez dos valores apresentados no certificado energético, pois para a simulação foi adotada uma simplificação do setor da climatização.

Para a determinação da classe energética, as classes energéticas dos edifícios vão da classe A⁺ a classe F, conforme Dec. Lei 118/2013.

Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Um caso de estudo de um edifício de serviços em Setúbal

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 31,17 kgep/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe B⁻, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgep/m².ano como se apresenta na figura em baixo.

IEE ref	34.1 kgep/m ² .ano	S	13.63
IEE ref-0.75.S	23.88	Limite Superior da Classe A+	
IEE ref-0.50.S	27.29	Limite Superior da Classe A	
IEE ref-0.25.S	30.69	Limite Superior da Classe B	
IEE ref	34.10	Limite Superior da Classe B-	
IEE ref +0.50.S	40.92	Limite Superior da Classe C	
IEE ref +1.S	47.73	Limite Superior da Classe D	
IEE ref + 1.5.S	54.55	Limite Superior da Classe E	
IEE ref + 2.S	61.36	Limite Superior da Classe F	
IEE nom > IEE ref + 2.S		Sem Limite - Classe G	
O edifício insere-se na classe		B⁻	

Figura 24 – Classe energética do modelo calibrado

5. PROPOSTA DE MELHORIA DO COMPORTAMENTO ENERGÉTICO

5.1. Medidas Propostas

5.1.1. Medida 1 – Instalação de Unidade de Minigeração Solar Fotovoltaica

Como primeira medida para se conseguir uma melhoria do comportamento energético do edifício, propõe-se o estudo de um sistema de minigeração solar fotovoltaica, com a potência pico de 24 kWp para ligação à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). O sistema a ser instalado terá lugar na cobertura plana do piso 1. Esse sistema será constituído por 96 módulos e 2 inversores, com azimute Sul e sem obstruções assinaláveis do horizonte. Podemos observar nas figuras seguintes a sua disposição no edifício.

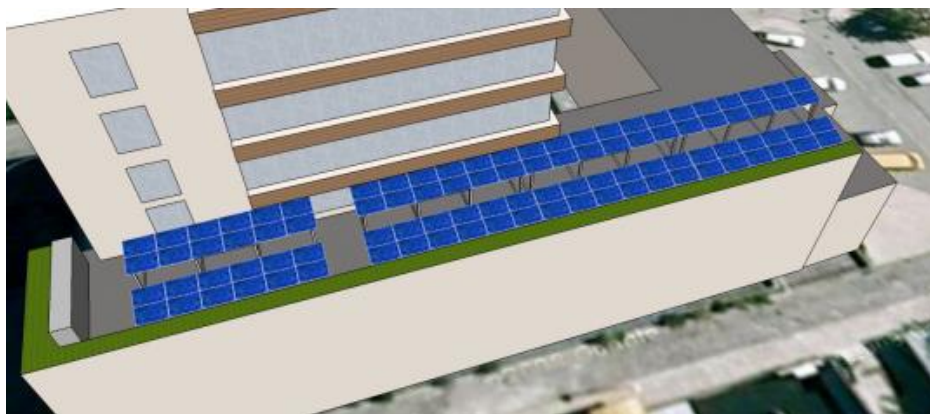


Figura 25 – Primeira perspetiva da colocação da unidade de minigeração



Figura 26 – Segunda perspetiva da colocação da unidade de minigeração

Na tabela 28 estão apresentadas as principais características da unidade de minigeração solar fotovoltaica, cuja instalação se propõe.

Tabela 28 – Características da unidade de minigeração

Caracterização da Unidade de Minigeração	
Potência do sistema	20 kWh / 24 kWp
Painéis Solares	Silício policristalino de 250 Wp, marca EDP
Número de painéis	96 Módulos
Inversores	2 Inversores SMA STP 10000TL
Estrutura	Alumínio e Aço galvanizado
Azimute (º)	0º
Inclinação (º)	13º
Tipo de solução	Cobertura

Para um melhor entendimento da produção de energia elétrica através da unidade de minigeração, de seguida apresenta-se um esquema simplificado da mesma.

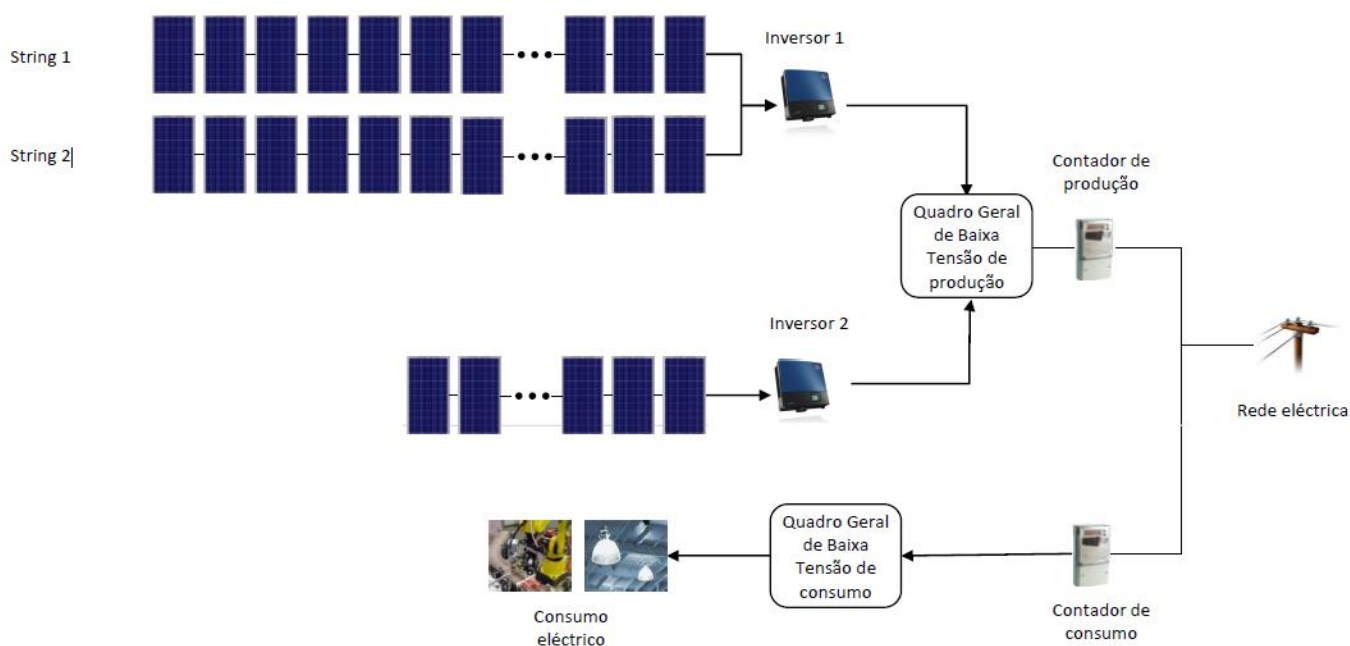


Figura 27 - Esquema simplificado da unidade de minigeração

5.1.2. Medida 2 – Sistema de Iluminação LED

Uma segunda medida, que se propõe, para melhorar o comportamento energético do edifício, é o estudo de um sistema de iluminação com tecnologia LED (*Light Emitting Diode*). Esta solução será aplicada em todo o edifício no que toca a iluminação interior, em que serão substituídas as lâmpadas existentes por umas idênticas mas de tecnologia LED, isto é, foram tidas em conta as características das lâmpadas existentes, de modo a que as lâmpadas de substituição tivessem no mínimo as mesmas características de iluminância e cor, podendo ser ainda de melhor qualidade, diminuindo assim o consumo energético (note-se que as lâmpadas de tecnologia LED apresentam consumos inferiores às lâmpadas compactas, de tecnologia fluorescente, instaladas). Podemos observar nas tabelas 29 e 30 as principais características de ambas as lâmpadas, em que a potência total das lâmpadas existentes é de 32897 W e que sendo substituídas por lâmpadas LED, apresentarão uma potência total de 26825 W. As restantes características encontram-se em anexo nas fichas técnicas (Anexo E).

Tabela 29 – Sistema de iluminação – Situação real

Sistema de Iluminação - Situação Real			
Tipo de lâmpada	Quantidade	Consumo unitário (W)	Consumo total (W)
Lâmpada fluorescente tubolares T5	398	14	5572
Lâmpada fluorescente tubolares T8	2	16	32
Lâmpada fluorescente tubolares T5	801	25	20025
Lâmpada fluorescente tubolares T5	145	45	6525
Lâmpada fluorescente compactas	65	11	715
Lâmpada fluorescente compactas	4	7	28
TOTAL			32897

Tabela 30 – Sistema de Iluminação - LED

Sistema de Iluminação - LED			
Tipo de Lâmpada	Quantidade	Consumo unitário (W)	Consumo total (W)
Lâmpada LED ST8-HA2-100-830 10W	398	11	4378
Lâmpada LED ST8-HA2-110-865 10W	2	11	22
Lâmpada LED ST8-HA4-220-865 20W	801	22	17622
Lâmpada LED ST8-HA5-330-865 30W	145	28	4060
Lâmpada fluorescente compactas	65	11	715
Lâmpada fluorescente compactas	4	7	28
TOTAL			26825

5.1.3. Medida 3 – Substituição de envidraçados

Uma terceira proposta consiste no estudo de substituição de todos os vãos envidraçados existentes no edifício por painéis de vidro de melhores características técnicas, com o objetivo de reduzir as trocas térmicas entre o interior do edifício e o exterior e assim garantir conforto térmico adequado no interior do edifício, com redução dos consumos do sistema de climatização.

Foi escolhido um vidro duplo de marca *Saint-Gobain Glass* de modelo *SGG COOL-LITE ST108* pois trata-se de um vidro de controlo solar e com elevada performance destinado a edifícios de serviços, comerciais, hotéis, entre outros. O vidro tem um coeficiente de transmissão térmica de $U=1,10 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ e um fator solar de 0,08 e foi simulada a aplicação em todos os vãos envidraçados correspondendo a uma área total de 690 m^2 . As características dos mesmos apresenta-se na tabela 31.

Tabela 31 – Características dos envidraçados da medida 3

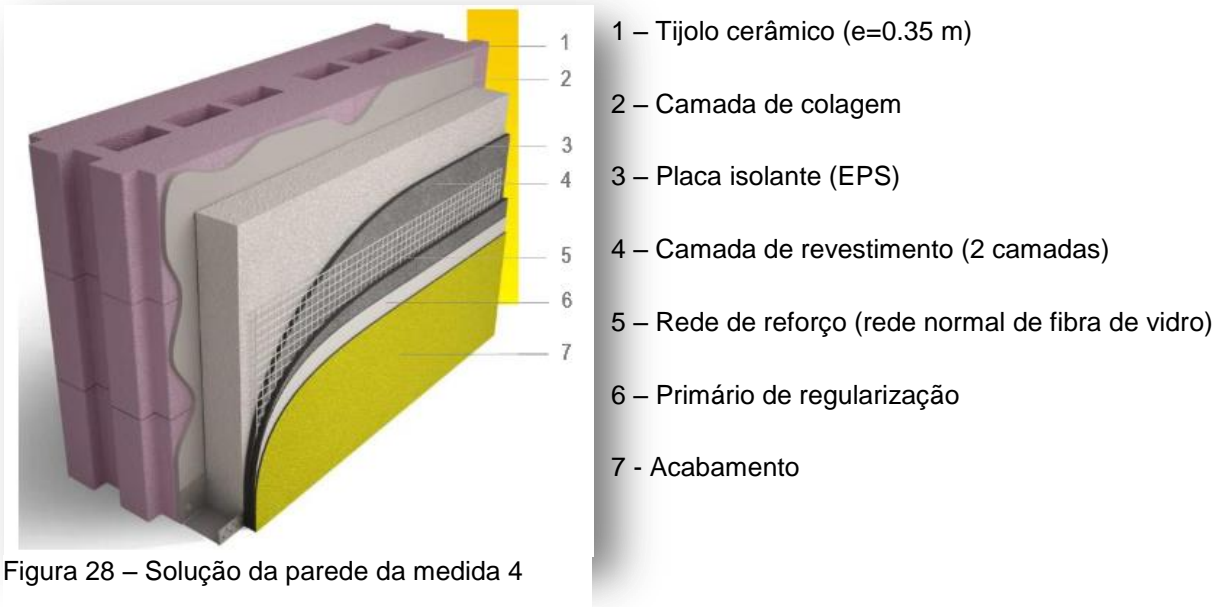
Tipo de Envidraçado		Coeficiente de transmissão térmica ($U - \text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)	Fator Solar	Caixa de ar 15mm
Marca	Modelo			
Saint-Gobain Glass	SGG COOL-LITE ST108	1,1	0,08	Gás Árgon

5.1.4. Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas

A quarta proposta consiste no estudo da melhoria dos elementos construtivos das fachadas. Pelo fato de não existir informação detalhada da composição das fachadas, teve-se em conta a informação relativa às mesmas apresentadas na documentação referente à certificação energética, na qual é indicado o coeficiente de transmissão térmica (U) e a espessura total das paredes.

O tratamento das fachadas existentes consiste numa aplicação de um Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior, também conhecido por *External Thermal Insulation Composite Systems* (ETICS). A solução consiste numa aplicação de uma placa de poliestireno expandido moldado (EPS) com

uma espessura de 50 mm e com três camadas de argamassa, uma de argamassa de colagem sobre a base e as restantes de argamassa de revestimento sobre a placa isolante separadas por uma rede de reforço, todas com 3,5 mm de espessura cada e a colocação de um primário de regularização com acabamento. A rede de reforço será em fibra de vidro, com uma gramagem de 160g/m². Na figura 28 está esquematizado a solução.



Como já foi referido anteriormente que as fachadas existentes não apresentavam detalhadamente as características das mesmas (ausência de peças desenhadas pormenorizadas), apenas se sabe a espessura total bem como o seu coeficiente de transmissão térmica (U), conforme apresentado na tabela 32.

Tabela 32 – Características das paredes exteriores do modelo calibrado

Características Parede Exterior - Modelo calibrado	
Espessura (m)	Coefficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)
0,35	0,96

Para o tratamento da fachada foram então utilizados os materiais já mencionados anteriormente, na qual apresentam as seguintes características, como se pode observar na tabela 33.

