



Dissertação

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

**Auditoria e Avaliação do Desempenho
Energético de um Pequeno Edifício de Serviços
Municipal**

Teresa Fátima Diogo Rolo

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor João António Esteves Ramos, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, Março de 2015

À Minha Família

Aos meus pais que sempre me apoiaram e
incentivaram

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer ao meu orientador, Doutor João Ramos, pelos conhecimentos e tempo disponibilizado, pela sua boa vontade e apoio, sem o qual era impossível a realização da presente dissertação.

Tenho também o prazer de agradecer ao Doutor João Sousa, pelo tempo disponibilizado na montagem dos sistemas de análise bem como pela orientação na análise e compreensão dos dados resultantes dos mesmos.

O meu mais profundo e sentido agradecimento aos meus amigos que me apoiaram que me acompanharam ao longo do meu percurso académico e que sempre estiveram presentes, em especial ao Tiago Brito por todo o apoio, paciência e dedicação que me deu, pois se não o tivesse feito tudo teria sido mais difícil.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus pais, que sempre me apoiaram, pela educação que me proporcionaram, e também pelo incentivo que me deram nas diferentes fases de realização desta dissertação, nunca me tendo deixado desistir.

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Resumo

O desenvolvimento das sociedades tem vindo a ser marcado por um consumo intensivo de energia, nas suas diversas formas, tendo-se tornado relevante a procura e a implementação de medidas que minimizem o impacto do elevado consumo de energia, designadamente através da promoção da eficiência energética. Uma das principais medidas implementadas para que a redução fosse possível foi a nível dos edifícios, quer residenciais, quer de serviços.

Portugal não é excepção, e para conseguir minimizar os impactes energéticos dos edifícios, diminuindo os consumos de energia de origem fóssil dos mesmos, tem vindo a ser adoptadas várias medidas que constam nos planos nacionais para a eficiência energética. O Decreto – Lei n.º 118/2013 visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, e o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

Neste trabalho avalia-se o desempenho energético do edifício Centro de Interpretação Ambiental de Leiria, procurando-se analisar quais os consumos energéticos do edifício, através da realização de uma auditoria energética, na qual foram medidos os consumos do edifício, a temperatura e a humidade relativa e a iluminância dos diversos espaços do edifício. Foi ainda estudado o tarifário de energia eléctrica, através da análise das facturas de consumo eléctrico dos últimos três anos.

Concluiu-se qual a classe energética do edifício em estudo e quais as medidas possíveis de implementar, numa perspectiva de melhorar o seu desempenho energético.

PALAVRAS-CHAVE

Certificação Energética, Eficiência Energética, Energias Renováveis, Consumo de Energia, Edifícios de Serviços, Utilização Racional de Energia.

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Abstract

The development of societies has been marked by intensive energy consumption, in its various forms, it has become necessary the demand measures implementation that will minimize the impact of high consumption of energy, in particular through the promotion of energy efficiency. One of the main measures implemented for the reduction was possible was the level of residential buildings and services. Portugal is not the exception and to be able to minimize the energy impacts of buildings, reducing the energy consumption of fossil origin, has been adopted several measures listed in national plan for energy efficiency. Decree - Law No 118/2013 is to ensure and promote the improvement of energy performance of buildings through do Energy Certification System of the buildings, which is part of the Energy Performance Regulations for Housing buildings, and Regulation of the Energy Performance of buildings of Trade and Services.

In this work we evaluate the energy performance of Leiria Environmental Centre building, seeking to analyze which energy consumption of the building, by conducting an energy audit, in which were measured the building consumption, temperature, relative humidity and the illuminance of the various building spaces. It was also studied electricity tariff, by analyzing the power consumption of bills for the last three years. Concluding what energy efficiency class and how to implement possible measures to a view to improving their energy performance.

KEYWORDS: Energy Certification, Energy Efficiency, Renewable Energy, Energy Consumption, Service Buildings, Rational Use of Energy.

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Índice de ilustrações

Figura 1-Taxa de dependência energética Portuguesa (Fonte: DGEG, 2014)	2
Figura 2-Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG, 2014) 3	
Figura 3-Peso das diferentes fontes de consumo de electricidade em Agosto de 2014 (Fonte: APREN, 2014).....	6
Figura 4-Consumo final de energia por sector, em 2012 (Fonte: DGEG, 2014)	7
Figura 5-Planta do edifício Centro de Interpretação Ambiental (Fonte: AutoCad CIA) 22	
Figura 6-Planta da parte do edifício em estudo (Fonte: AutoCad CIA)	23
Figura 7-Imagem do corredor que separa os dois blocos do edifício.	23
Figura 8-Temperaturas obtidas no dia 13 de Maio de 2015.....	24
Figura 9-Comparação das temperatura nos diferentes locais ao longo de dez dias.....	24
Figura 10-Pormenor tipo da constituição das paredes (Fonte: AutoCad CIA)	25
Figura 11-Pormenor tipo do chão (Fonte: AutoCad CIA)	25
Figura 12-Luminárias da sala administrativa e da recepção	26
Figura 13-Focos de iluminação da sala multiusos e projectores do hall de entrada, respectivamente	26
Figura 14-Bomba de calor do espaço administrativo e da recepção e do espaço multiusos, respectivamente	27
Figura 15-Analisador de energia Chauvin Arnoux.....	32
Figura 16-Medidor de temperatura e humidade	32
Figura 17-Luxímetro	32
Figura 18 – Alguns locais onde foram colocados os LogTag	33
Figura 19 – Medidor de consumos	33
Figura 20 – Procedimento utilizado na medição de consumos eléctricos.....	34
Figura 21 - Diagrama de carga do dia 16/05/2014	34

Figura 22 – Potência activa dos sistemas AVAC registada nas diferentes fases do quadro eléctrico	35
Figura 23 – Consumos registados no edifício	36
Figura 24 – Registo das temperaturas nos diferentes espaços.....	37
Figura 25-Horários de baixa tensão normal, no período de inverno (Fonte: EDP).....	38
Figura 26-Horários de baixa tensão normal, no período de verão (Fonte:EDP)	38
Figura 27-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2011.....	40
Figura 28-Custos de energia eléctrica ao longo do ano 2011.....	40
Figura 29-Comparação dos consumos facturados no ano de 2011.....	41
Figura 30-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2012.....	42
Figura 31-Comparação dos consumos facturados no ano de 2012.....	42
Figura 32-Custos de energia eléctrica facturados no ano de 2012	43
Figura 33-Comparação dos consumos facturados no ano de 2013.....	44
Figura 34-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2013.....	44
Figura 35-Comparação dos consumos de energia eléctrica ao longo dos três anos de estudo.	45
Figura 36-Evolução dos consumos ao longo dos anos em curso	45
Figura 37-Consumos de energia eléctrica nos diferentes períodos de facturação ao longo dos três anos em análise.	46
Figura 38-Comparação dos gastos de energia eléctrica ao longo dos três anos em estudo.	46
Figura 39-Comparação dos gastos pelas diferentes tarifas.	47
Figura 40-Zona de referência e dados climáticos da zona em estudo.....	49
Figura 41-Planta do edifício Centro de Interpretação Ambiental, com descrição dos vãos envidraçados. (Fonte: AutoCad CIA)	50

Figura 42-Resultados obtidos do modelo de simulação.....	51
Figura 43 – Percentagens dos consumos anuais de energia final, por tipo de uso.	51
Figura 44 – Ciclo semanal tri-horário	53
Figura 45 – Redução dos consumos de iluminação aquando a substituição para lâmpadas LED	54

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo da potência de iluminação instalada.....	27
Tabela 2 – Resultados da iluminância.....	37
Tabela 3 - Consumos efectuados no ano de 2011.....	39
Tabela 4 – Consumos efectuados no ano de 2012.....	41
Tabela 5 – Consumos de energia eléctrica efectuados no ano de 2013	43
Tabela 6 – Poupanças efectuadas no caso de a tarifa contratada ser a simples.	47
Tabela 7 – Custos da electricidade nas diferentes horas (fonte: factura EDP do CIA) ..	52
Tabela 8 – Comparação dos consumos dos diferentes tipos de lâmpadas [21].....	53

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Lista de Siglas

A – Corrente

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CE – Comunidade Europeia

CIA – Centro de Interpretação Ambiental

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

E₄ – Eficiência Energética e Energias Endógenas

ENE – Estratégia Nacional para a Energia

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GES – Grandes Edifícios de Serviços

kVA- Potência Aparente

NZEB – Nearly Zero Energy Building

PEE – Plano para a Eficiência Energética

PES – Pequenos Edifícios de Serviços

PEScC – Pequenos Edifícios de Serviços com Climatização

PESsC – Pequenos Edifícios de Serviços sem Climatização

PNAEE – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

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

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

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

UE – União Europeia

URE – Utilização Racional de Energia

V - Tensão

W – Potência Activa

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS.....	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.1.2 Eficiência energética em edifícios	7
1.2 Objectivos.....	9
1.3 Estrutura da dissertação.....	9
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS.....	11
2.1 Conforto Térmico.....	11
2.1.1 Formas de transferência de calor entre o homem e o meio	11
2.1.2 Avaliação do ambiente térmico.....	12
2.2 Directiva 2010/31/UE.....	13
2.2.1 Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES).....	16
2.3 <i>Nearly-Zero Energy Buildings (NZEB)</i>	16
3. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	21
3.1 Caracterização do edifício e da sua Actividade	21
3.1.1 Caracterização da actividade.....	21
3.1.2 Caracterização do edifício	21
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	29
4.1 Auditoria Energética	29
4.1.1 Objectivos de uma auditoria	29
4.1.2 Planeamento/etapas de uma auditoria	30
4.2 Auditoria realizada ao edifício em estudo	31
4.3 Modelo do comportamento térmico do edifício.....	37
4.3.1 Caracterização dos consumos medidos do edifício	39
4.3.2 Desempenho energético do edifício calculado pelo RECS	48
4.4 Estratégia para a melhoria do desempenho energético do edifício	52
5. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

ANEXOS.....	61
--------------------	-----------

1. Introdução

1.1 Enquadramento

Com o desenvolvimento económico, verificou-se um aumento do consumo dos recursos energéticos. As emissões produzidas pelos combustíveis fósseis, usados para satisfazer as crescentes necessidades energéticas a nível global, estão a provocar alterações climáticas, sendo a mais grave o aquecimento global que é provocado pelo aumento dos Gases de Efeito de Estufa (GEE).