Tabela 33 – Características da parede da Medida 4

Características da parede - Medida 4				
Tipo de material	Condutibilidade térmica (W/m.°C)	Espessura (m)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/kg.°C)
Tijolo cerâmico	1,724	0,30	630	920
Placa Isolante EPS	0,033	0,05	30	1450
Argamassa	0,45	0,0035	1400	1000

5.2. Simulação Energética

5.2.1. Simulação Energética da Medida 1 – Unidade de Minigeração Fotovoltaica

A simulação energética no *EnergyPlus* não foi necessária pois a proposta do fornecedor para a colocação desta unidade no edifício apresentava tabelas detalhadas da produção estimada anual ao longo de pelo menos 25 anos. Para uma análise energética, teve-se em consideração a simulação no estado atual do edifício e em conta a produção por parte da unidade de minigeração fotovoltaica. Pode-se observar nas tabelas 34 e 35 a variação de consumo energético com a implementação desta medida.

Tabela 34 - Variação de Consumo Energético Modelo calibrado vs Medida 1

	Ano
Consumo Real Anual (kWh)	434379
Produção Anual média da Unidade de Minigeração (kWh)	33016
Variação (%)	7.60%

Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Um caso de estudo de um edifício de serviços em Setúbal

Tabela 35 - Consumo de energia Modelo calibrado e da Medida 1

Mês	Consumo energético Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético com unidade minigeração (kWh)	Variação (Redução) (%)
Janeiro	26123	23371	10.53%
Fevereiro	27788	25037	9.90%
Março	39160	36408	7.03%
Abril	33223	30472	8.28%
Maió	39764	37013	6.92%
Junho	43356	40605	6.35%
Julho	43004	40253	6.40%
Agosto	49263	46511	5.59%
Setembro	43252	40501	6.36%
Outubro	35183	32431	7.82%
Novembro	27957	25206	9.84%
Dezembro	26307	23556	10.46%
Total	434379	401363	
Custo energético anual (€)	59684	55147	7.60%
(kWh/m².ano)	107.48	99.32	

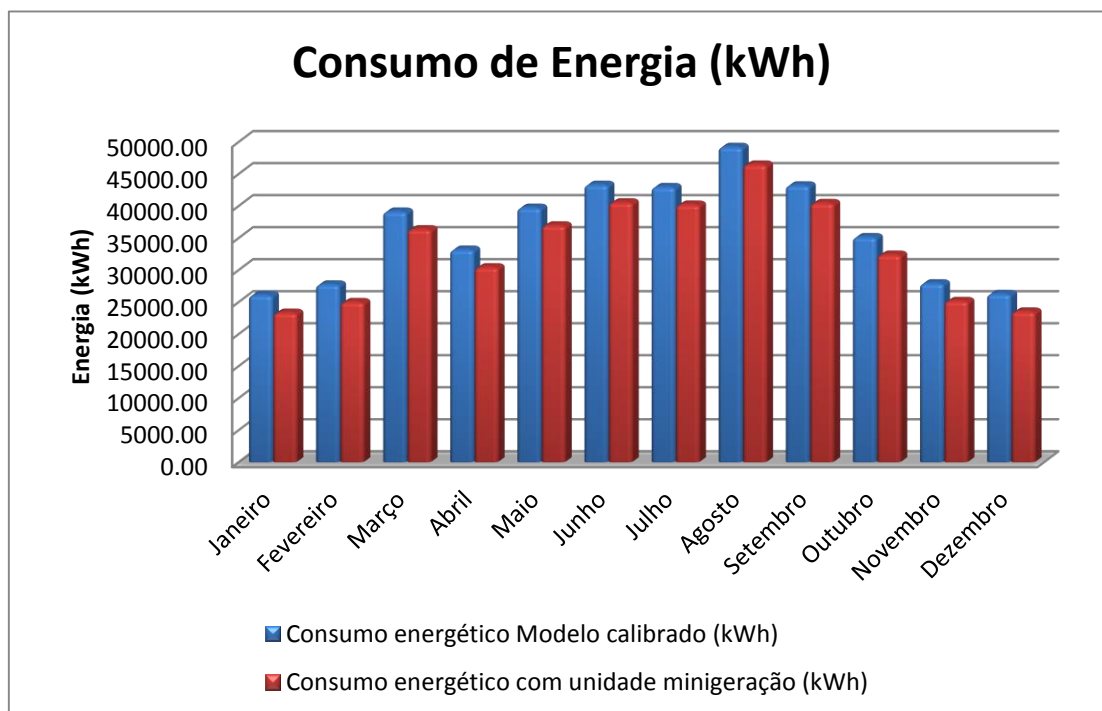


Figura 29- Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 1

Realizada a simulação e examinados os resultados da mesma, foi possível obter os valores em baixo apresentados, como se pode observar na tabela 36.

Tabela 36 – Consumo nominal do edifício com a medida 1

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kgép)	Factor correção climática	Energia primária (kgép/ano)	IEE (kgép/m ² .ano)
Iluminação	87499	0.29	1.00	25375	28.80
Equipamentos	84225		1.00	24425	
Aquecimento	4297		1.00	1246	
Arrefecimento	225343		1.00	65349	
Total	401363				

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 28,80 kgép/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe B, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgép/m².ano como se apresenta na figura 30.

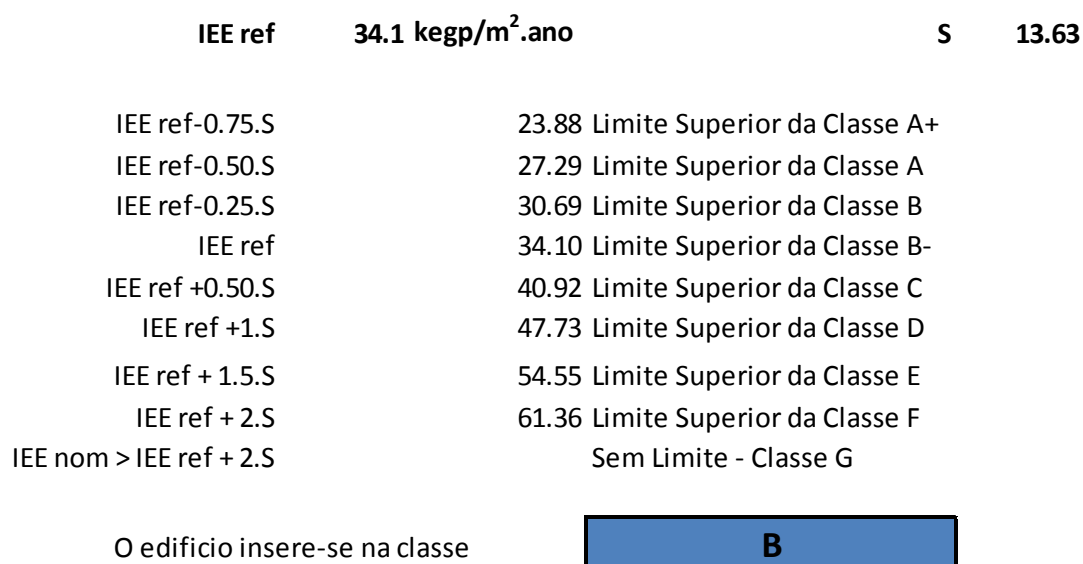


Figura 30 – Classe energética do edifício com a medida 1

5.2.2. Simulação Energética da Medida 2 – Sistema de Iluminação LED

A aplicação desta segunda medida, foi simulada com o *software EnergyPlus*, em que houve alteração face à situação real anteriormente simulada no que se refere à alteração da potência instalada da iluminação interior. Como anteriormente já foi apresentada a potência do novo sistema de iluminação, apenas se teve que repartir esse valor pelos vários pisos do edifício. Realizada a simulação, apresentam-se os resultados na tabela 37.

Tabela 37- Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida 2

Mês	Consumo energético Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético com Sistema Iluminação LED(kWh)	Variação (Redução) (%)
Janeiro	26123	23973	8.23%
Fevereiro	27788	25695	7.53%
Março	39160	36396	7.06%
Abril	33223	30832	7.20%
Mai	39764	36939	7.10%
Junho	43356	40423	6.76%
Julho	43004	40326	6.23%
Agosto	49263	46221	6.17%
Setembro	43252	40518	6.32%
Outubro	35183	32619	7.29%
Novembro	27957	25576	8.52%
Dezembro	26307	24214	7.96%
Total	434379	403732	
Custo energético anual (€)	59684	55473	7.06%
(kWh/m².ano)	107.48	99.90	

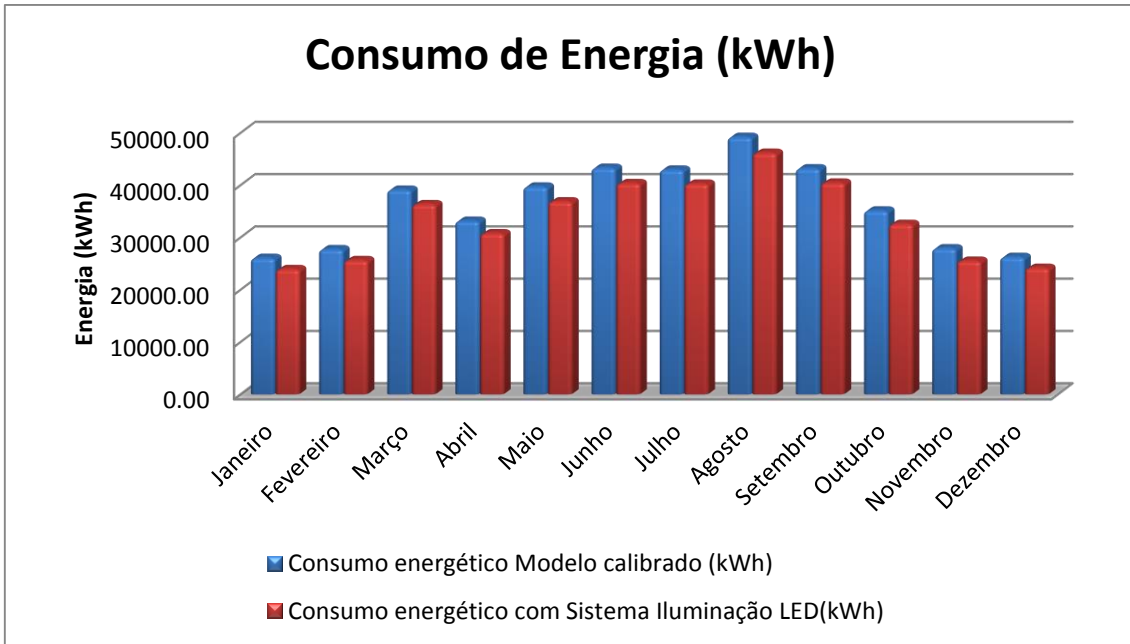


Figura 31- Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 2

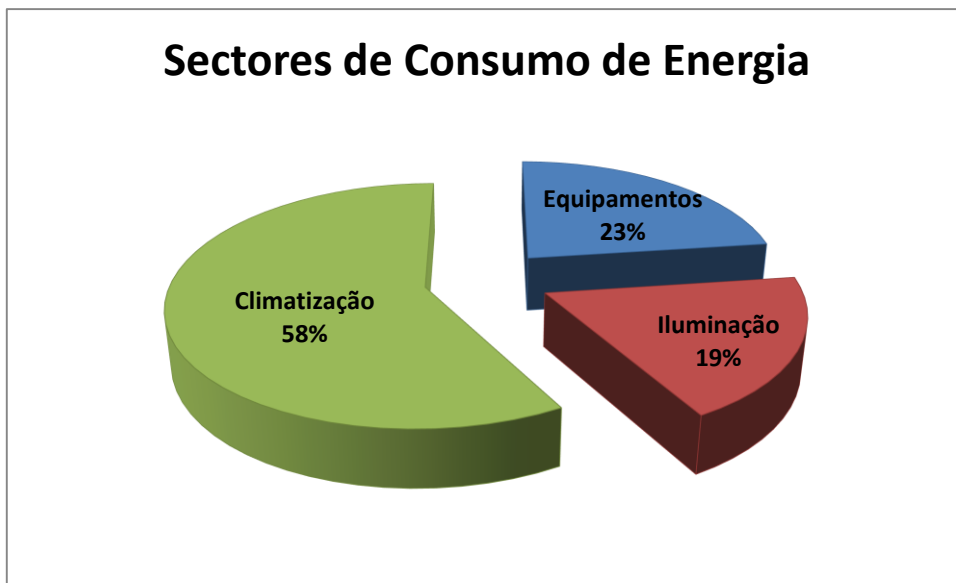


Figura 32 – Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 2 nos principais sectores

Realizada a simulação e examinados os resultados da mesma, foi possível obter os valores em baixo apresentados, como se pode observar na tabela 38.

Tabela 38 – Consumo nominal do edifício com a medida 2

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kgép)	Factor correção climática	Energia primária (kgép/ano)	IEE (kgép/m ² .ano)
Iluminação	76292	0.29	1.00	22125	28.97
Equipamentos	92479		1.00	26819	
Aquecimento	5412		1.00	1570	
Arrefecimento	229549		1.00	66569	
Total	403732				

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 28,97 kgép/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe B, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgép/m².ano como se apresenta na figura 33.

IEE ref	34.1 kgép/m².ano	S	13.63
IEE ref-0.75.S	23.88	Limite Superior da Classe A+	
IEE ref-0.50.S	27.29	Limite Superior da Classe A	
IEE ref-0.25.S	30.69	Limite Superior da Classe B	
IEE ref	34.10	Limite Superior da Classe B-	
IEE ref +0.50.S	40.92	Limite Superior da Classe C	
IEE ref +1.S	47.73	Limite Superior da Classe D	
IEE ref + 1.5.S	54.55	Limite Superior da Classe E	
IEE ref + 2.S	61.36	Limite Superior da Classe F	
IEE nom > IEE ref + 2.S		Sem Limite - Classe G	
O edifício insere-se na classe		B	

Figura 33 – Classe energética do edifício com a medida 2

5.2.3. Simulação Energética da Medida 3 – Sistema de novos vãos envidraçados

A aplicação desta terceira medida teve um grande impacto, pois foi simulada a substituição integral dos vãos envidraçados existentes, por novos painéis de vidro conforme anteriormente referido. As principais características dos vãos envidraçados foram alteradas no *software EnergyPlus*, passando assim de um coeficiente de transmissão térmica (U) de 4,9 W/m²°C para um valor bastante mais reduzido de 1,1 W/m²°C e de um fator solar de 0,45 para um valor de 0,08. Alteradas estas características, procedeu-se à simulação na qual se apresentam os resultados na tabela 39.