O consumo de energia é responsável por 80% dos GEE na União Europeia (UE). Deste modo foram delimitadas estratégias para combater as alterações climáticas, de maneira a haver uma redução dos GEE, implicando um menor consumo de energia de origem fóssil, promovendo a utilização de energias renováveis. Contudo, as fontes de energia renováveis são mais dispendiosas que as fontes de energia convencional, tendo sido necessário tomar medidas que incentivem a utilização de energia limpa. Foi então estabelecido o Roteiro das Energias Renováveis , que tem como objectivo aumentar em 20% a parte das energias limpas no universo energético até 2020. [1]

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, sendo dependente energeticamente do exterior (79.4% em 2012, como se pode verificar na Figura 1) designadamente, os que satisfazem as necessidades energéticas dos países desenvolvidos (tais como petróleo, carvão, gás natural). Mediante este cenário é necessário diminuir o consumo de energia com base nos combustíveis fósseis e promover a eficiência energética, apostando também nas energias renováveis. [2]

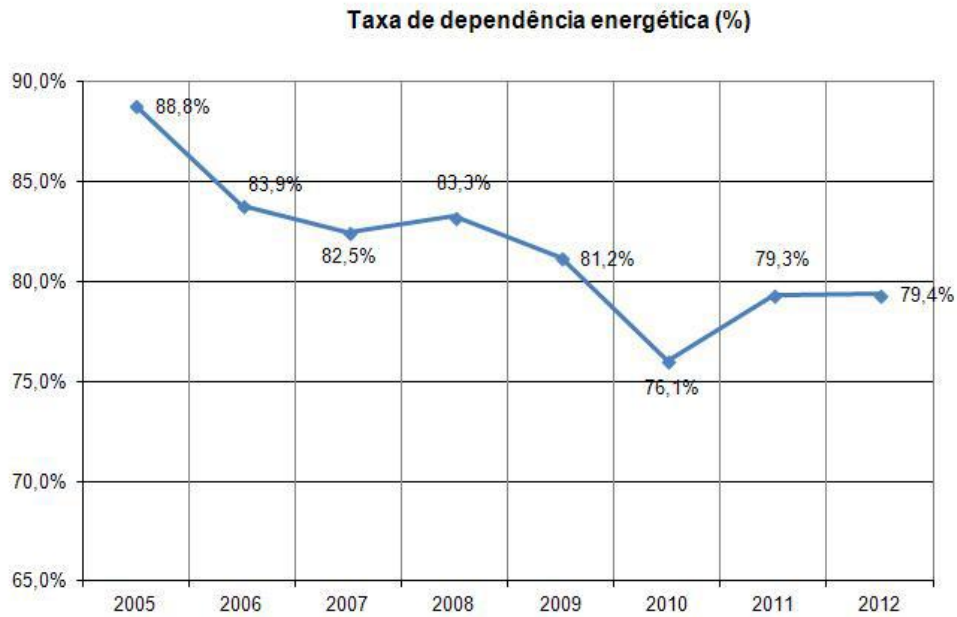


Figura 1-Taxa de dependência energética Portuguesa (Fonte: DGEG, 2014)

A necessidade de reduzir o consumo de energia à escala global, dita a necessidade de cada país em desenvolver políticas energéticas capazes de cumprir metas.

Em Portugal em 2012 cerca de 85% da energia era de origem fóssil, como se pode verificar na Figura 2. Deste modo é essencial reduzir os consumos e diversificar as fontes energéticas, nomeadamente através de da utilização de energias provenientes de fontes renováveis.

Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal

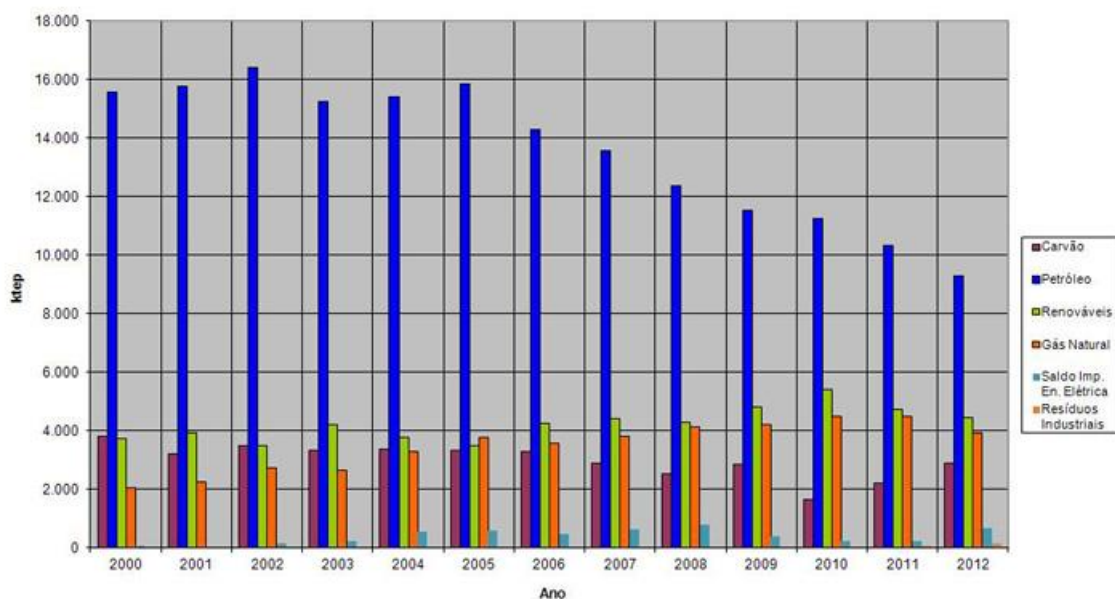


Figura 2-Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG, 2014)

Tendo por base o compromisso assumido pelos países da UE (União Europeia) no âmbito do Protocolo de Quioto e das Directivas Europeias, os estados membros mobilizaram-se, para adoptar modelos energéticos que permitam um melhor desempenho energético.

A política energética nacional assenta em dois pilares fundamentais, a racionalidade económica e a sustentabilidade.

Deste modo, de maneira a haver o enquadramento da política ambiental para satisfazer o compromisso nacional neste domínio, encontrando-se definido na Resolução de Conselho de Ministros n.º 59/2001, de 30 de Maio, que aprovou a estratégia para as alterações climáticas, e na Lei 93/2001, de 20 de Agosto, onde foi apresentado o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC).

Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001, de 19 de Outubro, o governo adoptou formalmente o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas), que tinha como objectivo a promoção pela eficiência energética e a valorização das energias endógenas, contribuindo para a melhoria da competitividade da economia e a modernização da sociedade. Deste modo por um lado promover a eficiência nos edifícios, através da utilização racional de energia (URE) abrangendo todos os tipos de consumo energéticos, por outro lado promover o uso de energias

endógenas nos edifícios, criando meios e instrumentos que permitam a utilização de energia renováveis nos edifícios. [3] [4]

Após o Protocolo de Quito que integra os compromissos assumidos pelos países industrializados de reduzirem as suas emissões de determinados gases com efeito de estufa responsáveis pelo aquecimento planetário. As emissões totais dos países desenvolvidos devem ser reduzidas em, pelo menos, 5 % em relação aos níveis de 1990, durante o período 2008 a 2012. Assim como outros países Portugal assumiu o compromisso de limitar o aumento das suas emissões de gases de efeito de estufa (GEE) em 27% no período de 2008 a 2012 relativamente aos valores de 1990. [5] [6]

No início do século corrente, os edifícios assumem cerca de 40% do consumo energético da Europa, com tendência a aumentar, deste modo a Comissão Europeia (CE) propõe em 2001 uma Directiva Europeia sobre o desempenho energético de edifícios, aprovada a 16 de Dezembro de 2002 (2002/91/CE), sendo os seus objectivos claros: aumentar a eficiência energética nos edifícios, diminuir a emissão de GEE, e a dependência da UE relativamente ao mercado global de energia. [7]

Em Março de 2007 os líderes da União Europeia (UE) aprovaram uma abordagem integrada da política climática e energética, que visa combater as alterações climáticas e aumentar a eficiência energética da União Europeia. Deste modo comprometeram-se a transformar a Europa numa sociedade de alta eficiência energética e baixa economia de carbono, tendo surgido assim uma série de exigências climáticas e energéticas conhecidas como os objectivos “20-20-20”, que tem que ser cumpridos até 2020, são eles:

- A redução das emissões de gases com efeito de estufa, em pelo menos 20% abaixo dos níveis de 1990;
- 20 % do consumo energético da UE ser proveniente de fontes renováveis;
- Redução em 20% no consumo de energia primária em comparação com os níveis previstos, a ser alcançados através da melhoria da eficiência energética.

Ainda a nível europeu foi delineado o Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007-2012), em que a Comissão Europeia adoptou um plano de acção cujo o objectivo é reduzir em 20% o consumo de energia até 2020, em Portugal a Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio, aprovou o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) – Portugal Eficiência 2015, que engloba

um conjunto alargado de programas e medidas consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar e suplantar os objectivos fixados no âmbito da referida directiva europeia. O PNAEE estabelece como meta a alcançar até 2015 a implementação de medidas de melhoria da eficiência energética equivalentes a 10% do consumo final de energia. [8]

O PNAEE abrange quatro áreas específicas, são elas:

- Transportes;
- Residencial e Serviços;
- Industria;
- Estado.

Cada uma das áreas referidas agrega um conjunto de programas, que integram de forma coerente um vasto leque de medidas, que integram de forma coerente um vasto leque de medidas de eficiência energética. [9]

A directiva 2009/32/CE do Parlamento Europeu e do Concelho, de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, a fim de limitar as emissões de gases de efeito de estufa. Esta estabelece que:

- Cada estado membro tem de ter um alvo calculado de acordo com a sua quota de energia proveniente de fontes renováveis,
- Cada estado membro tem de estabelecer planos de acção nacionais que fixem a quota de energia proveniente energias renováveis para 2020,
- Os estados membros podem “trocar ” quantidades de energia provenientes de fontes renováveis,
- Cada estado membro deve ser capaz de garantir a origem da electricidade, aquecimento e refrigeração a partir de fontes renováveis de energia,
- Os estados membros devem criar as infra-estruturas necessárias para a energia proveniente de fontes renováveis,
- Deve ser tida em conta a energia dos biocombustíveis e outros biolíquidos, devendo o ultimo contribuir para uma redução em pelo menos 35% dos gases com efeito de estufa, e a partir de 1 de Janeiro de 2017, a sua produção deve ser aumentada para 50%.

Em 15 de Abril de 2010, o Governo publicou a Resolução de Conselho de Ministros n.º 29/2010, que define a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), onde se encontram definidos como principais objectivos:

- Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74% em 2020;
- Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas, em que até 2020, 60% da electricidade produzida, e 31 % do consumo de energia final, tenha origem de fontes renováveis, englobando assim a redução de 20% do consumo de energia final nos termos dos objectivos 20-20-20;
- Reduzir em 25% o saldo importador energético;
- Criar riqueza e consolidar um cluster energético no sector das energias renováveis;
- Desenvolver um cluster industrial associado à promoção de eficiência energética;
- Promover o desenvolvimento sustentável. [9]

No Plano para a Eficiência Energética (PEE) foi aprovada uma meta de 20% de redução no consumo de energia primária mantém-se como indicativa, sendo reforçadas as medidas obrigatórias, nomeadamente com o reforço da legislação sobre eficiência energética relativa a edifícios e a produtos consumidores de energia.

Na Figura 3, pode-se verifica o peso das diferentes fontes de electricidade em Agosto de 2014

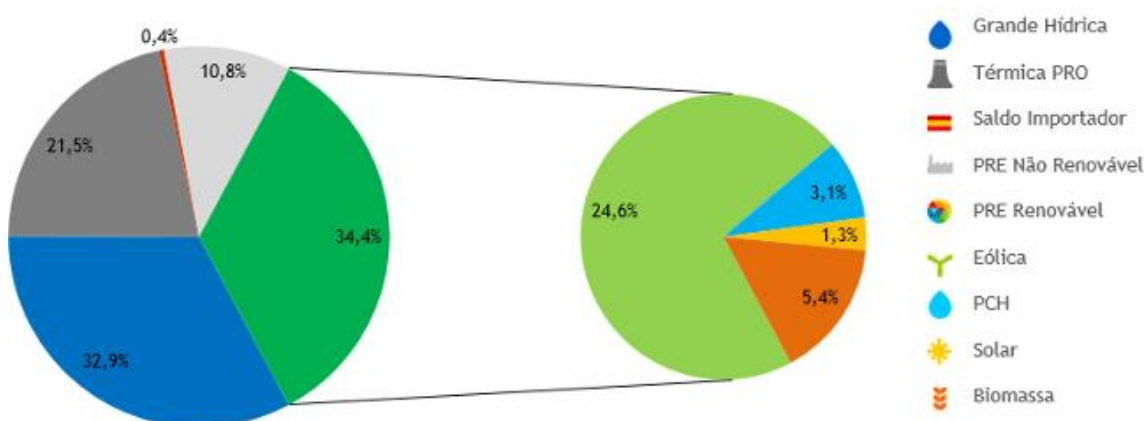


Figura 3-Peso das diferentes fontes de consumo de electricidade em Agosto de 2014 (Fonte: APREN, 2014)

É nos edifícios que reside um dos maiores potenciais de poupança. Por isso o plano incide nos instrumentos destinados a desencadear o processo de renovação em edifícios públicos e privados e a melhorar o desempenho energético dos componentes e equipamentos neles utilizados.

1.1.2 Eficiência energética em edifícios

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de cerca de 40% da energia final na europa e aproximadamente 30% em Portugal, como se pode verificar na Figura 4.

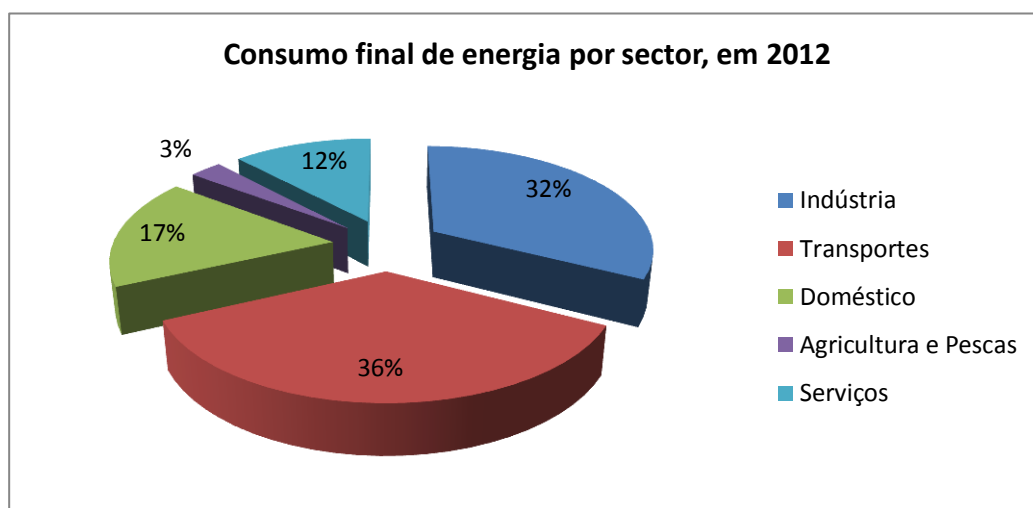


Figura 4-Consumo final de energia por sector, em 2012 (Fonte: DGEG, 2014)

Porém, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, no âmbito do Protocolo de Quioto.

Um dos mecanismos com maior potencial de contribuição para a melhoria e controlo, em Portugal, é o mecanismo de certificação energética de edifícios e seus regulamentos.

Em 2006 foram instituídos os seguintes regulamentos:

- O Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) e da Qualidade do ar interior nos Edifícios, instituído pelo Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, que tem por finalidade assegurar as condições da eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis, e ainda, a qualidade do ar interior em

edifícios. Deste modo é verificado o cumprimento dos requisitos regulamentares aplicáveis e certificando o desempenho energético e a qualidade do ar interior em edifícios.

- Do normativo técnico para a aplicação do sistema de certificação energética e da qualidade do ar interior, consta o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril.

Estes diplomas são de pleno conhecimento dos seus destinatários, no entanto em 2013, estes diplomas foram actualizados.

A área da eficiência energética é da competência da Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), promover e cooperar na elaboração de normas, acompanhar a evolução tecnológica dos equipamentos, promover a eficiência energética, assegurar o cumprimento da legislação, entre outros.

Com a publicação do Decreto- Lei n.º 118/2013, foi assegurada a transposição para o direito nacional da Directiva 2010/31/EU, sendo feita a revisão da legislação nacional referente ao SCE em vigor desde 2006, nomeadamente os Decretos-Lei n.ºs 78/2006, 79/2006 e o 80/2006.

Em 10 de Abril de 2013 a Resolução de Conselho de Ministros n.º 20/2013, aprovou o PNAEE 2016 (para o período de 2013-2016) e o Plano Nacional de Acção para as Energia Renováveis para o período de 2013-2020 (PNAER 2020). Assim procedeu-se a uma análise do impacto potencial e viabilidade do PNAEE 2008 para a concretização da meta geral de redução de 25% e da meta específica de redução de 30% do consumo de energia primária até 2020. [2]

O PNAEE 2016 visa projectar novas acções e metas para 2016, nomeadamente 9% de poupança de energia, em articulação com o PNAER 2020, passando assim a abranger seis áreas específicas [10]:

- Transportes;
- Residencial e Serviços;
- Industria;
- Estado;

- Comportamentos;
- Agricultura.

1.2 Objectivos

O principal objectivo desta dissertação é avaliar o desempenho energético e ambiental do Centro de Interpretação Ambiental (CIA), da Camara Municipal de Leiria de acordo com a nova legislação, Decreto-Lei n.º 118/2013, o qual tem como objectivo assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Serviços (RECS).

O RECS estabelece as regras a observar o projecto de construção, alteração, operação e manutenção de novos edifícios.

Uma vez que o projecto do Centro de Interpretação Ambiental (CIA), a quando a sua reconstrução foi efectuada de acordo com o Decreto-Lei 79/2006, o principal objectivo deste trabalho é o cálculo do desempenho energético dos espaços administrativos, da recepção e sala multiusos do edifício, mais propriamente a parte do mesmo que se situa mais a sul, e também desta maneira sugerir algumas alterações que possam ser efectuadas de modo a melhorar o desempenho energético do mesmo.

1.3 Estrutura da dissertação

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

No primeiro capítulo, definiu-se o enquadramento geral do tema em estudo, abordando-se o problema das alterações climáticas que o planeta tem sofrido e do consumo excessivo de energia, e quais as medidas e planos adoptados de maneira a minimizar os consumos energéticos e aumentar a eficiência energética.

No segundo capítulo, abordou-se vários pontos relativos à eficiência energética, nomeadamente o conforto térmico, a nova directiva europeia que regula o sistema de certificação energética nos edifícios, e também uma abordagem à construção dos edifícios com consumos de energia quase nulos.

No terceiro capítulo é apresentado e caracterizado o edifício em estudo.

No quarto capítulo é descrito o procedimento para a realização de uma auditoria energética e são apresentados e analisados os resultados da auditoria realizada ao Centro de Interpretação Ambiental, sendo também apresentados os resultados da simulação energética dos espaços do edifício em avaliação

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões finais do trabalho e algumas propostas de trabalho para desenvolvimentos futuros.

2. Eficiência energética em edifícios

2.1 Conforto Térmico

A actividade humana é fortemente condicionada pelo ambiente térmico, impondo uma procura constante de equilíbrio térmico entre o homem e o meio envolvente. O conforto térmico é reconhecido como não sendo um conceito exacto, não implicando uma temperatura exacta, dependendo de factores quantificáveis, como a temperatura, níveis de humidade, velocidade do ar, fontes de calor entre outros, e de factores não quantificáveis, tais como estado mental, hábitos, educação, etc. Em termos ocupacionais, é um factor que intervém, de forma directa ou indirecta, na saúde e bem-estar dos trabalhadores e conseqüentemente nas tarefas que lhes estão atribuídas.

Com o intuito de obter um ambiente interior dos edifícios termicamente confortável para os seus ocupantes, as normas sobre o conforto térmico são uma ferramenta essencial. Inicialmente estas normas tinham como principal preocupação definir as condições de conforto térmico, sem ter em conta os consumos energéticos necessários para atingir o mesmo. No entanto devido à necessidade da diminuição do consumo energético dos edifícios, as normas de conforto térmico tem considerado formas de atingir um maior conforto térmico, com o menor gasto energético possível.

2.1.1 Formas de transferência de calor entre o homem e o meio

Quando dois corpos estão na presença um do outro a temperaturas diferentes, há transferência de calor do corpo mais quente para o corpo mais frio, até se estabelecer o equilíbrio térmico. Esta transferência de calor pode ser realizada por condução, convecção, radiação ou evaporação. Entende-se por transferência de calor por condução, quando esta se realiza através de sólidos ou líquidos que não estão em movimento. A convecção é quando a transferência de calor se realiza através dos fluidos em movimento, só tendo lugar nos líquidos e nos gases. Todas as substâncias irradiam energia térmica sob a forma de ondas electromagnéticas. Quando esta irradiação incide sobre outro corpo, pode ser transmitida, absorvida ou parcialmente reflectida, apenas a fracção de radiação absorvida surge como calor num corpo, a esta

forma de transmissão de calor é a radiação. Por último a evaporação é uma via de grande importância em fisiologia, pois a evaporação através da sudação, dá-se a nível da pele, arrefecendo a sua superfície. [11]

A sensação de conforto térmico depende do equilíbrio térmico entre a produção de energia pelo corpo, somando os ganhos de energia do meio e as perdas para o mesmo, com o objectivo de manter a temperatura interna do corpo, que se aproxima dos 37° C.

A sensação de conforto térmico depende da conjugação de vários factores, são eles:

Individuais:

- Tipo de actividade;
- Vestuário – aclimação.

Variáveis ambientais:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa do ar ou pressão parcial de vapor;
- Temperatura média radiante das superfícies vizinhas;
- Velocidade do ar.

2.1.2 Avaliação do ambiente térmico

Para avaliar o conforto térmico utilizam-se métodos ou critérios objectivos que se determinam em função de:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa;
- Calor radiante;
- Velocidade do ar;
- Metabolismo;
- Vestuário.

O conforto térmico, relaciona temperatura, humidade e velocidade local do ar, que no seu conjunto podem provocar desconforto. [12]

2.2 Directiva 2010/31/UE

Perante a realidade energética da Europa, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas, como vista a impulsionar a melhoria do desempenho energético das condições de conforto dos edifícios, em linha com a Directiva 2002/91/CE, a qual foi reformulada pela Directiva 2010/31/UE, ambas relativas ao desempenho energético dos edifícios.

No âmbito destas directivas foi estabelecido o enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético de novos edifícios, bem como dos edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação.

Os Decretos-Lei n.ºs 78/2006, 79/2006 e 80/2006, todos de 4 de Abril, relacionados com a Certificação Energética dos edifícios, a par dos esforços empregados na aplicação destes regulamentos, nos últimos verificou-se um destaque crescente dos temas relacionados com a eficiência energética e a utilização de energias renováveis nos edifícios para uma maior proximidade entre políticas de eficiência energética, os cidadãos e agentes de mercado.