Tabela 39 - Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida3

Data	Consumo Energético do Modelo calibrado (kWh)	Consumo Energético da solução envidraçados (kWh)	Varição (Redução) (%)
Janeiro	26123	21925	16.07%
Fevereiro	27788	21917	21.13%
Março	39160	30203	22.87%
Abril	33223	26358	20.67%
Mai	39764	31984	19.57%
Junho	43356	34728	19.90%
Julho	43004	33994	20.95%
Agosto	49263	38293	22.27%
Setembro	43252	33031	23.63%
Outubro	35183	27928	20.62%
Novembro	27957	23468	16.06%
Dezembro	26307	21541	18.12%
TOTAL (kWh)	434379	345370	20.49%
Custo energético total (€)	59684	47454	
(kWh/m².ano)	107.48	85.46	

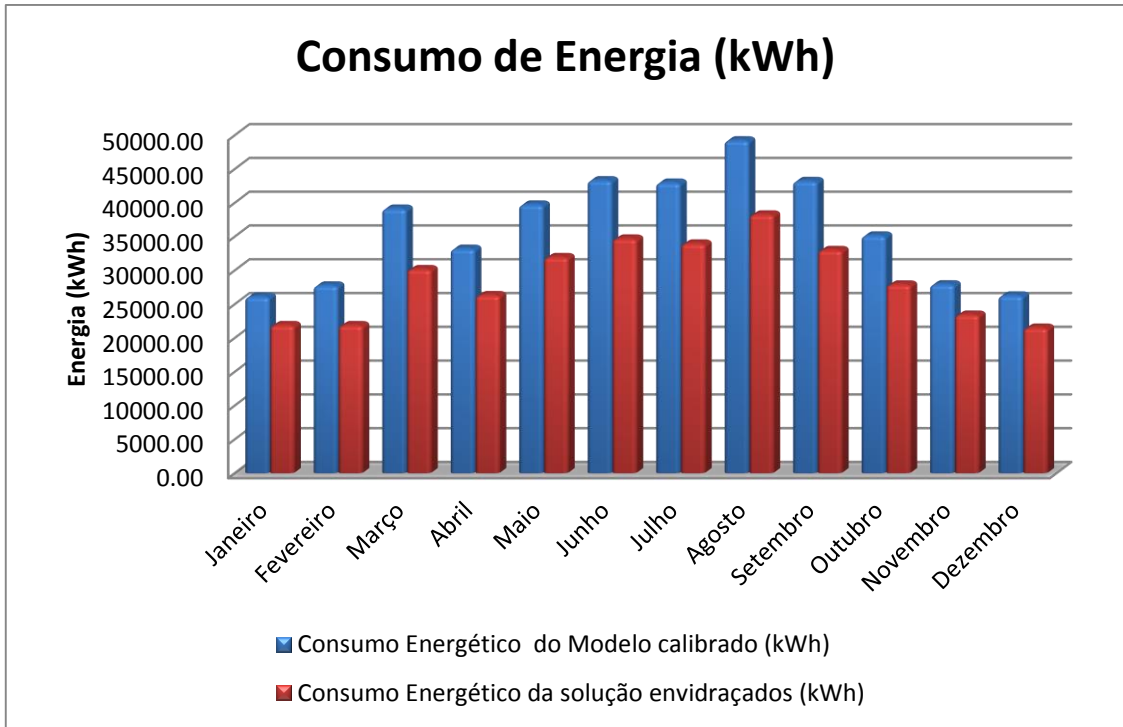


Figura 34 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 3

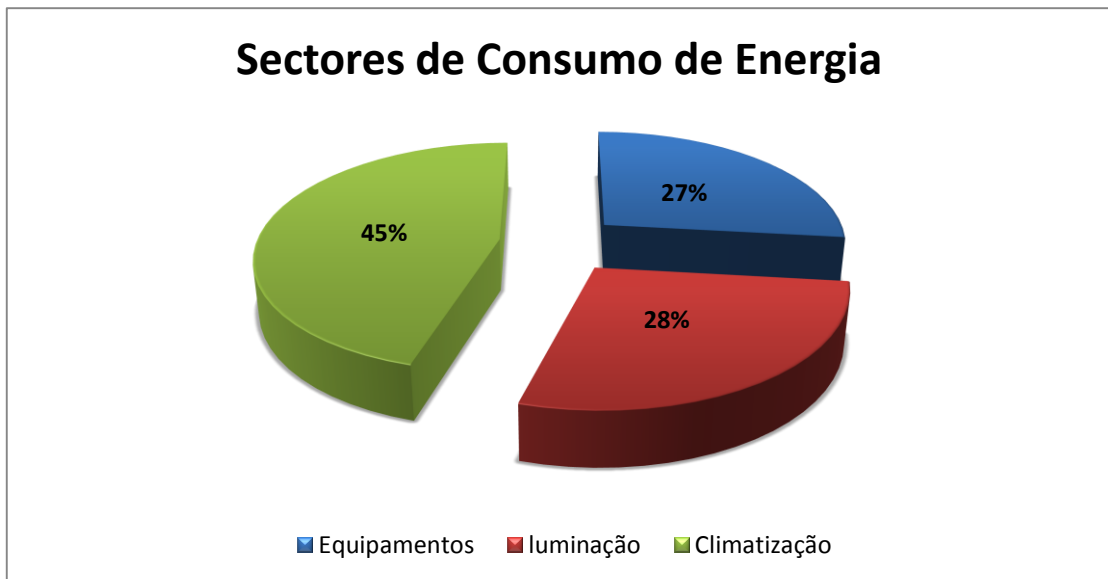


Figura 35 - Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 3 nos principais sectores

Realizada a simulação e examinados os resultados da mesma, foi possível obter os valores em baixo apresentados, como se pode observar na tabela 40.

Tabela 40 – Consumo nominal do edifício com a medida 3

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kgép)	Factor correção climática	Energia primária (kgép/ano)	IEE (kgép/m ² .ano)
Iluminação	95753	0.29	1.00	27768	24.78
Equipamentos	92479		1.00	26819	
Aquecimento	2254		1.00	654	
Arrefecimento	154884		1.00	44916	
Total	345370				

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 24,78 kgép/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe A, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgép/m².ano como se apresenta na figura 36.

IEE ref	34.1 kgép/m².ano	S	13.63
IEE ref-0.75.S	23.88	Limite Superior da Classe A+	
IEE ref-0.50.S	27.29	Limite Superior da Classe A	
IEE ref-0.25.S	30.69	Limite Superior da Classe B	
IEE ref	34.10	Limite Superior da Classe B-	
IEE ref +0.50.S	40.92	Limite Superior da Classe C	
IEE ref +1.S	47.73	Limite Superior da Classe D	
IEE ref + 1.5.S	54.55	Limite Superior da Classe E	
IEE ref + 2.S	61.36	Limite Superior da Classe F	
IEE nom > IEE ref + 2.S		Sem Limite - Classe G	

O edifício insere-se na classe

A

Figura 36 – Classe energética do edifício com a medida 3

5.2.4. Simulação Energética da Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas

A aplicação desta quarta medida teve um impacto elevado nas fachadas existentes, nas quais se simulou uma intervenção completa em todas elas, desde que situadas acima da cota de soleira. A intervenção proporcionou alteração das características da parede, isto é, o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) das paredes existentes com valor de 3,9 W/m².°C deixou de ser contabilizado diretamente para a simulação, considerando-se todas as características dos materiais empregues nesta nova solução. Alteradas estas características no *EnergyPlus*, procedeu-se à simulação cujos resultados se apresentam na tabela 41.

Tabela 41 - Consumo de Energia Modelo calibrado e da Medida4

Mês	Consumo energético Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético com tratamento fachadas (kWh)	Varição (Redução) (%)
Janeiro	26123	20886	20.05%
Fevereiro	27788	22228	20.01%
Março	39160	31777	18.85%
Abril	33223	27735	16.52%
Maio	39764	34529	13.16%
Junho	43356	39730	8.36%
Julho	43004	40155	6.63%
Agosto	49263	45104	8.44%
Setembro	43252	39119	9.56%
Outubro	35183	30861	12.29%
Novembro	27957	23257	16.81%
Dezembro	26307	21256	19.20%
Total	434379	376636	13.29%
Custo energético anual (€)	59684	51750	
(kWh/m².ano)	107.48	93.20	

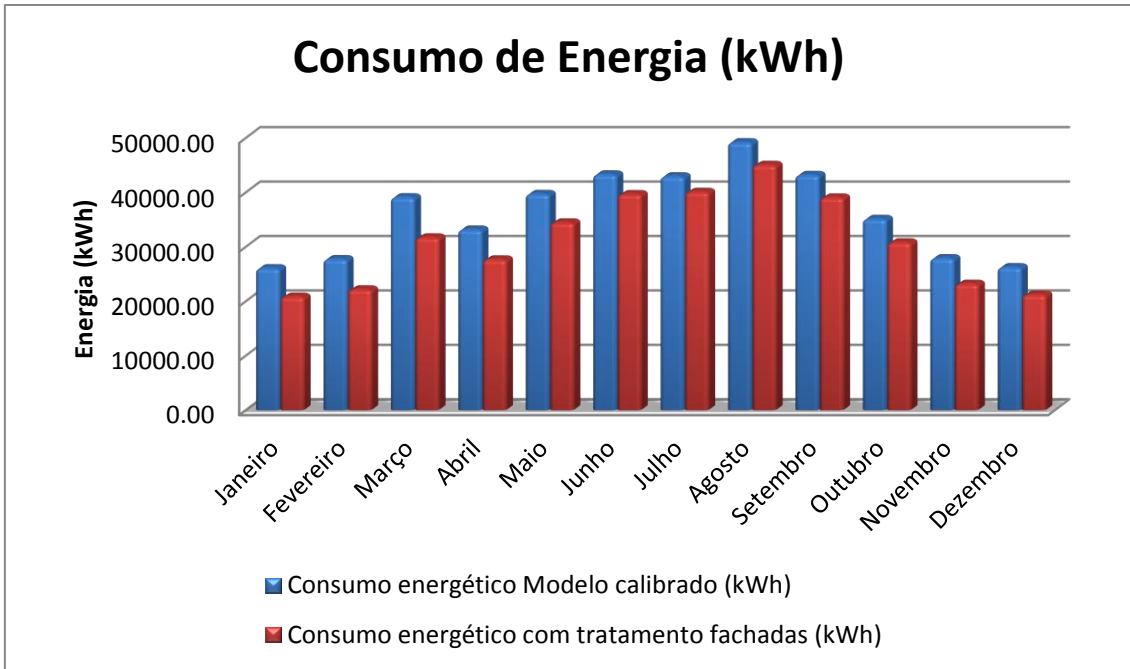


Figura 37 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Medida 4

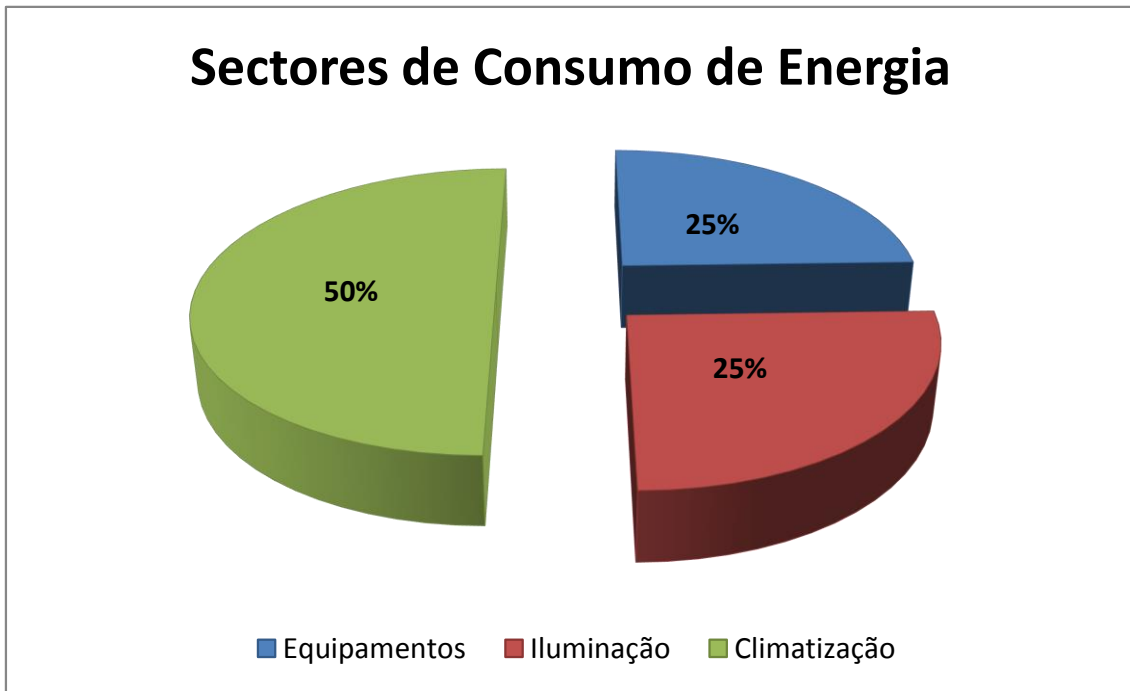


Figura 38 - Gráfico da repartição do consumo de energia da medida 4 nos principais sectores

Realizada a simulação e examinados os resultados da mesma, foi possível obter os valores em baixo apresentados, como se pode observar na tabela 42.

Tabela 42 – Consumo nominal do edifício com a medida 4

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kgep)	Factor correção climática	Energia primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m ² .ano)
Iluminação	95753	0.29	1.00	27768	27.03
Equipamentos	92479		1.00	26819	
Aquecimento	2189		1.00	635	
Arrefecimento	186216		1.00	54003	
Total	376636				

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 27,03 kgep/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe A, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgep/m².ano como se apresenta na figura 39.

IEE ref	34.1 kgep/m².ano	S	13.63
IEE ref-0.75.S	23.88	Limite Superior da Classe A+	
IEE ref-0.50.S	27.29	Limite Superior da Classe A	
IEE ref-0.25.S	30.69	Limite Superior da Classe B	
IEE ref	34.10	Limite Superior da Classe B-	
IEE ref +0.50.S	40.92	Limite Superior da Classe C	
IEE ref +1.S	47.73	Limite Superior da Classe D	
IEE ref + 1.5.S	54.55	Limite Superior da Classe E	
IEE ref + 2.S	61.36	Limite Superior da Classe F	
IEE nom > IEE ref + 2.S		Sem Limite - Classe G	

O edifício insere-se na classe



Figura 39 – Classe energética do edifício com a medida 4

5.2.5. Simulação Energética do conjunto de todas as medidas

Apresentadas e simuladas energeticamente individualmente cada medida proposta, cabe agora realizar uma simulação com todas as medidas em simultâneo, isto é, aplicar ao edifício uma intervenção de modo a aplicar as quatro medidas referidas. Para tal foram consideradas todas as características das novas propostas e acopladas num só ficheiro a simular. Feitas estas alterações no *EnergyPlus*, procedeu-se à simulação na qual se apresentam os resultados na tabela 43.