Os Decretos-Lei referidos anteriormente foram objecto de revogação e de um processo de revisão, com uma abordagem já direccionada à nova Directiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios. Esta nova Directiva vem clarificar alguns dos princípios e introduzir novas disposições que visam reforçar as exigências mínimas para os edifícios no âmbito da certificação energética, face às metas e objectivos acordados pelos Estados-Membros para 2020. Em relação à Directiva aprovada em 2002, a revisão desta traz alterações significativas, como a abolição do limite de 1000 m² na aplicação dos requisitos em casos de grandes reabilitações, a introdução de requisitos a nível de sistemas de climatização ou a intensificação dos processos de inspecção e da qualidade dos certificados energéticos.

A transposição para o direito nacional da Directiva n.º 2010/31/UE, encontra-se no Decreto-Lei n.º 118/2013, que assegura a revisão da legislação nacional, incluindo 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), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico. Nesta nova Directiva aparecem aspectos que terão um impacto muito significativo em Portugal, nomeadamente as alterações que são introduzidas nos requisitos dos presentes regulamentos para incluir o conceito de custo/benefício numa óptica de custo de ciclo de vida alargado nos edifícios. Os investimentos serão pensados a longo prazo em termos de retorno energético. Os requisitos mínimos passam a ser muito mais exigentes e controlados a nível europeu por uma metodologia comum. Passa a existir a obrigatoriedade da justificação da viabilidade económica destes requisitos, que terão que ser pelo menos próximos do óptimo calculado por essa metodologia, ou melhores. [13]

A actualização da legislação nacional existente envolve alterações a vários níveis, com destaque, em primeiro lugar, para as modificações estruturais e de sistematização, pela aglutinação, num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos, procedendo-se, assim, a uma reorganização significativa que visa promover a harmonização conceptual e terminológica e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas.

Em segundo lugar, a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando o primeiro a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os edifícios de comércio e serviços, facilitando o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético.

A definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios passa a basear-se nos seguintes pilares: no caso de edifícios de habitação assumem posição de destaque o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas, aos quais acrescem, no caso dos edifícios de comércio e serviços, a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos. Para cada um destes pilares são, ainda, definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes.

A definição de um mapa evolutivo de requisitos com um horizonte temporal no limite até 2020 permite criar condições de previsibilidade, que facilitam a antecipação e a adaptação do mercado, ao mesmo tempo que aponta no sentido de renovação do parque imobiliário por via da promoção de edifícios cada vez mais eficientes. Criam-se, igualmente, condições para uma ágil adaptação dos requisitos regulamentares, com base em critérios de nível óptimo de rentabilidade resultantes do desempenho energético dos edifícios e dos seus componentes.

Além da actualização dos requisitos de qualidade térmica, são introduzidos requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios. Ficam, assim, igualmente sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia.

Em complemento à eficiência energética, mantém-se a promoção da utilização de fontes de energia renovável, com clarificação e reforço dos métodos para quantificação do respectivo contributo, e com natural destaque para o aproveitamento do recurso solar, abundantemente disponível no nosso país. Do mesmo modo, por via da definição de formas adequadas de quantificação, é incentivada a utilização de sistemas ou soluções passivos nos edifícios, bem como a optimização do desempenho em consequência de um menor recurso aos sistemas activos de climatização.

Surge também o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia, obrigando a que, a partir de 2020, todos os novos edifícios tenham desempenhos energéticos muito elevados, sendo que as suas necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas por fontes de energias renováveis. Esse prazo é antecipado em dois anos para os novos edifícios públicos. [14]

Relativamente à qualidade do ar interior, passa a ser privilegiada a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica. É também considerado relevante a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de protecção para concentrações de poluentes do ar interior, de modo a salvaguardar os mesmos níveis de protecção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios.

Em relação aos edifícios existentes o certificado energético informa sobre as medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior, com

viabilidade económica que o proprietário pode implementar para melhorar a eficiência energética do imóvel.

Nos novos edifícios a certificação energética permite comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior em vigor para o edifício, bem como obter informação sobre o seu desempenho energético.

2.2.1 Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES)

De acordo com o Decreto-Lei 118/2013, a definição de PES, aplica-se a edifícios que não sejam definidos como um Grande Edifício de Comércio e Serviços (GES), cujo a área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, não ultrapasse ou igual os 1000 m², ou os 500m², no caso de centro comerciais, hipermercados, supermercados ou piscinas cobertas.

Os pequenos edifícios de comércio (PES), dividem-se em dois tipos:

- Sem climatização (PESsC) - não dispõem de sistemas de climatização ou tenha uma potência térmica (maior das potências de aquecimento ou arrefecimento) igual ou inferior a 25kW;
- Com climatização (PEScC) - dispõe de sistema de climatização com uma potência térmica superior a 25kW.

Nos PES, os seus requisitos caso sejam novos/grande reabilitação, tem que ser avaliados relativamente ao seu comportamento térmico, à sua eficiência dos sistemas técnicos, relativamente à ventilação e à manutenção de sistemas técnicos. Os edifícios classificados como PES que pertencem a entidades públicas, com área interior útil de pavimento, ocupada por uma entidade pública superior a 500m², ou a partir de 1 de Julho de 2015, superior a 250 m², encontram-se sujeitos a auditorias energéticas periódicas de 10 em 10 anos.

2.3 *Nearly-Zero Energy Buildings (NZEB)*

Dado que na generalidade a vida útil dos edifícios é de 50 anos e sabendo que os edifícios novos estão a ser construídos mais rapidamente que os velhos são demolidos/reabilitados, tem que ser asseguradas medidas que assegurem que a construção de novos edifícios ou a reabilitação dos existentes, minimizem as suas necessidades de consumo.

Em 2020, todos os novos edifícios deverão ser altamente eficientes e ter um balanço energético próximo do zero. O conceito já existe mas vai passar a ser obrigatório, sendo que os edifícios do estado vão ser os primeiros a ter que dar o exemplo, dois anos antes, em 2018. [15]

Tal como mencionado anteriormente, a Directiva 2010/31/UE, estabelece metas que os Estados-Membros têm que cumprir até 2020, para novos edifícios, que são denominados com edifícios de consumo quase zero de energia (*Nearly-Zero Energy Buildings*). Deste modo estima-se que a redução do consumo de energia no sector dos edifícios seja entre 75% a 85% comparada com a que é gasta actualmente.

A definição comunitária aponta para edifícios de balanço quase zero, ou seja, nos quais a procura e a oferta energética sejam quase equivalentes. No sector da construção o termo *Zero Energy* é usado para descrever o balanço entre a energia usada pelo próprio edifício, pelos sistemas instalados, pelos seus ocupantes e a energia produzida pelos sistemas de energia renovável de que dispõe, quer no local quer através da importação da rede. [16]

O conceito *Net Energy*, inclui a avaliação do ciclo de energia e tem vindo a evoluir nos últimos anos, sendo actualmente muito discutido particularmente no âmbito das energias renováveis e dos biocombustíveis.

O conceito de edifícios com necessidades nulas ou quase nulas de energia já é amplamente usado, mas ainda existe muita controvérsia e desentendimento, do que realmente zero ou nulo significa.

Os edifícios devem ser construídos com as mínimas necessidades energéticas, mas é aqui que surgem as dúvidas em como definir os requisitos e limites para um elevado desempenho energético e contabilizar a contribuição das renováveis para este equilíbrio, tendo estas que ser definidas por cada Estado-Membro.

Pode ainda ser referida uma outra definição, que inclui aqueles edifícios que não tem a capacidade de ter o balanço desejado de forma independente, os *Nearly Zero Energy Buildings (NZEB)*, os quais produzem pelo menos 75% da energia necessária através de energia renováveis, dependendo os restantes 25% de energia não renovável vinda da rede. [17]

Os edifícios têm de ser concebidos de forma a terem medidas que permitam monitorizar, prever, controlar e minimizar o uso energético de todo o edifício. Para atingir este desempenho, o edifício têm de ser bem estudado e deve integrar todos os seus sistemas no projecto e ao longo do seu ciclo de vida, incluindo a arquitectura e a construção, a operação, o uso, futura demolição e reciclagem.

A concepção dos *NZEB* requer empenho, conhecimentos especializados, colaboração e integração de todos os intervenientes do projecto, até mesmo dos ocupantes se possível, de forma a alcançar a mais adequada integração de todos os seus sistemas e componentes. Para tal, tem de se ter em consideração uma série de aspectos: [18]

- Estabelecer metas claras e comunicá-las aos membros intervenientes no projecto. Todas as decisões têm de ser tomadas tendo em consideração o seu impacto na utilização da energia;
- O clima e as condições locais;
- Redução das cargas energéticas. Com uma ideia consensualizada de como será usada a energia no edifício podem ser feitas escolhas arquitectónicas adequadas, tais como a orientação e geometria do edifício, características da envolvente (paredes exteriores, envidraçados, cobertura, pavimentos) junto com uma inter-relação adequada com os sistemas de conforto térmico;
- Fontes de energia natural. Integração dos sistemas geradores de energia limpa ou renovável: Sistemas solares, de vento, biomassa, geotérmico e hidroeléctrico.

As estratégias e tecnologias a adoptar na concepção de um *NZEB* visam otimizar a interacção de diversos aspectos de forma a reduzir as necessidades energéticas, garantindo um adequado conforto térmico. Os edifícios podem reduzir em média 40% na sua pegada ecológica, se se conseguir combinar de forma eficiente as suas características arquitectónicas com as fontes de energia renovável e as condições climatéricas do local onde será implantado, sem afectar o seu conforto térmico interior.

Portugal é dos países da Europa com melhores condições climatéricas, pela excelente exposição solar e pelas temperaturas amenas, facilitando então a tarefa de ganhos energéticos através da redução das necessidades de consumo energético para manter o conforto térmico interior. Durante as fases preliminares do projecto, um

conjunto de medidas passivas e activas devem ser adoptadas de forma a aproveitar estas condições climatéricas. [17]

As medidas passivas adoptadas são:

- **Forma do edifício** - Durante a época de inverno os edifícios sofrem uma diminuição da temperatura interior, fenómeno denominado como perdas térmicas. A redução destas perdas térmicas é uma das medidas mais eficazes para se atingir o conforto térmico do edifício;
- **Localização e orientação do edifício** - Escolher criteriosamente a orientação e implantação do edifício segundo as condições da zona climática é uma medida essencial para otimizar os ganhos solares;
- **Características da envolvente exterior** - A envolvente é o ponto de partida para se atingir a eficiência energética, condicionando a quantidade de energia necessária para ventilar, aquecer e arrefecer um edifício. Pode assim ser considerado o aspecto mais crítico na concepção dos edifícios de emissão quase zero. Os elementos que conformam a envolvente exterior são as paredes exteriores, os vãos envidraçados, a cobertura, pavimentos (quando em contacto com o exterior), o coeficiente de transmissão térmica (U) e as pontes térmicas existentes na envolvente.

As medidas activas diferem das passivas na sua manutenção ao longo do tempo, representando custos associados a consumos energéticos e à operação por parte dos utilizadores do edifício. No âmbito dos NZEB as medidas activas a adoptar devem depender de energias renováveis.

Nos edifícios de balanço zero, as energias provenientes de combustíveis fósseis, usadas maciçamente até agora, têm de dar lugar às energias alternativas. Neste contexto, as energias renováveis são o caminho a seguir, não só por serem amigas do ambiente, mas também por se tratar de uma energia alternativa de recursos inesgotáveis. No entanto, segundo alguns autores, o modo de obtenção/fornecimento destas energias segue uma hierarquia segundo princípios baseados em tecnologias que minimizam o impacto ambiental, disponibilidade no tempo de vida do edifício e estarem altamente disponíveis. [18]

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

3. Apresentação do edifício

3.1 Caracterização do edifício e da sua Actividade

3.1.1 Caracterização da actividade

O Centro de Interpretação Ambiental (CIA), é um edifício municipal, que resultou da Reconversão da Casa Mortuária, localizada no jardim de Santo Agostinho. O seu período de funcionamento é de 2^a a 6^a feira das 09:00h às 12:30h e das 14:00h às 17:30h.

Desde a sua entrada em funcionamento o CIA, tem vindo a promover diversas campanhas de sensibilização e educação ambiental, como forma de prevenção de eventuais situações nefastas ao Ambiente, pretendendo transmitir a ideia de que o alcance do desenvolvimento sustentável passará pelo domínio básico de formação dos cidadãos de modo a que estes, através de aprendizagens diversificadas, integradas e socializadoras se tornem intervenientes, activos e responsáveis.

3.1.2 Caracterização do edifício

O CIA é uma fronteira entre o núcleo histórico e o rio Lis. Os sistemas construtivos utilizados foram sistemas correntes, de estruturas de betão armado e uma gaiola de tubulares metálicos.

O perímetro exterior do edifício é composto por paredes de alvenaria dupla de tijolo cerâmico, com isolamento incorporado e, no interior, são utilizadas paredes simples de tijolo e pontualmente às paredes divisórias de gesso cartonado.

O edifício é constituído (na parte sul) por uma sala multiusos, uma sala administrativa, que é partilhada com a recepção, tendo um corredor aberto mas coberto a dividir a parte norte da parte sul do edifício. A parte mais a norte do edifício é constituída por quatro casas de banho (com um corredor que divide as masculinas das femininas e dá acesso ao bar), uma sala de monitorização, um laboratório, um armazém e um bar, tal como se pode verificar mais pormenorizadamente na Figura 5

O edifício apresenta um baixo factor de forma, o que o torna favorável para um bom desempenho energético.



Figura 5-Planta do edifício Centro de Interpretação Ambiental (Fonte: AutoCad CIA)

Tendo em conta as dimensões deste edifício, e a utilização do mesmo, apenas foi considerado para a avaliação energética a parte do mesmo mais a sul que é constituída pela sala multiusos, a recepção e a sala administrativa, pois são estes os espaços mais utilizados (Figura 6).

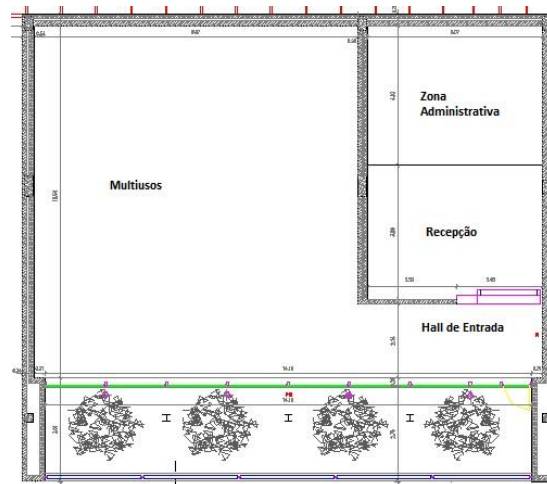


Figura 6-Planta da parte do edifício em estudo (Fonte: AutoCad CIA)

Conforme ilustrado na Figura 5 o edifício pode ser considerado como tendo dois blocos independentes separados por um corredor com cobertura do tipo clarabóia, porta envidraçada e pavimento ventilado com grelhas metálicas, o que permite que neste espaço ocorram condições de temperatura e humidade semelhantes às exteriores, tal como se pode verificar na Figura 7. No caso de estudo em apreço, foi apenas considerado o bloco mais a sul, não tendo sido consideradas zonas adjacentes.



Figura 7-Imagem do corredor que separa os dois blocos do edifício.

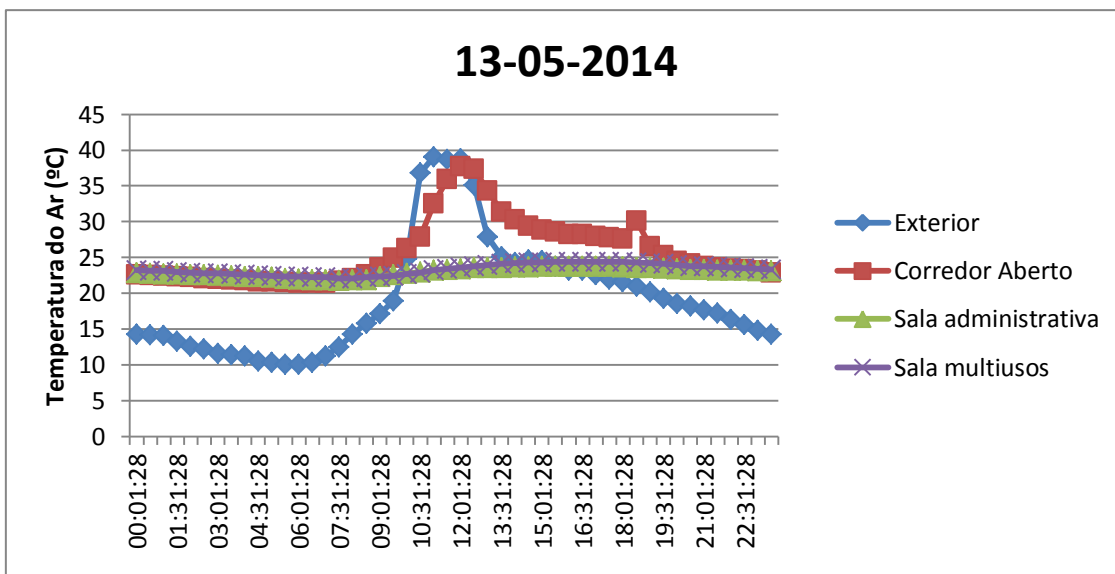


Figura 8-Temperaturas obtidas no dia 13 de Maio de 2015

Na Figura 8 encontram-se os valores da temperatura registados no dia 13 de Maio de 2014, enquanto na Figura 9 é possível verificar que a temperatura do corredor e a temperatura do exterior são aproximadas.

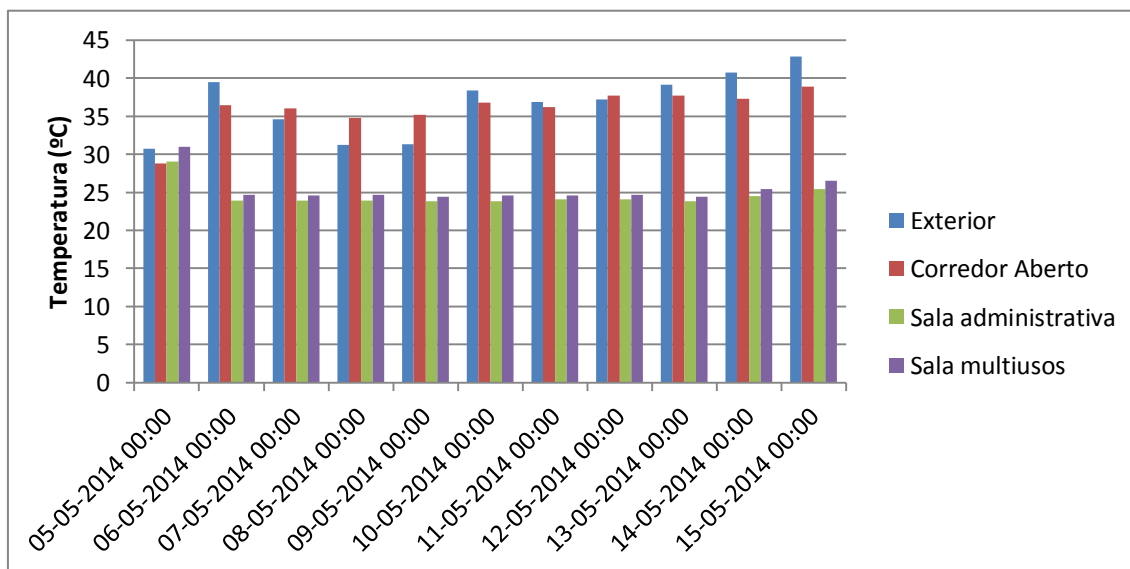


Figura 9-Comparação das temperatura nos diferentes locais ao longo de dez dias.

Para a caracterização do edifício mais em pormenor, para facilitar a sua avaliação energética, temos que o edifício é constituído exteriormente por uma parede dupla com tijolo furado de 110 mm, caixa de ar de 20 mm, isolamento térmico em poliestireno expandido de 30 mm e tijolo furado de 150 mm, como ilustrado na Figura 10, cujo o $U=0,54 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

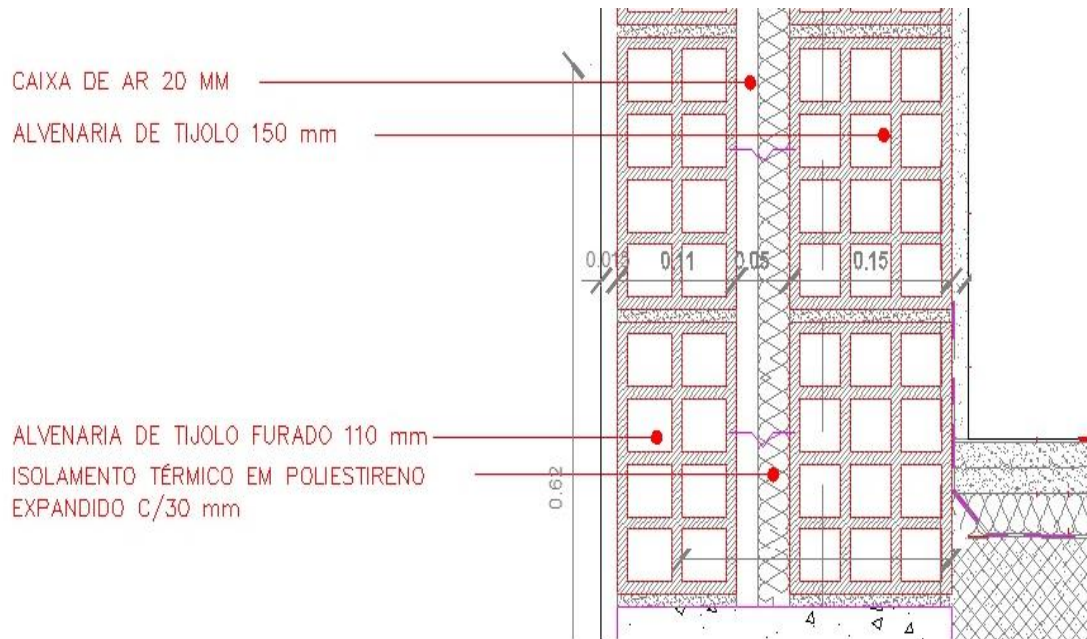


Figura 10-Pormenor tipo da constituição das paredes (Fonte: AutoCad CIA)