Tabela 43 - Consumo de Energia Modelo calibrado e de todas as medidas

Mês	Consumo energético Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético com todas as medidas (kWh)	Varição (Redução) (%)
Janeiro	26123	15687	39.95%
Fevereiro	27788	15091	45.69%
Março	39160	20852	46.75%
Abril	33223	18974	42.89%
Mai	39764	24085	39.43%
Junho	43356	28253	34.83%
Julho	43004	28563	33.58%
Agosto	49263	31502	36.05%
Setembro	43252	26652	38.38%
Outubro	35183	21227	39.67%
Novembro	27957	16864	39.68%
Dezembro	26307	15375	41.56%
Total	434379	230108	
Custo energético anual (€)	59684	31617	47.03%
(kWh/m².ano)	107.48	56.94	

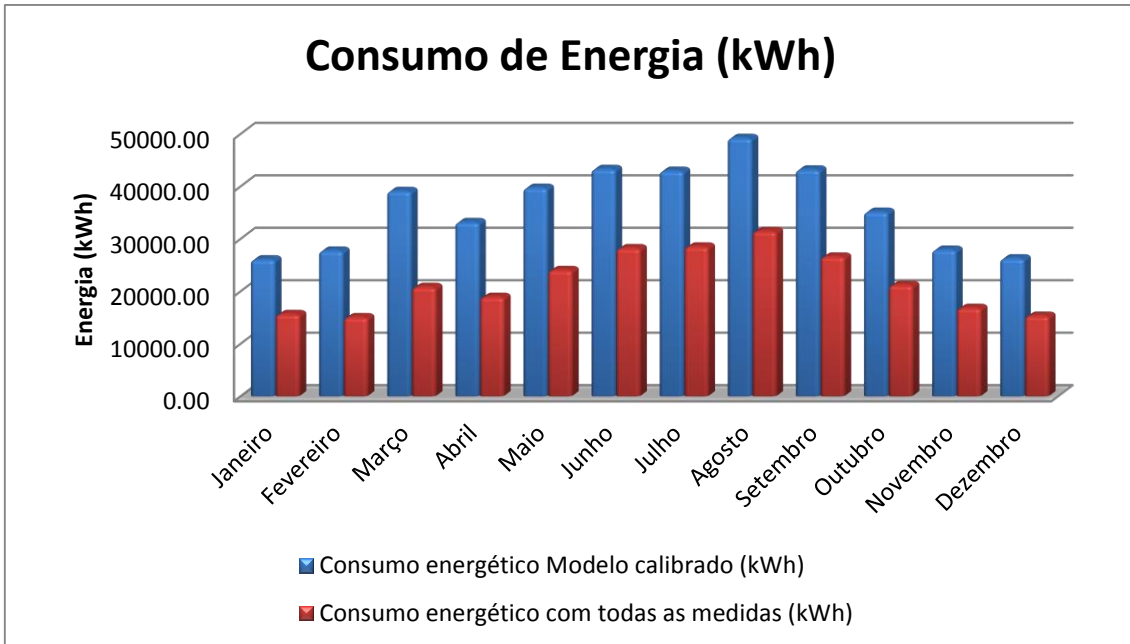


Figura 40 - Gráfico de Consumo de Energia – Modelo calibrado vs Todas as medidas

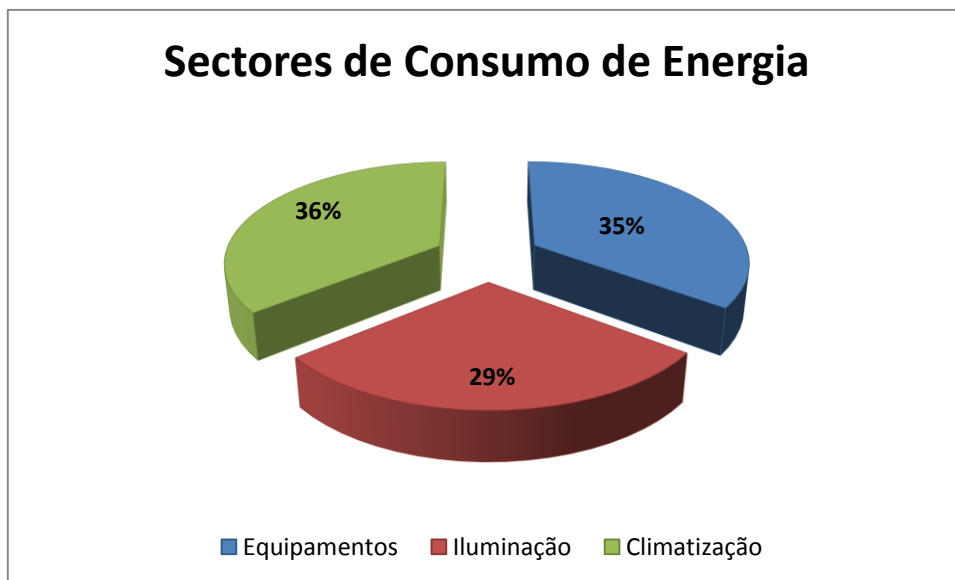


Figura 41 - Gráfico da repartição do consumo de energia de todas as medidas nos principais sectores

Realizada a simulação e examinados os resultados da mesma, foi possível obter os valores em baixo apresentados, como se pode observar na tabela 44.

Tabela 44 – Consumo nominal do edifício com todas as medidas implementadas

Sector	Consumo Energético (kWh/ano)	Factor de conversão (kWh/kgép)	Factor correção climática	Energia primária (kgép/ano)	IEE (kgép/m ² .ano)
Iluminação	65286	0.29	1.00	18933	16.51
Equipamentos	81474		1.00	23627	
Aquecimento	83349		1.00	24171	
Arrefecimento					
Total	230108				

O IEE_{nominal} determinado anteriormente de 16,51 kgép/m².ano significa que o edifício insere-se numa classe A⁺, tendo como um IEE_{referência} de 34,10 kgép/m².ano como se apresenta na figura 42.

IEE ref	34,10 kgép/m².ano	S	13.63
IEE ref-0.75.S	23.88	Limite Superior da Classe A+	
IEE ref-0.50.S	27.29	Limite Superior da Classe A	
IEE ref-0.25.S	30.69	Limite Superior da Classe B	
IEE ref	34.10	Limite Superior da Classe B-	
IEE ref +0.50.S	40.92	Limite Superior da Classe C	
IEE ref +1.S	47.73	Limite Superior da Classe D	
IEE ref + 1.5.S	54.55	Limite Superior da Classe E	
IEE ref + 2.S	61.36	Limite Superior da Classe F	
IEE nom > IEE ref + 2.S		Sem Limite - Classe G	

O edifício insere-se na classe

A⁺

Figura 42 – Classe energética do edifício com todas as medidas implementadas

Realizadas todas as simulações das medidas preconizadas bem como a sua análise de resultados, em suma a tabela 45 representa os consumos energéticos de cada medida, apresentando a variação (redução) face ao modelo calibrado. Ainda se apresenta a classe energética do edifício com a implementação de cada medida.

Tabela 45 - Quadro de resumo dos consumos energéticos

Modelo Calibrado	434 379	107.48	31.17	B ⁻	
Medida Implementada	Consumo Energético (kWh/ano)	Consumo Energético (kWh/m ² .ano)	IEE (kgep/m ² .ano)	Classe Energética	Variação Redução (%)
Unidade de Minigeração	401 363	99.32	28.8	B	7.60
Sistema de Iluminação LED	403 732	99.90	28.97	B	7.06
Novos Vãos Envidraçados	345 370	85.46	24.78	A	20.49
Tratamento da Fachada	376 636	93.20	27.03	A	13.29
Conjunto de Todas as Medidas	230 108	56.94	16.51	A ⁺	47.03

5.3. Viabilidade económica

5.3.1. Viabilidade Económica da Medida 1 – Unidade de Minigeração Fotovoltaica

A implementação da unidade de minigeração, implica um investimento global de 47 093,00 € (sem o IVA). A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de 7.60%.

De modo a simplificar o cálculo do período de retorno desta solução, teve-se em conta o consumo anual anteriormente calculado, na qual se pode observar pela tabela 46, em que o investimento terá sido recuperado entre os 10 e os 11 anos.

Tabela 46 – Período de retorno da medida 1

	Consumo energético anual Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético anual com Unidade minigeração (kWh)	Período de Retorno (anos)
	434379	401363	10.38
Custo Energético (€)	59684	55147	
Custo de Investimento (€)	-	47093	

Considerou-se para os cálculos acima referidos o preço de energia em 0,1374€/kWh.

Para um melhor entendimento da produção de energia por parte da unidade de minigeração, pode-se observar pela tabela 47 os consumos anuais ao longo do tempo. Estimaram-se ainda os consumos com projeção da atualização das tarifas futuras da energia, conforme apresentadas na tabela 48.

Tabela 47 – Produção de Energia da Unidade de Minigeração – Medida 1

Ano		24 kWp / 20 kWh	
		Produção (kWh)	Valor (€)
2013	1	34.070	5.145
2014	2	33.830	5.108
2015	3	33.590	5.072
2016	4	33.360	5.037
2017	5	33.130	5.003
2018	6	32.890	4.966
2019	7	32.660	4.932
2020	8	32.440	4.898
2021	9	32.210	4.864
2022	10	31.980	4.829
2023	11	31.760	4.796
2024	12	31.540	4.763
2025	13	31.320	4.729
2026	14	31.100	4.696
2027	15	30.880	4.663
2028	16	30.660	2.870
2029	17	30.450	2.932
2030	18	30.230	2.993
2031	19	30.020	3.062
2032	20	29.810	3.130
2033	21	29.600	3.197
2034	22	29.400	3.266
2035	23	29.190	3.331
2036	24	28.990	3.430
2037	25	28.780	3.531

Tabela 48 – Tarifas da Energia

Ano	Tarifa (€/kWh)
2013 a 2027	0,151
2028	0,094
2029	0,096
2030	0,099
2031	0,102
2032	0,105
2033	0,108
2034	0,111
2035	0,114
2036	0,118
2037	0,123

5.3.2. Viabilidade Económica da Medida 2 – Sistema de Iluminação LED

A implementação de um sistema de iluminação LED, implica um investimento global de 3 251,48 € (sem o IVA), conforme apresentado na tabela 49. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de cerca de 7,06 %.

Tabela 49 – Investimento de implementação da medida 2

Sistema de Iluminação - LED				
Tipo de Lâmpada	Quantidade	Consumo unitário (W)	Consumo total (W)	Preço (€)
Lâmpada LED ST8-HA2-100-830 10W	398	11	4378	647.15
Lâmpada LED ST8-HA2-110-865 10W	2	11	22	3.25
Lâmpada LED ST8-HA4-220-865 20W	801	22	17622	2083.90
Lâmpada LED ST8-HA5-330-865 30W	145	28	4060	495.12
Lâmpada fluorescente compactas	65	11	715	20.77
Lâmpada fluorescente compactas	4	7	28	1.28
TOTAL			26825	3251.48

Em termos de período de retorno do investimento, pode-se ver pela tabela 50, que ao fim de quase 1 ano o investimento terá sido recuperado.

Tabela 50 – Período de Retorno da medida 2

	Consumo energético anual Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético anual com Sistema de Iluminação LED (kWh)	Período de Retorno (anos)
	434379	403732	0.77
Custo Energético (€)	59684	55473	
Custo de Investimento (€)	-	3251	

Considerou-se para os cálculos acima referidos o preço de energia em 0,1374€/kWh.

5.3.3. Viabilidade Económica da Medida 3 – Sistema de novos vãos envidraçados

A implementação de um sistema de novos vãos envidraçados conforme descrito anteriormente, implica um investimento global de 83 192,68 € (sem o IVA), conforme apresentado na tabela 51. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de cerca de 20,49 %.

Tabela 51 – Investimento da medida 3

Tipo de Envidraçado	Coefficiente de transmissão térmica (U - W/m ² .°C)	Fator Solar	Quantidade (m ²)	Preço (€/m ²)	Total (€)
SGG COOL-LITE ST108	1,1	0.08	690	148.3	83192.68

Em termos de período de retorno do investimento, pode-se observar pela tabela 52, que ao fim de aproximadamente de 7 anos o investimento terá sido recuperado.

Tabela 52 – Período de retorno da medida 3

	Consumo energético anual Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético anual com Envidraçados novos (kWh)	Período de Retorno (anos)
	434379	345370	6.80
Custo Energético (€)	59684	47454	
Custo de Investimento (€)	-	83193	

Considerou-se para os cálculos acima referidos o preço de energia em 0,1374€/kWh.

5.3.4. Viabilidade Económica da Medida 4 – Melhoria dos elementos construtivos das fachadas

A intervenção da melhoria dos elementos construtivos das fachadas implica um investimento total de 78 870,67 € (sem o IVA), conforme apresentado na tabela 53. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de cerca de 13,29 %.

Tabela 53 – Investimento da medida 4

Tipo de material	Espessura (m)	Quantidade (m ²)	Preço materiais (€/m ²)	Preço mão-obra (€/m ²)	Preço Total (€)
Tijolo cerâmico	0.3	1588.00	-	-	78870.67
Placa Isolante EPS	0.05		16.80	12.00	
Argamassa	0.0035		12.79	19.50	

Em termos de período de retorno do investimento, pode-se observar pela tabela 54, que ao fim de aproximadamente de 10 anos o investimento terá sido recuperado.

Tabela 54 – Período de retorno da medida 4

	Consumo energético anual real (kWh)	Consumo energético anual com unidade minigeração (kWh)	Período de Retorno (anos)
	434379	376636	9.94
Custo Energético (€)	59684	51750	
Custo de Investimento (€)	-	78871	

Considerou-se para os cálculos acima referidos o preço de energia em 0,1374€/kWh.

5.3.5. Viabilidade Económica de todas as medidas propostas

A implementação de todas as medidas anteriormente descritas, implica um investimento global de 203 601,82 € (sem o IVA), conforme apresentado na tabela 55. A aplicação em conjunto de todas as medidas de melhoria estudadas, tem uma expressão no ciclo de faturação anual de cerca de 47,03%.