O pavimento é constituído no interior por massame armado de 150 mm, impermeabilização constituída por uma membrana de betume armado com fibra de vidro sobre emulsão betuminosa, isolamento térmico de 30 mm de ESP e na parte exterior com betonilha de regularização de 50 mm, como se pode verificar na Figura 11, cujo $U= 0,66 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

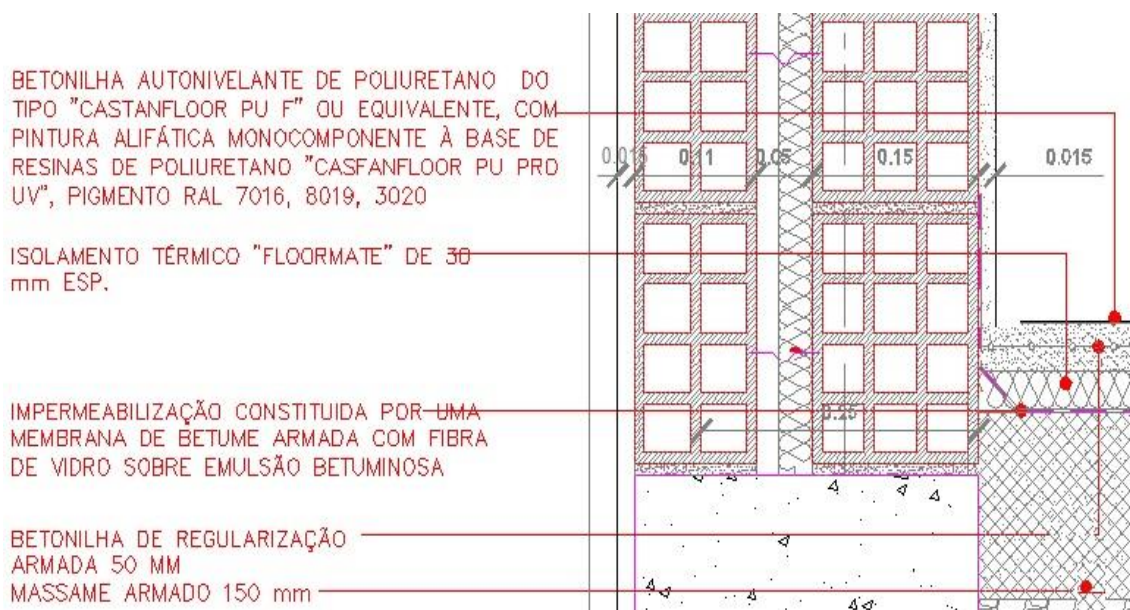


Figura 11-Pormenor tipo do chão (Fonte: AutoCad CIA)

Iluminação

A sala administrativa e a recepção, cada uma é constituída por 4 luminárias encastradas no tecto falso, com 3 lâmpadas de 36W, como ilustra a Figura 12.



Figura 12-Luminárias da sala administrativa e da recepção

A iluminação do espaço multiusos é realizada por 8 downlights encastrados e orientação regulável, com 3 lâmpadas de halogénio de 50W cada (Figura 13) e também por 7 réguas com lâmpada fluorescente de 18W cada que se encontram fixadas na clarabóia.



Figura 13-Focos de iluminação da sala multiusos e projectores do hall de entrada, respectivamente

O hall de entrada contém 3 projectores de tecto, cada um com uma potência de em que cada projector contém 2 lâmpadas de 26W cada (Figura 13)

Na tabela seguinte pode-se verificar a potência eléctrica instalada em cada uma das zonas referidas anteriormente.

Tabela 1 – Resumo da potência de iluminação instalada

Zona	Potência da iluminação
Sala administrativa	432W
Recepção	432W
Hall de entrada	156W
Espaço multiusos	1326W

Aquecimento/arrefecimento

O edifício contém várias unidades de aquecimento/arrefecimento, bem como uma unidade de tratamento de ar (UTA).

A zona administrativa e a recepção contam com 3 bombas de calor instaladas da DAIKIN, com o modelo FTXS 25 CVMB9 com uma potência de 1600 W , sendo a unidade interior instalada representada na Figura seguinte.



Figura 14-Bomba de calor do espaço administrativo e da recepção e do espaço multiusos, respectivamente

Na sala multiusos encontram-se instalados dois módulos da bomba de calor da DAIKIN, cada módulo com a referência FBQ 100 B7 V3B, sendo a potência correspondente a cada unidade de 3000 W. A unidade instalada é a que se vê na Figura 14

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

4. Apresentação e análise dos resultados

4.1 Auditoria Energética

A gestão de energia é fundamental para a utilização racional dos combustíveis e da energia eléctrica. No entanto, para que seja eficaz, tem que se basear em dados concretos.

Para implementar as medidas adequadas numa instalação, é necessário o controlo rigoroso dos seus consumos de energia.

A rotulagem de energia eléctrica, é a base da informação aos consumidores, sobre a origem da energia que consomem e sobre os impactes ambientais que esta pode causar. Para se poder avaliar qual a etiqueta energética que pode ser atribuída a um edifício, é necessário realizar uma auditoria energética. [19]

Uma auditoria é uma avaliação do modo como a energia é consumida, através de uma análise detalhada do edifício, permite contabilizar os consumos e os rendimentos energéticos dos equipamentos assim como possíveis perdas. Possibilita também a identificação de oportunidades da racionalização de energia, sendo essencial para aumentar a eficiência/desempenho energético de um projecto ou edifício.

4.1.1 Objectivos de uma auditoria

Os principais objectivos de uma auditoria são:

- Especificar e quantificar as formas de energia utilizadas;
- Caracterizar de que forma a energia é utilizada e quais os respectivos custos;
- Relacionar o consumo de energia, com a actividade realizada no edifício;
- Avaliar os sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
- Quantificar os consumos energéticos por sector, tipo de utilização ou equipamentos;
- Estabelecer as estruturas do consumo de energia;
- Identificar potenciais medidas de Utilização Racional de Energia (URE);
- Propor a substituição de alguns equipamentos por outros mais eficientes;
- Estruturar um plano de acções para a racionalização de energia. [20]

4.1.2 Planeamento/etapas de uma auditoria

Uma auditoria é constituída por várias etapas, são elas, o planeamento, a recolha de informação, o tratamento da informação, a elaboração de um plano de racionalização de energia, a implementação das medidas propostas, a avaliação do impacto e ajustes de eventuais medidas.

No planeamento de uma auditoria é essencial serem definidos os objectivos, a definição do tipo de auditoria e a sua respectiva metodologia. O auditor deve ainda escolher quais os equipamentos a utilizar e calendarizar as etapas da auditoria.

Existem vários tipos de auditoria, são eles:

- Auditoria Sintética - é realizada uma síntese dos consumos de energia e respectivos encargos por vector energético;
- Auditoria Deambulatória – é realizada uma análise genérica da instalação, centrada nos equipamentos/processos de maior consumo de energia.
- Auditoria Analítica – é uma auditoria mais exaustiva, que procura identificar e caracterizar consumos por processos/equipamentos.
- Auditoria Tecnológica – é realizado um estudo do processo produtivo e eventuais propostas de alteração do mesmo, com o objectivo da racionalização de consumos.

Após ser escolhido qual o tipo de auditoria a realizar ou então se se preferir juntar todos, é necessário identificar quais os sectores a analisar, tais como, o sistema eléctrico (iluminação, força motriz, etc.), as redes de distribuição de combustíveis, os sistemas AVAC (Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado), onde é avaliada a produção de frio/calor, as características dos sistemas e também o seu funcionamento. Deste modo é fundamental que haja troca de informação antes e durante todas as etapas da auditoria.

A quando a realização de uma auditoria é necessário realizar o histórico dos consumos do edifício, a informação sobre a actividade realizada (tais como processo produtivo, tipo de ocupação, etc.) e a obtenção de esquemas técnicos das instalações.
[20]

Assim numa auditoria é necessário medir os consumos de energia eléctrica nos circuitos de iluminação e dos circuitos dos equipamentos, e potência dos equipamentos

de maior, monitorizar por um período de tempo as cargas eléctricas elevadas ou de grande flutuação, o consumo de combustíveis, os níveis de iluminância dos locais em estudo, os caudais, as temperaturas a humidade, determinar a eficiência das unidades produtoras de água refrigerada ou aquecida e outros que sejam considerados relevantes.

Estas medições podem ser realizadas através de diversos tipos de equipamento, podem medir as grandezas eléctricas, como a tensão corrente, frequência, potência e factor de potência.

Depois de recolhida toda a informação é necessário proceder-se à sua análise, esta pode ser feita através de diagramas de carga geral e parcial, desagregação de consumos de energia e desagregação de consumos por processo, execução de balanços energéticos, determinação de rendimentos, consumos específicos, entre outros.

Após a realização de todas as medições e de serem analisados todos os dados deve-se proceder à redução de consumos e/ou factura de energia, que pode passar pela eliminação de consumos supérfluos, substituição de equipamentos, modificações de processos, de modo a consumir menos energia, modificar os comportamentos dos utilizadores do edifício.

4.2 Auditoria realizada ao edifício em estudo

No edifício em estudo foi realizada uma auditoria energética de modo a se poder proceder à avaliação do mesmo. Deste modo, foram medidos os consumos energéticos realizados pelo edifício e pelos sistemas AVAC, permitindo a recolha de diagramas de carga e o registo de eventos, com o recurso a analisadores de energia eléctrica da Marca Chauvin Arnoux (Figura 15). As grandezas monitorizadas foram a tensão (V), a corrente (A), a potência activa (W) e a potência aparente (VA).



Figura 15-Analisador de energia Chauvin Arnoux

Nas Figuras 16 e 17, mostram-se os equipamentos utilizados, para registar a temperatura e a humidade relativa do ar da marca *LogTag* e o equipamento utilizado para medir os níveis de iluminância, respectivamente.



Figura 16-Medidor de temperatura e humidade



Figura 17-Luxímetro

Na Figura 18 ilustra-se qual o procedimento e alguns locais onde foram colocadas as placas de medição e registo da temperatura e da humidade relativa do ar.

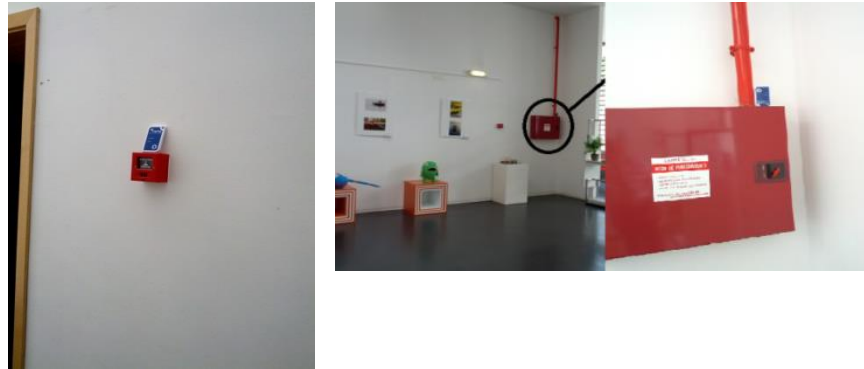


Figura 18 – Alguns locais onde foram colocados os LogTag

Foram ainda medidos individualmente os consumos relativos aos computadores, que se encontram sempre ligados (Figura 19), traduzindo-se num consumo fixo do edifício, que neste caso corresponde a 416 W.