Tabela 55 – Investimento total

Tipo de Medida	Investimento (€)	Investimento Total (€)
Medida 1	38286.99	203601.82
Medida 2	3251.48	
Medida 3	83192.68	
Medida 4	78870.67	

Em termos de período de retorno do investimento, pode-se observar pela tabela 56, que ao fim de aproximadamente de 7 anos o investimento terá sido recuperado.

Tabela 56 – Período de retorno de todas as medidas juntas

	Consumo energético anual Modelo calibrado (kWh)	Consumo energético anual com todas as medidas (kWh)	Período de Retorno (anos)
	434379	230108	7.25
Custo Energético (€)	59684	31617	
Custo de Investimento (€)	-	203602	

Considerou-se para os cálculos acima referidos o preço de energia em 0,1374€/kWh.

6. CONCLUSÕES

A eficiência energética é um tema com grande impacto e da maior atualidade, com foco especial em edifícios e nestes, assume relevância especial nos grandes edifícios de serviços. Sendo a generalidade dos países que constituem a Comunidade Europeia, largamente deficitários em termos de recursos energéticos, desde 1993 que a Europa tem vindo a produzir Diretivas referentes ao tema da Eficiência Energética, conforme referido no capítulo 2 deste trabalho. Mais recentemente a exigência de melhorar o desempenho energético dos edifícios, traduziu-se nas Diretivas 31/EU/2010 e 27/EU/2012, cuja transposição para a legislação nacional incorporou o Dec. Lei 118/2013 e portarias anexas. O foco destas diretivas é o sector dos edifícios, responsáveis por um consumo de energia primária de cerca de 40 % do consumo total de energia registado na Europa.

A imposição legal de que os novos edifícios sejam NZEB a curto prazo (2018 para os governamentais e 2020 para os restantes), bem como a obrigatoriedade de cumprimento da exigência NZEB para as renovações, contribui para a atualidade do tema.

No presente trabalho procedeu-se ao estudo pormenorizado de um edifício de serviços, localizado em Setúbal, fazendo-se a sua caracterização bem como a caracterização da sua envolvente e do seu consumo energético.

Para avaliar o desempenho energético real do edifício, foi construído um modelo tridimensional (3D) utilizando o *software Google Sketchup*, sendo acoplado de um *plugin* para posterior simulação utilizando o *software EnergyPlus*. Com este modelo procedeu-se à simulação do desempenho energético da situação atual e posteriormente à simulação do desempenho energético do edifício com a implementação de quatro medidas estratégicas de melhoria do comportamento energético do edifício, para se avaliar o potencial de redução no consumo anual de eletricidade que cada solução representaria. Importa referir que os resultados obtidos na simulação do edifício no estado atual diferem em 1,83% do valor real faturado, o que permite concluir ser fiável o modelo de simulação. É de salientar que simulações das medidas propostas foram comparadas com este modelo calibrado.

Com a aplicação de um sistema de minigeração fotovoltaico (medida 1), a simulação representa uma variação de consumo energético faturado de 7,60%, ou seja permite a poupança energética anual de 33016 kWh. A implementação desta medida apresenta um investimento de 47 093,00 € e permite uma poupança na fatura no valor de 4 536,40 € anuais com um período de retorno de 10 anos, sendo considerada viável. Desta forma o edifício assume a classificação energética de Classe B (atualmente insere-se na classe B).

A substituição do sistema de iluminação existente por um sistema de iluminação com tecnologia LED representa uma variação de consumo energético faturado de 7,06 %, isto é, permite uma poupança energética anual de 30 647,17 kWh. A aplicação desta medida apresenta um investimento de 3 251,48 € e permite uma poupança na fatura no valor de 4 210,92 € anuais com um período de retorno de 1 ano. Por estes motivos esta medida é considerada viável. Desta forma o edifício assume uma classificação energética de Classe B.

A alteração/substituição dos vãos envidraçados representa uma variação de consumo energético faturado de 20,49 %, permitindo uma poupança energética anual de 89 008,57 kWh. A intervenção no edifício com esta medida apresenta um investimento no valor de 83 192,68 € e uma poupança anual de 12 229,78 € na fatura, com um período de retorno de 7 anos. Esta medida é considerada viável e desta forma o edifício assume uma classificação energética de Classe A.

O tratamento das fachadas com novos materiais e um sistema ETICS apresenta uma variação de consumo energético faturado de 13,29 %, reduzindo o consumo energético anual em 57 742,69 kWh. Esta medida tem um investimento de 78 870,67 € com uma poupança anual de 7 933,84 € e com um período de retorno de 10 anos. Apesar de esta medida apresentar um período de retorno mais elevado que as restantes, é uma mais-valia para o edifício o tratamento das fachadas para a sua eficiência energética. Desta forma o edifício assume uma classificação energética da Classe A.

Por último foi simulado o modelo com todas as medidas em simultâneo, isto é, com implementação do sistema de minigeração fotovoltaico, com aplicação da iluminação LED, alteração/substituição dos vãos envidraçados e tratamento das fachadas, resultando uma variação (redução) de consumo energético faturado no total de 47,03 %, reduzindo-se o consumo energético anual em 204 270,56 kWh. O investimento total da implementação de todas as medidas é de 203 601,82 € que possibilita uma poupança anual na fatura energética de 28 066,77 €. A implementação de todas as medidas tem um período de retorno de 7 anos, tornando-se viável. O edifício com a aplicação de todas as medidas assume uma classificação energética da Classe A⁺.

Em baixo é apresentada uma tabela na qual representa os consumos energéticos de cada medida imposta, assim como a classificação energética associada.

Tabela 57 - Quadro de resumo das medidas implementadas

Modelo Calibrado	434 379	107.48	31.17	B ⁻	
Medida Implementada	Consumo Energético (kWh/ano)	Consumo Energético (kWh/m ² .ano)	IEE (kgep/m ² .ano)	Classe Energética	Varição Redução (%)
Unidade de Minigeração	401 363	99.32	28.8	B	7.60
Sistema de Iluminação LED	403 732	99.90	28.97	B	7.06
Novos Vãos Envidraçados	345 370	85.46	24.78	A	20.49
Tratamento da Fachada	376 636	93.20	27.03	A	13.29
Conjunto de Todas as Medidas	230 108	56.94	16.51	A ⁺	47.03

O valor da tarifa da energia utilizado foi de 0,1374 €/kWh.

Com uma análise detalhada da presente temática fundamental na atualidade bem como a caracterização de todo o edifício, foi possível atingir todos os objetivos nomeadamente a melhoria da classificação energética do mesmo, onde o mesmo com as implementações de todas as medidas referidas e posteriormente simulado, assume uma Classe A⁺.

O valor atual do consumo anual de eletricidade no edifício é de 442 482 kWh e que com a implementação de todas as medidas estudadas no modelo de simulação, o consumo anual passaria a ser de 204 271 kWh.

A resposta à questão de o edifício tender para um NZEB, com as medidas estudadas, não pode ser dada face à atual legislação do país perante a definição de um NZEB, pois ainda não definiu este conceito. Mas considerando outros países da Europa, que já definiram o conceito de NZEB, como por exemplo, a Áustria, a Dinamarca e a Holanda com valores de consumos energéticos anuais máximos de 45 kWh/m².ano, 25 kWh/m².ano e 0 kWh/m².ano respetivamente, verificamos que, com os critérios desses países, o edifício não pode ser considerado um NZEB, pois o valor de consumo anual ultrapassa os limites impostos. Face a outros países da Europa como a França, Chipre, Estónia, Letónia e Eslováquia com valores de consumos energéticos anuais máximos de 110 kWh/m².ano, 210 kWh/m².ano, 100 kWh/m².ano, 95 kWh/m².ano e 60 kWh/m².ano respetivamente, o edifício pode então ser considerado um NZEB. Salienta-se que o consumo máximo definido pela Holanda (0 kWh/m².ano) para um NZEB, significa de facto que nesse país o conceito de NZEB é o de um nZEB (net Zero Energy Building), ou seja, um edifício de balanço energético anual nulo.

Com a execução das medidas propostas, a redução do consumo anual de eletricidade seria aproximadamente de 47 %, o que significa que seria necessário estudar a instalação de um conjunto de outros sistemas geradores de energia ou alterar profundamente o funcionamento do edifício atual, para se garantir que o edifício passasse a ser um nZEB. De facto esses sistemas geradores de energia ou medidas adicionais de redução de consumos, deveriam garantir uma redução de $100 - 47 = 53$ % do consumo anual para se conseguir um nZEB.

Consequentemente, e extrapolando para outros edifícios, os resultados obtidos no estudo realizado para um grande edifício de serviços em exploração, conclui-se que se podem obter reduções significativas de consumos energéticos. No entanto, é expectável ser muito difícil conseguir que um edifício de serviços passe a ser um nZEB.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] “ELECTRA, Para uma indústria da engenharia elétrica competitiva e sustentável na União Europeia” 2014 Online Available:

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/documents/electra_comm/electra_comm_2009_0594_pt.pdf.

[2] “Diretiva 2010/31/EU Do Parlamento Europeu e Do Conselho de 19 de Maio de 2010 Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios”, 2010, pp. L 153/13 – L 153/35.

[3] “Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto”, 2013, pp. 4988 – 5005.

[4] REHVA Journal, “How to define nearly net zero energy buildings nZEB – REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast”, 2011, Online Available:

http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2011/How_to_define_nearly_net_zero_energy_buildings_nZEB.pdf

[5] “DGEG – Direção Geral da Energia e Geologia”, Online Available:

<http://www.dgeg.pt/>

[6] “Diretiva 93/76/CEE do Conselho de 13 de Setembro de 1993 relativa à limitação das emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficácia energética (SAVE)”, 1993, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993L0076&from=PT>

[7] “Diretiva 2002/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios”, 2002, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=PT>

[9] “Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential”, 2006, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:EN:PDF>

[10] “Segunda análise Estratégica da Política Energética”, 2009, Online Available:

<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+TA+P6-TA-2009-0038+0+DOC+PDF+V0//PT>

[11] “Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização da energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE”, 2009, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pt:PDF>

[12] “Regulamento Delegado N°244/2012 da Comissão de 16 de Janeiro de 2012”, 2012, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0018:0036:PT:PDF>

[13] “University of Copenhagen – Green Lighthouse”, 2014, Online Available:

<http://www.greenlighthouse.ku.dk/english/presskit/>

[14] “VELUX – Green Lighthouse”, 2014, Online Available:

http://www.velux.com/sustainable_living/demonstration_buildings/Green_Lighthouse

[15] “GreenOffice – Positive Energy Offices, Green Office Meudon”, 2014, Online Available:

<http://www.green-office.fr/en/realisations/meudon/overview>

[16] “GreenOffice – Positive Energy Offices, Architecture of Green Office Meudon”, 2014, Online Available:

<http://www.green-office.fr/en/realisations/meudon/meudon-architecture>

[17] “GreenOffice – Positive Energy Offices, Energy Performance of Green Office Meudon”, 2014, Online Available:

<http://www.green-office.fr/en/realisations/meudon/meudon-performance>

[18] “Diretiva 2012/27/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2012 relativa à eficiência energética”, 2012, Online Available:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:PT:PDF>

[19] “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE”, 2006, pp. 2468 – 2513

[20] “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, RSECE”, 2006, pp. 2416 – 2468

[21] IPMA, “Normais Climatológicas” 2014 [online] Available: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima>

ANEXO A

A – PEÇAS DESENHADAS

Nota: As peças desenhadas encontram-se em formato digital (CD)

ANEXO B

B – MODELAÇÃO GOOGLE SKETCHUP

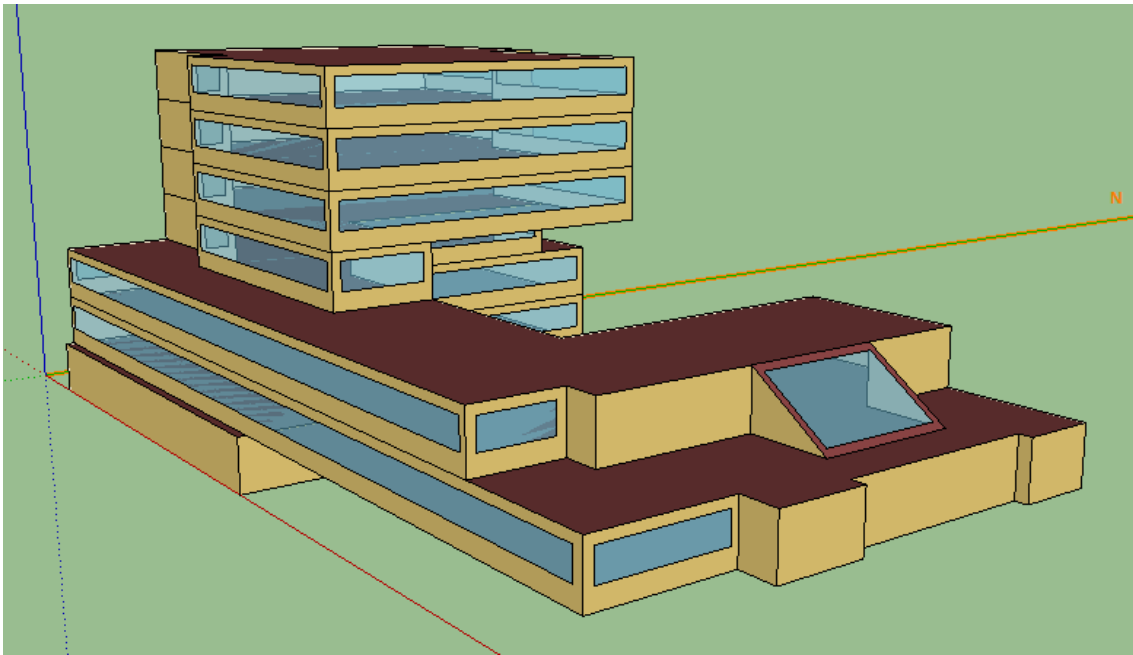


Figura B.1 – Alçado Sudeste do edifício

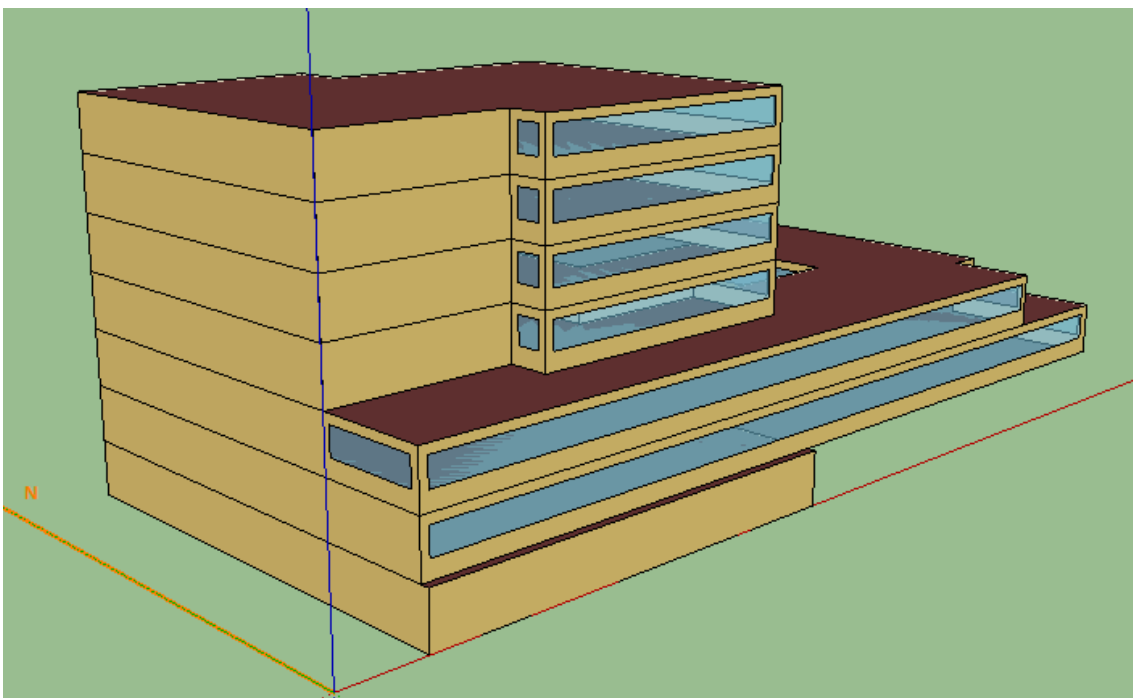


Figura B.2 – Alçado Sudoeste do edifício

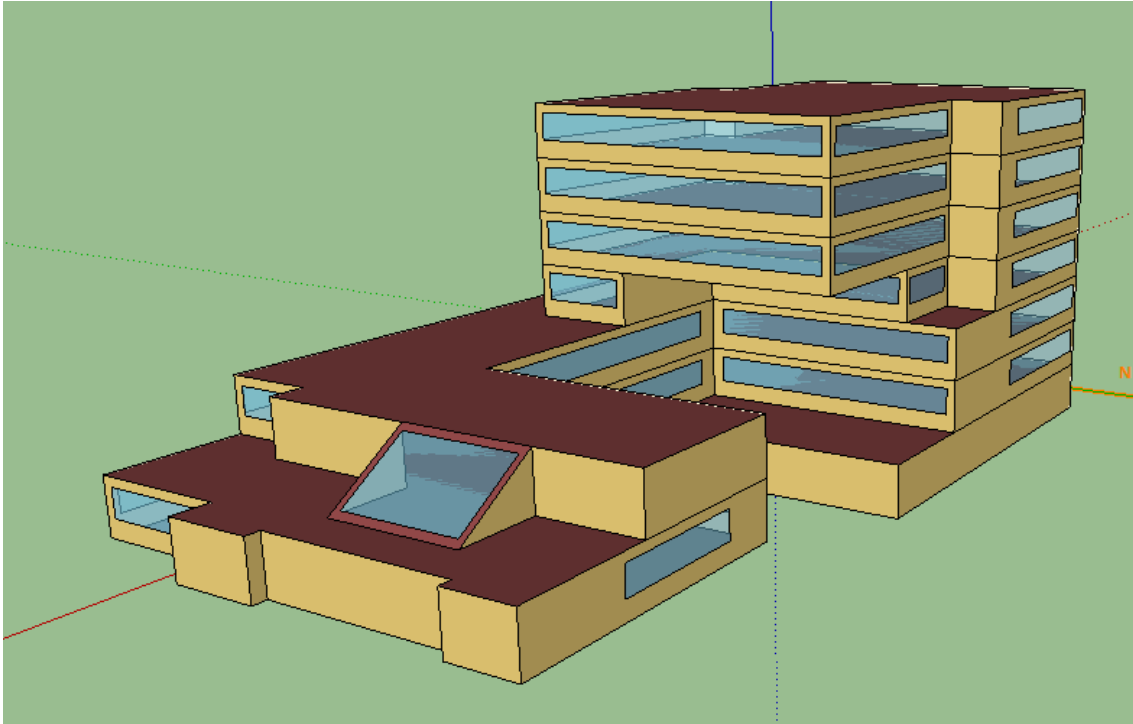


Figura B.3 – Alçado Nordeste do edifício

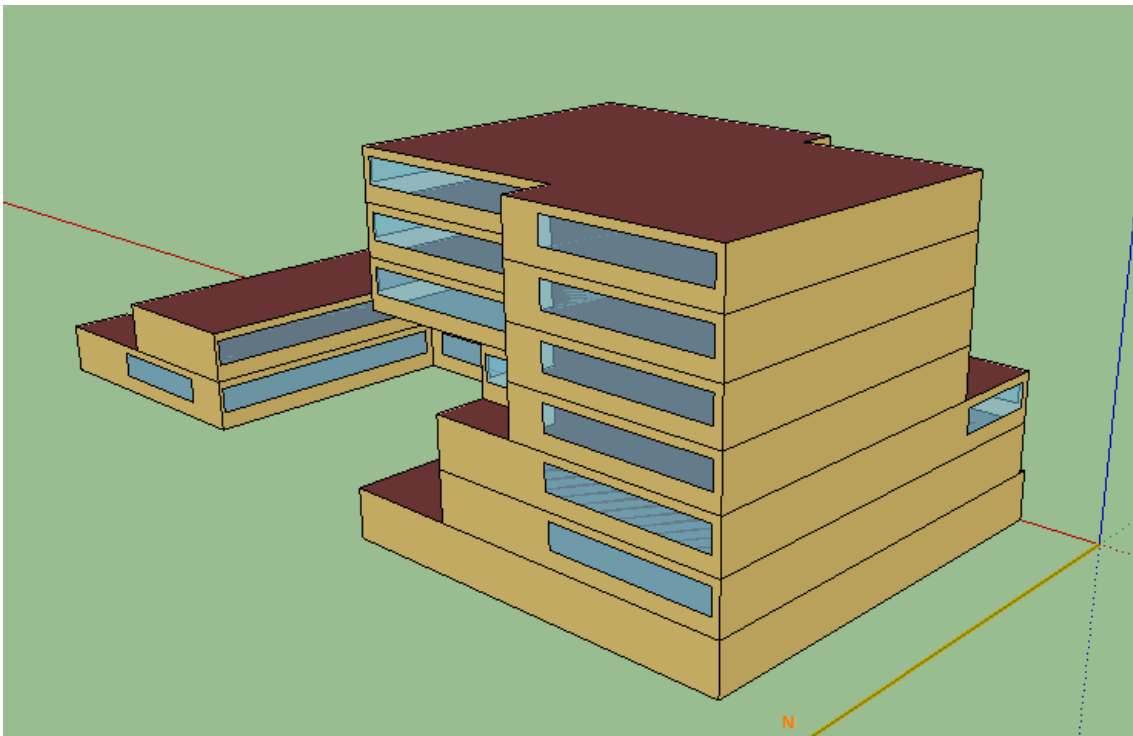


Figura B.4 – Alçado Noroeste do edifício

ANEXO C

C – CERTIFICADO ENERGÉTICO



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização Estrada dos Ciprestes, 15

Localidade Setúbal Freguesia SETUBAL (SANTA MARIA DA GRAÇA)

Concelho SETUBAL Região Portugal Continental

Data de emissão 30/03/2011 Data de validade 30/03/2014

Nome do perito qualificado Ana Teresa Pinto de Azevedo Costa N.º de PQ PQ00095

Imóvel descrito na 1.ª Conservatória do Registo Predial de Setúbal

sob o n.º 260 Art. matricial n.º 1187 Fogo/Fracção autón. _____

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RISECE), Decreto-Lei 78/2006 de 4 de Abril, classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.scdne.pt

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Valor do Indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética 33,91 kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B*) 34,1 kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A+ 23,8775 kgep/m².ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal 164,4 toneladas de CO₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



O indicador de eficiência energética, IEEnom, mede o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob condições nominais de funcionamento e por unidade de área, de forma a permitir comparações objetivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das situações e padrões de comportamento das situações. O valor de referência para este indicador (IEEref) está definido no D.L. 78/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes aqueta data. Nos casos de edifício ou fracções autónomas com mais de uma tipologia de atividade, o IEEnom e IEEref correspondem a valores ponderados de acordo com as áreas afectas a cada tipologia.

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

2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel cumpre com os requisitos aplicáveis estabelecidos no D.L. 78/2006 de 4 de Abril relativamente à qualidade do ar interior. Conforme aplicáveis, esses requisitos visam, através de verificação das condições de projecto ou de realização de auditorias periódicas, assegurar que o edifício ou fracção autónoma dispõe de condições adequadas para que as concentrações de poluentes no ar interior sejam inferiores às concentrações máximas de referência, salvaguardando assim a saúde dos seus ocupantes.



3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

O edifício encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Setúbal, na zona climática 11V2S, implantado à cota de 16 m e uma distância à costa marítima de 0,98 km.

O espaço em estudo, Edifício da EDP sito na Estrada dos Ciprestes, é constituído por 7 pisos acima do solo e 1 abaixo da cota de soleira. No piso 1 localizam-se as entradas do edifício onde se encontra a recepção, assim como um posto médico. Os pisos 1 a 6 encontram-se os escritórios destinados maioritariamente a serviços administrativos e caracterizados por "open space" assim como por alguns gabinetes colectivos e individuais, salas de reunião e salas de formação.

No piso 6, para além das salas de formação e reuniões, existe um bar com serviço de refeições para uso dos funcionários da EDP, assim como um pequeno refeitório usado essencialmente pelos funcionários do piquete.

No piso 7 encontram-se os banheiros e a casa das máquinas.

Existe ainda um piso em cave destinado a estacionamento, armazéns e salas técnicas (sala do Quadro Geral de Bateria Tensão, e bombagem da rede de incêndio).

O edifício encontra-se isolado, não sendo confinante com outras edificações. O edifício possui fachadas com orientação Norte, Sul, Este e Oeste. A fachada principal do edifício está orientada a Sul.

Foi considerada a tipologia de escritórios (3299,16 m²) e estabelecimento de saúde sem internamento (214,43 m²), com inércia média, com os espaços complementares: estacionamento (313,31 m²), armazém (152,28 m²), e cozinha (82,12 m²).

Os espaços não úteis encontrados neste edifício foram os seguintes: armazém (arquivos localizados no piso 0) e garagem.

Neste edifício existe aproveitamento de energias renováveis, mais especificamente da energia solar. Existe microprodução de energia eléctrica através de um sistema fotovoltaico e um sistema solar térmico para produção de água quente sanitária.

A produção de energia térmica para o sistema centralizado de climatização é feita por três chillers/bombas de calor. A distribuição de água arrefecida/aquecida é feita por um sistema a 4 tubos e 93 ventiloconvectores verticais e de conduta e 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's) do tipo 100% ar novo. Em algumas divisões existem sistemas independentes de expansão directa do tipo split.

A iluminação das zonas úteis é, maioritariamente, constituída por lâmpadas fluorescentes, tubulares T5 e compactas, equipadas com balastos electrónicos. A produção de água quente sanitária, AQS, dos banheiros é efectuada através de um sistema solar térmico com apoio a termoacumulador eléctrico instalado no exterior. A AQS da cozinha é efectuada por um termoacumulador eléctrico.

Os equipamentos de climatização encontram-se, em geral, em bom estado e em funcionamento.

A manutenção é assegurada por uma empresa habilitada, dispondo de técnicos credenciados, existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício preparado pelo técnico responsável pelos sistemas energéticos de climatização do edifício.

Área útil de pavimento	4041,3 m ²	Fé-direito médio ponderado	2,6 m	Ano de construção	1990	Consumo Anual Global* (p/ edif. existentes)	442482 kWh/ano
------------------------	-----------------------	----------------------------	-------	-------------------	------	---	----------------

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

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

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negro: aquelas que não obtêm o nível de nova classe energética)	Redução anual da fatura energética	Custo estimado de investimento	Período de retomo do investimento
1 Diminuir o consumo de energia de climatização desligando a UTA R.01 durante o fim-de-semana	☺☺		
2 Instalação de contadores parciais de consumo de energia eléctrica e implementação de um sistema de leitura periódica dos mesmos.			
3 Verificação periódica do estado de conservação dos filtros de ar das UTAN's e manter a limpeza periódica de todas as instalações e equipamentos			
4 Manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites mantendo o sistema de renovação de ar em funcionamento durante o período de ocupação			
5 Instalação de um sistema free-cooling na sala dos bastidores para substituição dos splits no Inverno e no período nocturno durante todo o ano.			

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

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



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

B⁺**Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:**

No cálculo das medidas propostas foram utilizados os preços médios de energia eléctrica de 0,122 €/kWh e considerados os perfis de consumos reais encontrados na Auditoria Energética. As medidas propostas destinam-se à redução dos consumos energéticos, através da alteração do regime de funcionamento de um equipamento de climatização e da instalação de um sistema free-cooling na sala dos bastidores. Foram ainda recomendadas medidas de melhoria de gestão de consumos e recomendações de conservação de boa Qualidade do Ar Interior.