Figura 19 – Medidor de consumos

Na Figura 20 ilustra-se o procedimento de medição da corrente eléctrica, a tensão e a potência, nos diferentes equipamentos instalados no edifício.

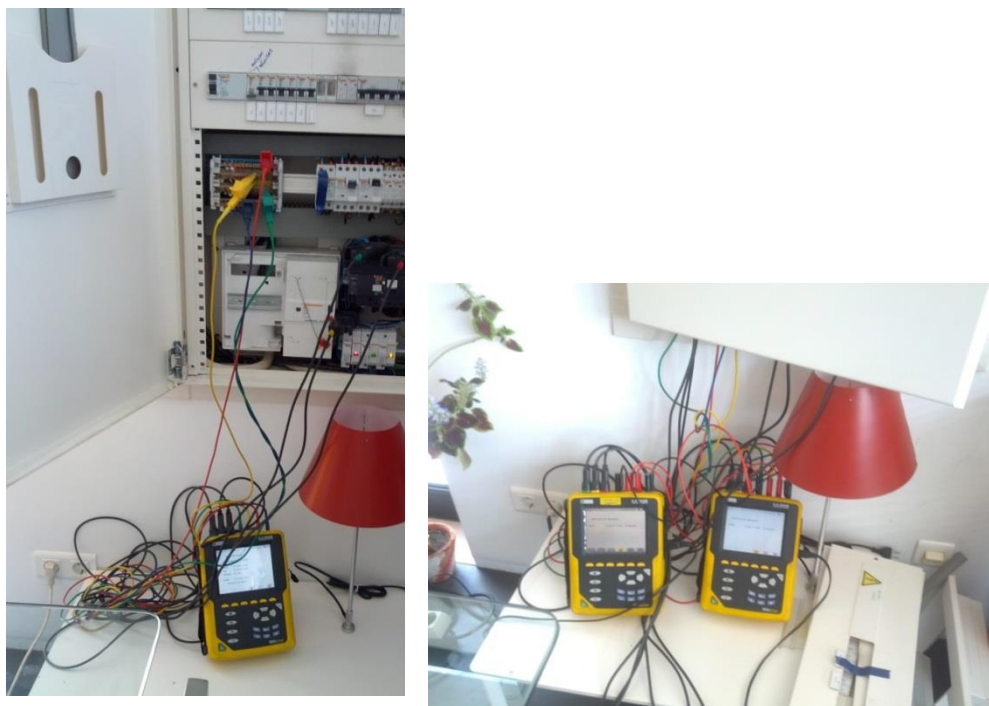


Figura 20 – Procedimento utilizado na medição de consumos eléctricos

Após ter sido obtido o diagrama de carga verificou-se que existem alguns picos de tensão (Figura 21), que podem ser derivados a usos ocasionais de determinados equipamentos, ou então de quando se verificou qual a potência dos diferentes sistemas de aquecimento/arrefecimento instalados, tendo sido registados consumos num período de amostragem de 5 minutos.

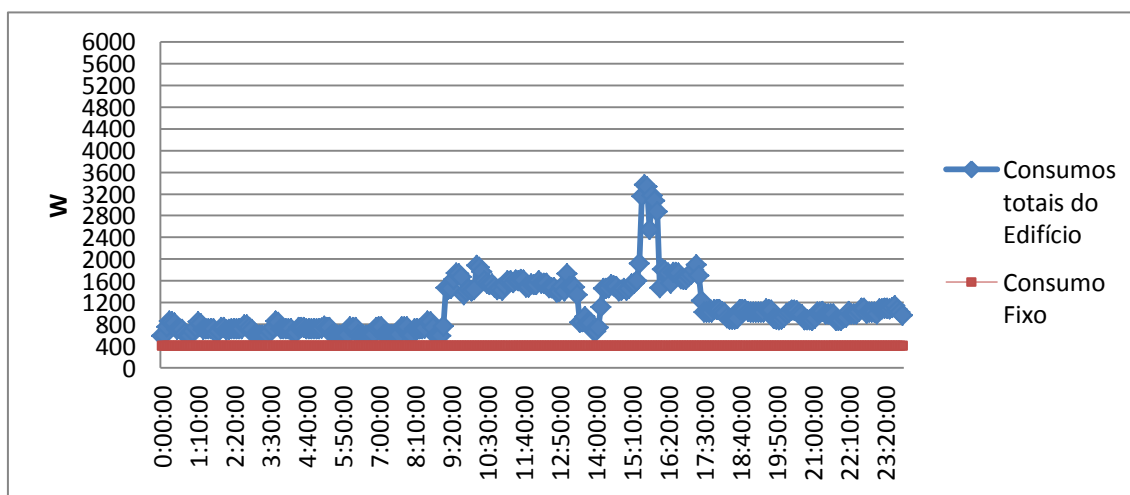


Figura 21 - Diagrama de carga do dia 16/05/2014

Verificou-se ainda que as unidades de aquecimento/arrefecimento da recepção e da zona administrativa se encontram ligadas à terceira fase do quadro eléctrico (Figura

22), enquanto que a unidade do espaço multiusos se encontra ligada à segunda fase do quadro eléctrico.

Foram realizados dois tipos de medição, um de curta duração onde se verificou individualmente o consumo de cada equipamento AVAC e uma de longa duração (8 dias) onde foi registado os consumos de energia do edifício.

Na Figura 23 ilustra-se o diagrama de carga de um dos dias de medição, onde se pode comparar um dos consumos fixos do edifício em relação ao total de medido nesse dia no edifício.

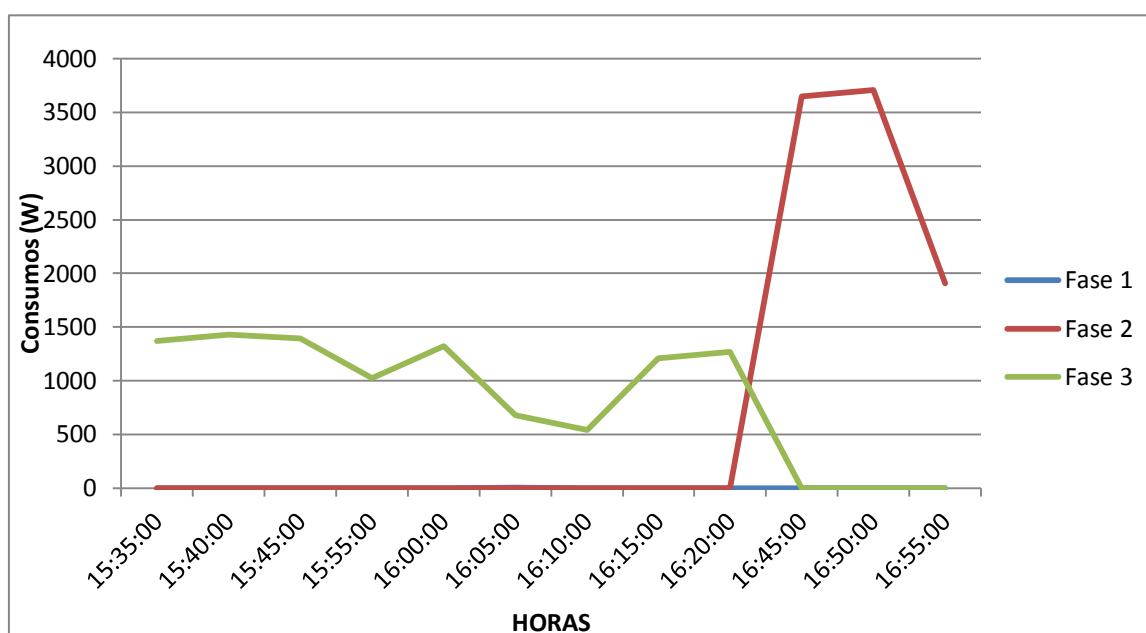


Figura 22 – Potência activa dos sistemas AVAC registada nas diferentes fases do quadro eléctrico

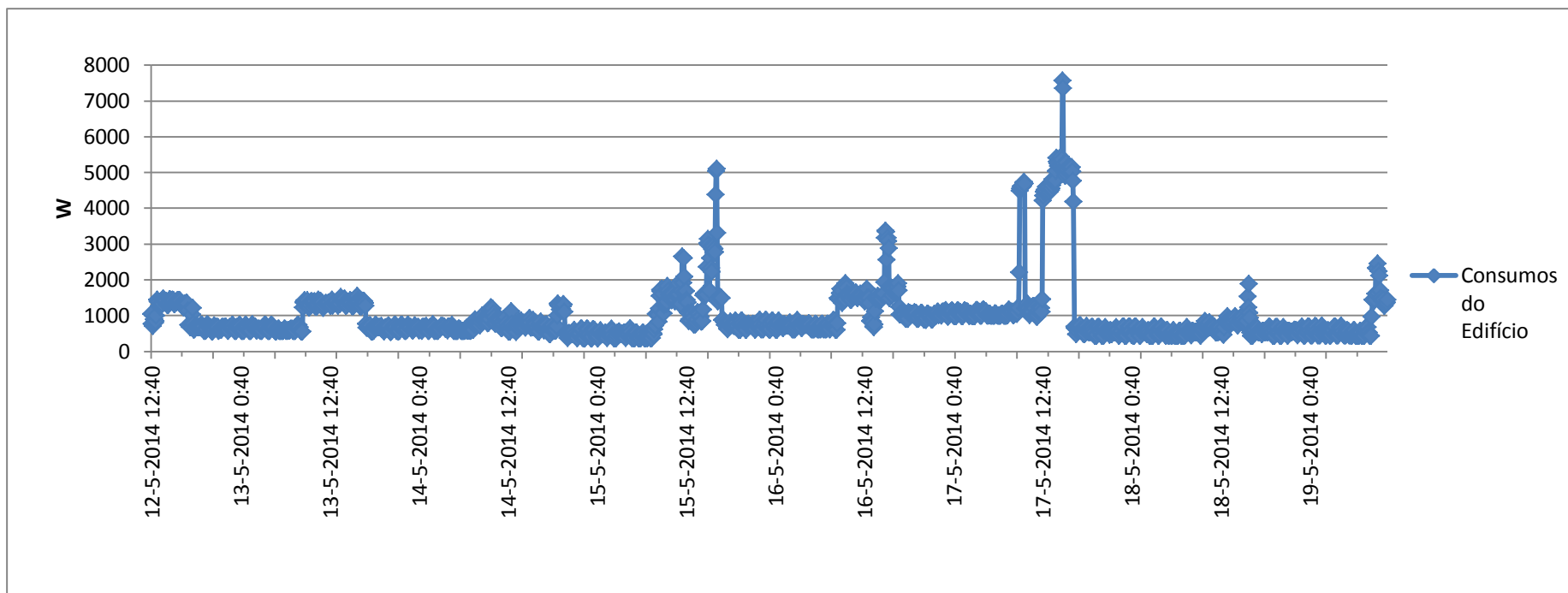


Figura 23 – Consumos registados no edifício

As medições de iluminância nas diferentes zonas do edifício foram efectuadas com um luxímetro, tal como referido anteriormente. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da iluminância

Local	Lux (lux natural)	Lux (com iluminação artificial)
Sala de administrativa	269	853
Recepção	584	987
Multiusos	1260	1818

Das medições realizadas pelas placas da *LogTag*, verifica-se na Figura 24 que as temperaturas do exterior e as temperaturas do corredor aberto são semelhantes ao longos dos dias da amostra (20 dias).