5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total superior a 0,35 m.	0,96	1,8
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total de 0,30 m.	1,1	1,8
• Parede interior de separação de área útil com compartimentos não úteis (garagem) com uma espessura total de 30 cm de constituição desconhecida, revestimento interior em reboco.	1	1,8
• Parede interior de separação de área útil com compartimentos não úteis (armazém) com uma espessura total de 15 cm. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2 cm.	1,78	1,8

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de cobertura para o cálculo foi considerada uma cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso	1,84	1,25

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com o exterior, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	3,1	1,25
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com zonas não úteis, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	2,21	1,25

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

6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
• Vão simples inserido na fachada Norte com cabineira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,58
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com cabineira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,55	0,58
• Vão simples inserido na fachada Norte com cabineira metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,55	
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com cabineira metálica giratória, sem		

Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Um caso de estudo de um edifício de serviços em Setúbal



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nº CER: CE0000048169635

Nº do projeto qualificado: P200805

Data de emissão: 30/03/2011

Data de validade: 30/03/2014

classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,58
• Vão simples inserido na fachada Norte com cabideira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C)	0,34	
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com cabideira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C) e com factor solar de 0,34.	0,34	0,58
• Vão simples inserido na fachada Norte com cabideira metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,34	0,58
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com cabideira metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C) e com factor solar de 0,34.	0,34	0,58
• Vão simples inserido na fachada Este e Oeste com cabideira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C).	0,29	0,58
• Vão simples inserido na fachada Oeste com cabideira metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m ² .°C).	0,29	0,58
• Vão simples inserido na fachada Oeste, sem cabideira, giratória sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor não especificado, sem protecção solar. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 5,6 W/(m ² .°C).	0,85	0,58
• Clarabóia inserido na cobertura da sala de espera do posto medico, com cabideira metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m ² .°C) e com factor solar de 0,75.	0,75	0,58

Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% de área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portada, persiana, estore, cortina, etc.)

7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento

18889 kgepl/ano

Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento

24822 kgepl/ano

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

SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

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

• O sistema centralizado de climatização é constituído por 3 chillers/bomba de calor (potência unitária de aquecimento de 116 kW, COP de 2,83, e potência de arrefecimento de 106 kW, EER de 2,46), que climatizam o edifício através dos 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, e 4 tubos, e de 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's). Os chillers/bomba de calor estão localizados na cobertura do edifício. Cada unidade apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais, em todos os casos. Como sistemas individuais existem 4 unidades de expansão directa do tipo split, localizadas na sala de gestão técnica centralizada, na casa das máquinas dos elevadores e na sala dos bastidores. A alimentação eléctrica das bombas de calor e das UTAN's é feita através do Q. Geral AVAC e do Q.AC Piso 3.

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 5 A sala dos servidores tem instaladas duas unidades individuais de climatização do tipo split. Dada as características dos equipamentos aí instalados e das cargas térmicas envolvidas, esta sala necessita de arrefecimento constante. De forma a reduzir os consumos energéticos recomenda-se a instalação de um sistema de ventilação que funcione em modo de free-cooling, arrefecendo o ar ambiente apenas por renovação do ar interior. Este sistema pode ser conseguido através da instalação de um ventilador de extração e de uma admissão de ar do exterior dotada de um módulo de filtragem. O sistema funcionaria sempre que as condições exteriores de temperatura fossem mais favoráveis do que as interiores. A poupança de energia expectável verifica-se durante o período nocturno e nos dias de Inverno. Sempre que necessário, a partir do controlo de temperatura da sala, um dos splits entraria em funcionamento para complementar o sistema de ventilação. A poupança anual prevista seria cerca de 2,7 MWh, ou seja, 330 €/ano.

SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO)

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

• A distribuição de energia térmica é feita através de rede hidráulica a quatro tubos. As bombas de distribuição de água fria e água quente são do tipo "in-line" equipadas com motor eléctrico de rotor seco com variador de frequência. O desacoplamento hidráulico é feito por colectores. As condutas de isolamento de rede aerólita, provenientes das unidades de tratamento de ar são construídas em chapa de aço galvanizado.

Entidade gestora



Entidade operadora



48

**SUBSISTEMA DE EMISSÃO/DIFUSÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIJO) NOS ESPAÇOS TRATADOS****Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)**

• Sistema de emissão/difusão de energia térmica composto por 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, e 4 tubos. A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pelas unidades de tratamento de ar, UTAN's e pelos ventiladores de duplo fluxo VFC. Estas unidades estão nas coberturas do edifício, no piso 3 e no piso 7, excepto o VFC 01 que se encontra instalado no tecto falso do hall dos elevadores do piso 5. As UTAN's R.01 e R.05 são constituídas pelos seguintes módulos, no sentido de insuflação de ar: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, recuperador de calor do tipo Roda Térmica, filtro de sacos de classe F7, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação, atenuador de som e filtro de sacos. No sentido da extracção: filtro de ar plano de classe G3, atenuador de som, ventilador de extracção, roda térmica e secção de extracção. Ambos os ventiladores de insuflação e de extracção têm motor de transmissão por correias. Os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros. A UTAN 03 faz apenas insuflação de ar novo e é constituída pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação com transmissão por correia, atenuador de som e filtro de ar de sacos. Os ventiladores de duplo fluxo cruzado com recuperação de calor têm estrutura e painéis em aço zincado e são equipados com um permutador de placas de alumínio em calha e um filtro G4. Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no tecto falso de cada piso. As grelhas de extracção estão localizadas igualmente no tecto falso dos pisos.

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 1 O regime de funcionamento da UTAN R.01 é controlado pelo Sistema de Gestão Técnica. Verificou-se que o horário definido para este equipamento era das 7h10 às 20h, de segunda-feira a Domingo. Tendo em vista a redução dos consumos de energia e uma vez que este edifício tem ocupação apenas nos dias de semana recomenda-se a alteração do horário de funcionamento desta UTAN para o regime de Segunda a Sexta. A poupança anual expectável com esta alteração é cerca de 10400kWh/ano, o que corresponde a 1300 €/ano.

OUTRAS CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO (DETERMINANTES NA ECONOMIA DE ENERGIA, CONFORTO E QUALIDADE DO AR INTERIOR)**Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)**

• Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos de rede aerífica e de rede hidráulica, do sistema de climatização centralizado existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT) onde é feito o seguinte controlo:
 • Valores de temperatura de água nos circuitos de água fria e quente à entrada e saída dos colectores de água fria/quente;
 • Estado de funcionamento dos chillers, e das bombas de circuito secundário;
 • Contadores de entalpia nos chillers e nas UTAN's, que dão indicação do caudal dos vários circuitos de água, temperatura de ida e retorno dos mesmos, e energia consumida;
 • Set point de temperatura de água de ida e de retorno aos chillers no Inverno e Verão.
 • Horário de funcionamento das UTAN's, dos VFC's, dos ventiloconvectores e dos ventiladores de extracção;
 • Valor da temperatura ambiente exterior, da temperatura de ar insuflado e de ar extralido por cada UTAN;
 • Set point de temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
 • Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias das unidades de tratamento de ar;
 • Visualização do estado de funcionamento dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, dos ventiladores de fluxo cruzado e dos ventiladores de extracção;
 • Visualização da localização dos principais equipamentos de climatização e dos quadros eléctricos de AVAC, em cada piso.
 No SGT é possível ainda visualizar mensagem de erros, com indicação das anomalias ocorridas.

8. ILUMINAÇÃO (INTERIOR E EXTERIOR)

Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício ou fracção autónoma

28268 kgeplano

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

• O tipo de iluminação existente é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e lâmpadas fluorescentes compactas com balastos electrónicos.
 Ao todo existem 308 lâmpadas T5 de 14W, em armaduras simples, duplas, triplas e quádruplas; 2 lâmpadas T8 de 16W; 801 lâmpadas T5 de 25W, em armaduras simples e duplas; 145 lâmpadas T5 de 45W, em armaduras simples e duplas; 65 lâmpadas fluorescentes compactas de 11W, em armaduras simples e duplas; 4 lâmpadas fluorescentes compactas de 7W, em armaduras simples. A potência total instalada em iluminação interior é de 37,77 kW. Toda a iluminação é comandada manualmente, sendo que o horário de funcionamento da iluminação corresponde ao período em que se verifica actividade nos escritórios, incluindo os serviços de limpeza, o que corresponde ao período compreendido entre as 7h30 e as 19h30, nos dias de semana. Na clínica o horário de funcionamento da iluminação é das 8h às 20h, de segunda a sexta-feira. O levantamento da iluminação por piso, com indicação de quantidade, potência e localização encontra-se descrito na auditoria energética.

• A iluminação exterior é constituída por 12 armaduras de vapor de sódio de 100W e 12 armaduras simples de fluorescentes compactas de 11W. A potência total em iluminação exterior é 1,55 kW. A iluminação exterior é comandada através de um controlador horário programável.

9. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)**SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)**

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

2025 kgeplano

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

Entidade gestora



Entidade operadora



58

Reabilitação de edifícios com novas tendências NZEB – Um caso de estudo de um edifício de serviços em Setúbal



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nº CER: CE000048189635

Nº do pelo qualificado: PQ00005

Data de emissão: 30/03/2011

Data de validade: 30/03/2014

• Na cantina existe um termoacumulador eléctrico com 50 litros e 1,7 kW. O sistema de produção de água quente sanitária dos banheiros é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada associado a um depósito de acumulação com 500l de capacidade, que tem como sistema de apoio uma resistência eléctrica, de potência desconhecida. O depósito está localizado no exterior e instalado na posição vertical.

10. OUTROS CONSUMOS (INCLUINDO EQUIPAMENTOS)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Consumo nominal estimado de energia primária
<ul style="list-style-type: none"> Os equipamentos consumidores de energia existentes são os seguintes: - 2 elevadores nos escritórios (7,4 kW cada) e 1 elevador na cozinha; - 117 computadores, 3 digitalizadores, 2 equipamentos de fax, 7 fotocopiadoras, 52 impressoras, 4 projectores e 3 televisores; - 4 máquinas de água, 1 microondas, 1 moinho de café, 1 frigorífico, 1 aquecimento (50 W), 1 caixa multi-banco; - na cozinha: 1 microondas (0,68 kW), 1 moinho de café, 4 frigoríficos, 1 fogão (19 kW), 1 forno (2,5 kW), 1 arco frigorífico, 1 fritadeira, 1 batadeira (1,5 kW), 1 batadeira (0,25 kW), 1 máquina de lavar a loiça e 1 máquina de cortar fiambre; - no bar: 1 máquina de café (3 kW), 1 moinho de café, 1 torradeira (2,5 kW), 1 máquina de lavar loiça (2,2 kW); - na cobertura: 1 ventilador de extração das instalações sanitárias (0,55 kW). <p>O levantamento dos equipamentos com indicação de quantidade, potência unitária e localização encontra-se descrito na auditoria energética. Neste consumo está incluído o consumo de iluminação exterior</p>	68162 kgeplano

11. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Energia fornecida pelo sistema
<p>SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA</p> <ul style="list-style-type: none"> O sistema de produção de água quente sanitária dos banheiros é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada composto por 4 colectores solares planos perfazendo uma área total de 0,1 m², instalados na cobertura plana, com azimute Sul e inclinação de 33º, não existindo obstruções assinaláveis do horizonte. O depósito de acumulação está isolado termicamente, possui 500l de capacidade, tem permutador de calor em serpentina, está localizado no exterior e instalado na posição vertical. Os colectores solares têm certificação "Solar Keymark", foram instalados por um técnico certificado pela DGEI e têm contrato de manutenção válido por um período de seis anos. 	3708 kWh/ano

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Energia fornecida pelo sistema
<p>OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS</p> <ul style="list-style-type: none"> Neste edifício existe ainda a microprodução de energia eléctrica por painéis fotovoltaicos para consumo interno. O sistema foi instalado ao abrigo de programas comunitários de demonstração. O projecto decorreu entre 1992 e 1998, tendo entrado em actividade provavelmente em 1995, o que significa que estes painéis têm cerca de 15 anos. O sistema solar é composto por 212 painéis fotovoltaicos perfazendo uma área total de 106 m², instalados na cobertura plana do 3.º piso, com azimute Sul e sem obstruções assinaláveis do horizonte. As características dos painéis não são conhecidas apenas é do conhecimento da EDP que a potência eléctrica instalada seria de 10kW e que estão directamente ligados à rede do edifício através de um inversor e de um transformador. 	10117 kWh/ano

12. CAUDAIS DE AR NOVO POR ESPAÇO

Descrição do espaço	Caudal de ar novo	
	da solução	mínimo regulamentar
• Não aplicável		

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

Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data de auditoria
<p>• Para as medições de GAI, as zonas do edifício foram seleccionadas tendo em conta a actividade desenvolvida em cada espaço. Desta forma, para este estudo foram consideradas consideradas 7 zonas distintas: recepção, posto médico, gabinetes, open space, bar, refeitório e salas de reunião/formação, tendo sido realizadas medições em 15 pontos no interior do edifício. Foi ainda avaliado um ponto no exterior para efeitos de comparação com os valores encontrados no interior. Não foram realizadas análises ao Radão pois Setúbal não é um dos distritos em que a pesquisa deste parâmetro seja obrigatória. Relativamente à pesquisa de Legionella, de forma a garantir a representatividade dos terminais de amostragem, foram seleccionados 3 pontos de coleta: um na válvula de descarga do depósito acumulador de AQS dos banheiros e 1 num chuveiro dos banheiros femininos e outro num chuveiro dos banheiros masculinos. Face aos resultados apresentados e tendo em consideração a legislação de referência verificou-se que, para todos os pontos de medição, as concentrações encontram-se inferiores à respectiva</p>	29/11/2010

Entidade gestora



Associação Portuguesa de Qualidade

Entidade operadora



Direção Geral do Energia e Geologia



Agência Portuguesa do Ambiente

Entidade gestora do sistema Nacional de Certificação

66



concentração máxima de referência (CMR).

Foi feita a avaliação visual das respectivas condições estruturais e higiénicas de todos os equipamentos acessíveis do sistema de climatização. Da inspeção conclui-se que os equipamentos acessíveis encontram-se em bom estado de limpeza e conservação. Especificamente, no que concerne às unidades de tratamento de ar e aos ventiladores de fluxos cruzados, foi possível realizar a inspeção aos respectivos filtros e restantes componentes das unidades. De uma forma geral, os filtros inspeccionados são substituídos de acordo com o plano de manutenção estabelecido encontrando-se, no entanto, já com algum grau de sujidade tendo sido sugerida a substituição dos mesmos. O relatório da auditoria da QAI que evidencia todos os aspectos foi entregue ao promotor.

Valores verificados em auditoria para os principais parâmetros e poluentes	Concentração medida	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 microns (PM10)	0,06 mg/m ³	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1313 mg/m ³	1800 mg/m ³
Monóxido de Carbono	1,1 mg/m ³	12,5 mg/m ³
Ozono	0,1 mg/m ³	0,2 mg/m ³
Formaldeído	0,1 mg/m ³	0,1 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	0 mg/m ³	0,8 mg/m ³
Microrganismos - bactérias	250 UFC/m ³	500 UFC/m ³
Microrganismos - fungos	483 UFC/m ³	500 UFC/m ³
Legionella	0 UFC/l	100 UFC/l
Radão	Bq/m ³	400 Bq/m ³

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 4 De forma a manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites cumprindo, desta forma, com os requisitos de Qualidade do Ar Interior, recomenda-se que os ventiladores de insuflação de ar das unidades de tratamento de ar se mantenham em funcionamento durante todo o período de ocupação dos espaços.

14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

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

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

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 2 Uma eficaz gestão de energia necessita do conhecimento e controlo dos consumos de energia individualizados por sector. Desta forma recomenda-se, ainda, a instalação de contadores parciais de energia eléctrica nos principais consumidores, nomeadamente os seguintes quadros eléctricos: Q. Geral AVAC, Q. AC Piso 3 e Q. Servidores. As leituras periódicas dos contadores e o seu registo constituem uma ferramenta útil de controlo e conhecimento dos consumos. É expectável com a aplicação desta medida e de acções correctivas dela decorrentes, uma redução nos consumos de energia, uma vez que se poderão detectar algumas anomalias durante o funcionamento normal da instalação.

Proposta 3 As condições de higiene e de manutenção dos sistemas de AVAC são um dos factores fundamentais na garantia de uma boa QAI nos espaços que estes sistemas servem, pelo que se recomenda a verificação do estado de contaminação, odores e de conservação dos filtros das UTAN's e restantes componentes, com a periodicidade estabelecida no plano de manutenção, e a antecedente substituição dos filtros de ar caso seja necessário. Adicionalmente recomenda-se manter a limpeza periódica de todas as instalações e equipamentos com especial incidência nos locais com ocupação permanente.

15. TÉCNICOS RESPONSÁVEIS

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

Nome do técnico: Mário Alberto Mano Gomes

Ordem ou Associação Profissional: Anet

Nº de membro: 08026

TÉCNICO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nome do técnico: Manuel José de Silva Bagueças

Entidade gestora



Entidade operadora



7/8



Empresa: Sotecnica - Sociedade Electrónica, S.A.	Nº de alvará IMOPPI / InCI	55
--	----------------------------	----

TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nome do técnico: Manuel José de Silva Bagueeses	Nº de alvará IMOPPI / InCI	55
Empresa: Sotecnica - Sociedade Electrónica, S.A.		

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

CALDEIRAS

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

• Não aplicável

SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS

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

• Não aplicável

EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

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

• Não aplicável

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

O valor total de área apresentado corresponde ao somatório de 3575,71 m² de área útil e 485,59 m² de espaços complementares (armazéns e estacionamento).
 Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica (U_{max}) indicados, para a envolvente opaca são apenas aplicáveis a novos edifícios, devendo, no entanto, ser tomados como referência para efeitos de identificação de oportunidades de melhoria.
 Para a determinação dos coeficientes de transmissão térmica das paredes de alvenaria, das coberturas e dos pavimentos foi adoptada a simplificação da NT-SCE-01.
 Para determinação do nível de infiltrações foi utilizada a metodologia apresentada no D.L. 80/2008.
 Os consumos de energia de aquecimento determinados por simulação dinâmica foram agravados em 5%, por não terem sido contabilizadas as perdas pelas pontes térmicas lineares, segundo o recomendado pela Pergunta & Resposta n.º D5 do RSECE – Energia (versão 1.2), de Novembro 2008.
 Os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U) das paredes foram majorados em 35%, de acordo com as regras de simplificação da NT-SCE-01, de forma a serem contempladas as pontes térmicas planas.
 Utilizaram-se os valores de referência da NT-SCE-01 para a determinação da eficiência dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias.
 A metodologia de verificação do cumprimento dos requisitos da QAI foi a definida na Nota Técnica NT-SCE-02 de Março de 2009, publicada pela ADENE, cumprindo-se com os requisitos do cálculo do número de pontos, tipo e características dos equipamentos utilizados nas medições e o período de amostragem.
 A documentação entregue pelo promotor foi a seguinte:
 - Cópia da caderneta predial;
 - Cópia do registo na conservatória predial;
 - Planos de arquitectura;
 - Alguns elementos do projecto de AVAC;
 Não foi possível obter alçados.
 Por falta de melhor informação considerou-se o ano de inscrição na matriz, como o ano de construção do edifício.
 Os levantamentos e medições foram efectuados em 27 de Julho, 1 e 2 de Setembro e em 19 de Outubro de 2010. As visitas foram acompanhadas pelo Gestor do Edifício Sr. Noel Carmoeses.

ANEXO D

D – TABELAS DE “OUTPUTS” DO SIMULADOR ENERGYPLUS

MODELO CALIBRADO

Tabela D.1 – Consumo energético do AVAC

Data	Necessidades de Aquecimento (kWh)	Necessidades de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	1175.66	9323.15
Fevereiro	775.98	12875.97
Março	468.54	21579.22
Abril	340.34	18002.78
Maiο	46.27	23349.80
Junho	0.00	26987.93
Julho	0.19	28123.82
Agosto	7.29	32143.41
Setembro	41.25	27586.63
Outubro	142.85	19415.96
Novembro	406.38	11926.52
Dezembro	891.99	10535.44
TOTAL	4296.74	241850.64

Tabela D.2 – Consumo energético do sistema de iluminação

Data	Iluminação Interior (kWh)	Iluminação Exterior (kWh)
Janeiro	7859.65	88.21
Fevereiro	7111.11	79.81
Março	8608.19	96.61
Abril	7485.38	84.01
Maiο	8233.92	92.41
Junho	8233.92	92.41
Julho	7485.38	84.01
Agosto	8608.19	96.61
Setembro	7859.65	88.21
Outubro	7859.65	88.21
Novembro	7859.65	88.21
Dezembro	7485.38	84.01
TOTAL	94690.09	1062.69

Tabela D.3 – Consumo energético dos equipamentos

Data	Equipamentos (kWh)
Janeiro	7676.11
Fevereiro	6945.06
Março	8407.17
Abril	7310.58
Maio	8041.64
Junho	8041.64
Julho	7310.58
Agosto	8407.17
Setembro	7676.11
Outubro	7676.11
Novembro	7676.11
Dezembro	7310.58
TOTAL	92478.90

Tabela D.4 – Temperatura média do ar interior

Data	Temperatura média do ar interior (°C)
Janeiro	18.08
Fevereiro	18.71
Março	19.87
Abril	21.36
Maio	22.48
Junho	24.69
Julho	26.32
Agosto	25.46
Setembro	24.76
Outubro	22.90
Novembro	20.34
Dezembro	18.00

MEDIDA 2 – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED

Tabela D.5 – Consumo energético do AVAC

Data	Necessidades de Aquecimento (kWh)	Necessidades de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	1441.22	8522.97
Fevereiro	964.23	12056.59
Março	585.54	20467.51
Abril	439.94	17050.77
Maio	66.84	22196.32
Junho	0.00	25747.30
Julho	1.59	26982.88
Agosto	11.60	30866.99
Setembro	58.27	26450.69
Outubro	205.10	18405.57
Novembro	529.70	11037.81
Dezembro	1108.19	9763.86
TOTAL	5412.22	229549.25

Tabela D.6 – Consumo energético do sistema de iluminação

Data	Iluminação Interior (kWh)	Iluminação Exterior (kWh)
Janeiro	6244.29	88.21
Fevereiro	5649.60	79.81
Março	6838.99	96.61
Abril	5946.94	84.01
Maio	6541.64	92.41
Junho	6541.64	92.41
Julho	5946.94	84.01
Agosto	6838.99	96.61
Setembro	6244.29	88.21
Outubro	6244.29	88.21
Novembro	6244.29	88.21
Dezembro	5946.94	84.01
TOTAL	75228.84	1062.69

Tabela D.7 – Consumo energético dos equipamentos

Data	Equipamentos (kWh)
Janeiro	7676.11
Fevereiro	6945.06
Março	8407.17
Abril	7310.58
Maio	8041.64
Junho	8041.64
Julho	7310.58
Agosto	8407.17
Setembro	7676.11
Outubro	7676.11
Novembro	7676.11
Dezembro	7310.58
TOTAL	92478.90

Tabela D.8 – Temperatura média do ar interior

Data	Temperatura média do ar interior (°C)
Janeiro	18.03
Fevereiro	18.67
Março	19.83
Abril	21.32
Maio	22.44
Junho	24.65
Julho	26.29
Agosto	25.42
Setembro	24.72
Outubro	22.85
Novembro	20.30
Dezembro	17.95

MEDIDA 3 – ENVIDRAÇADOS

Tabela D.9 – Consumo energético do AVAC

Data	Necessidades de Aquecimento (kWh)	Necessidades de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	609.73	5691.76
Fevereiro	419.97	7360.57
Março	268.97	12822.36
Abril	180.39	11297.17
Maio	50.94	15564.93
Junho	3.41	18356.90
Julho	4.99	19108.63
Agosto	2.56	21178.87
Setembro	20.23	17386.83
Outubro	71.71	12232.74
Novembro	200.57	7643.19
Dezembro	420.94	6240.46
TOTAL	2254.41	154884.40

Tabela D.10 – Consumo energético do sistema de iluminação

Data	Iluminação Interior (kWh)	Iluminação Exterior (kWh)
Janeiro	7859.65	88.21
Fevereiro	7111.11	79.81
Março	8608.19	96.61
Abril	7485.38	84.01
Maio	8233.92	92.41
Junho	8233.92	92.41
Julho	7485.38	84.01
Agosto	8608.19	96.61
Setembro	7859.65	88.21
Outubro	7859.65	88.21
Novembro	7859.65	88.21
Dezembro	7485.38	84.01
TOTAL	94690.09	1062.69

Tabela D.11 – Consumo energético dos equipamentos

Data	Equipamentos (kWh)
Janeiro	7676.11
Fevereiro	6945.06
Março	8407.17
Abril	7310.58
Maio	8041.64
Junho	8041.64
Julho	7310.58
Agosto	8407.17
Setembro	7676.11
Outubro	7676.11
Novembro	7676.11
Dezembro	7310.58
TOTAL	92478.90

Tabela D.12 – Temperatura média do ar interior

Data	Temperatura média do ar interior (°C)
Janeiro	17.80
Fevereiro	18.46
Março	19.61
Abril	20.78
Maio	21.97
Junho	24.02
Julho	25.29
Agosto	24.71
Setembro	24.01
Outubro	22.17
Novembro	19.93
Dezembro	17.94

MEDIDA 4 – TRATAMENTO DAS FACHADAS

Tabela D.13 – Consumo energético do AVAC

Data	Necessidades de Aquecimento (kWh)	Necessidades de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	775.96	4486.04
Fevereiro	430.09	7662.29
Março	128.80	14536.28
Abril	71.29	12783.24
Maiο	5.88	18155.41
Junho	0.00	23362.34
Julho	0.00	25274.68
Agosto	0.00	27991.84
Setembro	0.29	23494.40
Outubro	14.74	15221.86
Novembro	160.39	7472.83
Dezembro	601.07	5774.97
TOTAL	2188.51	186216.18

Tabela D.14 – Consumo energético do sistema de iluminação

Data	Iluminação Interior (kWh)	Iluminação Exterior (kWh)
Janeiro	7859.65	88.21
Fevereiro	7111.11	79.81
Março	8608.19	96.61
Abril	7485.38	84.01
Maiο	8233.92	92.41
Junho	8233.92	92.41
Julho	7485.38	84.01
Agosto	8608.19	96.61
Setembro	7859.65	88.21
Outubro	7859.65	88.21
Novembro	7859.65	88.21
Dezembro	7485.38	84.01
TOTAL	94690.09	1062.69

Tabela D.15 – Consumo energético dos equipamentos

Data	Equipamentos (kWh)
Janeiro	7676.11
Fevereiro	6945.06
Março	8407.17
Abril	7310.58
Maio	8041.64
Junho	8041.64
Julho	7310.58
Agosto	8407.17
Setembro	7676.11
Outubro	7676.11
Novembro	7676.11
Dezembro	7310.58
TOTAL	92478.90

Tabela D.16 – Temperatura média do ar interior

Data	Temperatura média do ar interior (°C)
Janeiro	19.66
Fevereiro	20.38
Março	21.76
Abril	22.79
Maio	23.71
Junho	25.55
Julho	26.85
Agosto	26.20
Setembro	25.65
Outubro	24.05
Novembro	21.84
Dezembro	19.61

COMBINAÇÃO DE TODAS AS MEDIDAS

Tabela D.19 – Consumo energético do AVAC

Data	Necessidades de Aquecimento (kWh)	Necessidades de Arrefecimento (kWh)
Janeiro	750.22	928.34
Fevereiro	391.47	2024.62
Março	108.59	5400.26
Abril	57.72	5574.96
Maio	8.05	9400.84
Junho	0.00	13577.23
Julho	0.00	15221.68
Agosto	0.00	16159.37
Setembro	0.00	12643.85
Outubro	6.94	7211.23
Novembro	125.76	2729.81
Dezembro	523.77	1509.36
TOTAL	1972.52	92381.56

Tabela D.20 – Consumo energético do sistema de iluminação

Data	Iluminação Interior (kWh)	Iluminação Exterior (kWh)
Janeiro	6244.29	88.21
Fevereiro	5649.60	79.81
Março	6838.99	96.61
Abril	5946.94	84.01
Maio	6541.64	92.41
Junho	6541.64	92.41
Julho	5946.94	84.01
Agosto	6838.99	96.61
Setembro	6244.29	88.21
Outubro	6244.29	88.21
Novembro	6244.29	88.21
Dezembro	5946.94	84.01
TOTAL	75228.84	1062.69

Tabela D.21 – Consumo energético dos equipamentos

Data	Equipamentos (kWh)
Janeiro	7676.11
Fevereiro	6945.06
Março	8407.17
Abril	7310.58
Maio	8041.64
Junho	8041.64
Julho	7310.58
Agosto	8407.17
Setembro	7676.11
Outubro	7676.11
Novembro	7676.11
Dezembro	7310.58
TOTAL	92478.90

Tabela D.22 – Temperatura média do ar interior

Data	Temperatura média do ar interior (°C)
Janeiro	19.37
Fevereiro	20.25
Março	21.65
Abril	22.36
Maio	23.31
Junho	24.87
Julho	25.76
Agosto	25.43
Setembro	24.90
Outubro	23.33
Novembro	21.49
Dezembro	19.65

ANEXO E

E – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS SOLUÇÕES

Nota: As características técnicas das soluções encontram-se em formato digital
(CD)