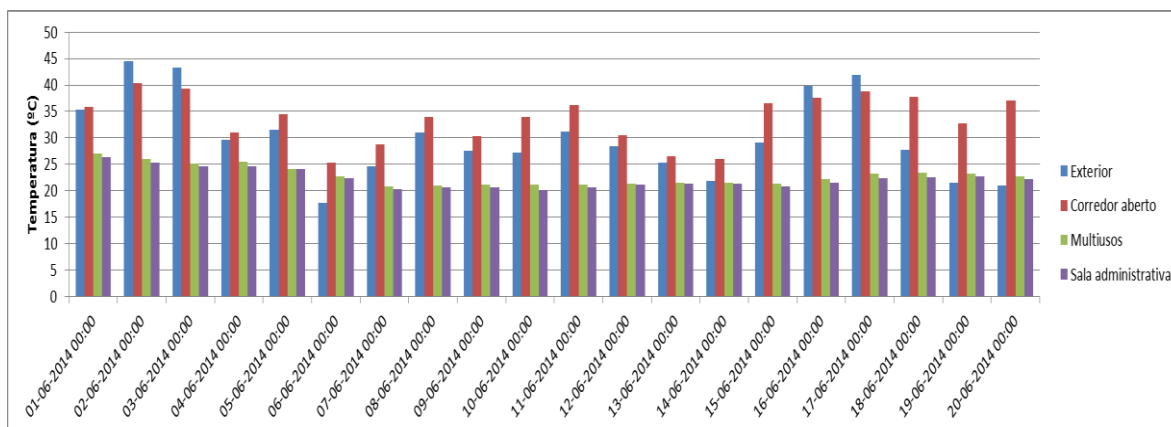


Figura 24 – Registo das temperaturas nos diferentes espaços

4.3 Modelo do comportamento térmico do edifício

Devido ao elevado consumo de energia, foi realizada uma análise em conjunto com a Camara Municipal de Leiria baseado nas facturas de energia eléctrica nos últimos

três anos de maneira a ser possível identificar de onde derivam os consumos energéticos.

A potência contratada para o edifício é de 34,5 kVA, com um contador trifásico, com a tarifa de electricidade tri-horaria, com um ciclo horário diário.

Tendo em conta que a tarifa de electricidade é tri-horária, foi efectuada uma análise dos consumos de energia nos três períodos horários referidos na facturação. Na Figura 25 pode-se verificar qual o período horário de facturação que é efectuado durante o inverno.



Figura 25-Horários de baixa tensão normal, no período de inverno (Fonte: EDP)

Na Figura seguinte verifica-se qual o período de horário em vigor no verão.



Figura 26-Horários de baixa tensão normal, no período de verão (Fonte:EDP)

É de salientar no entanto, que a análise do consumo foi efectuada tendo por base os consumos medidos e facturados pela EDP, e que relativamente aos anos de facturação analisados, o Bar que se encontra no edifício estava alugado em determinado período do ano. No entanto na altura em que foi realizado o presente estudo, o mesmo não se encontrava em funcionamento.

4.3.1 Caracterização dos consumos medidos do edifício

Após a análise das facturas de energia eléctrica dos últimos três anos foi possível efectuar o estudo do consumo de energia eléctrica nos anos de 2011, 2012 e 2013.

Na Tabela 3 encontra-se descrito detalhadamente os dados correspondentes à energia eléctrica que constam nas facturas do ano de 2011.

Tabela 3 - Consumos efectuados no ano de 2011

	Vazio	Ponta	Cheias	Total	(L)Leit/(E)Estim
Janeiro	1010	531	1353	2894	L
Fevereiro	1110	569	1453	3132	E
Março	970	497	1269	2736	E
Abril	814	464	1171	2449	L
Maio	939	463	1173	2575	E
Junho	1052	519	1314	2885	E
Julho	727	480	1232	2439	L
Agosto	748	498	1272	2518	E
Setembro	847	563	1442	2852	E
Outubro	779	497	1293	2569	L
Novembro	866	568	1460	2894	E
Dezembro	872	572	1471	2915	E
Total	10734	6221	15903	32858	

Tal como se pode verificar na tabela anterior, no ano de 2011 foram consumidos no edifício 32 858 kWh de energia eléctrica, sendo que desta 48% foi consumida em horas cheias e 19% em pontas, quando o custo da electricidade é mais elevado, tal como se pode verificar na Figura 27. Os custos de energia eléctrica no ano de 2011, tal como se verificou nas facturas, foi de 5 595,15 €. Na Figura 28, pode-se verificar os custos ao longo do ano.

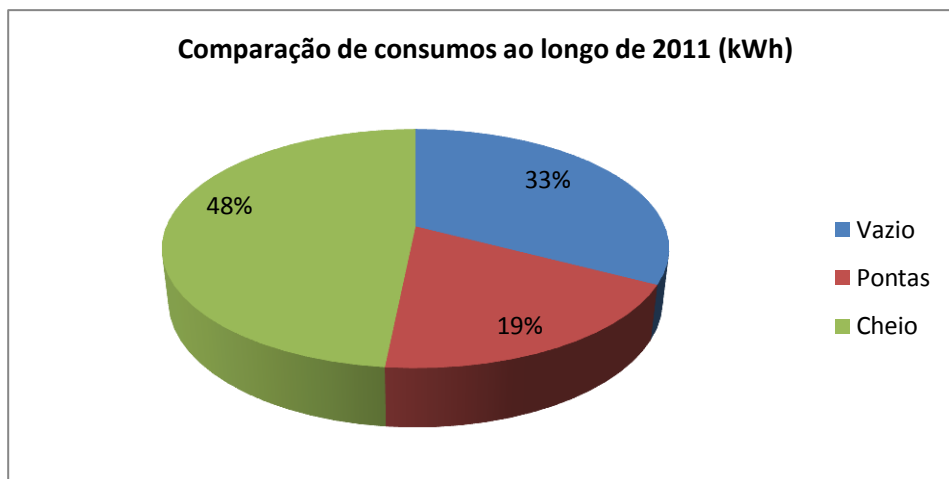


Figura 27-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2011.

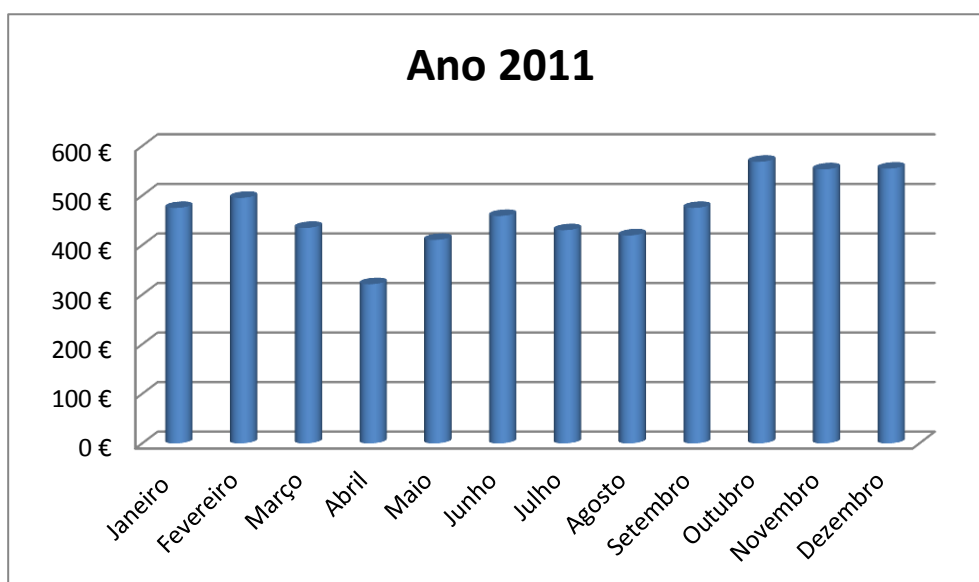


Figura 28-Custos de energia eléctrica ao longo do ano 2011.

Deste modo, e de acordo com a Figura 29, os consumos de energia são mais acentuados durante o período de Outono/Inverno do que no período da Primavera/Verão.

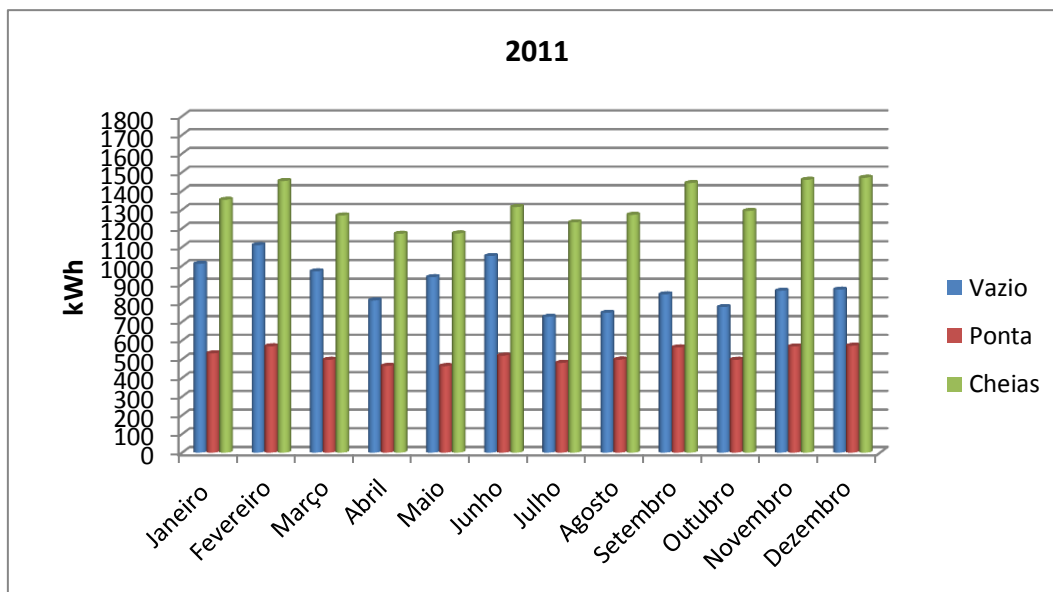


Figura 29-Comparação dos consumos facturados no ano de 2011

Tal como se pode verificar na Tabela 4 o consumo de energia eléctrica no ano de 2012 foi de 32.501kWh, um pouco inferior relativamente aos consumos do ano anterior, sendo que o consumo em horas de cheia e pontas aumentou. Deste modo o custo do consumo de energia neste ano foi de 7.205,76 €. Este aumento verifica-se pois tal como referido anteriormente o consumo aumentou nos períodos de facturação em que o custo de energia é mais elevado, sendo que os 20% de consumo em horas de cheia (Figura 30)

Tabela 4 – Consumos efectuados no ano de 2012

	Vazio	Ponta	Cheias	Total	(L)Leit/(E)Estim
Janeiro	808	528	1367	2703	L
Fevereiro	938	611	1585	3134	E
Março	823	536	1389	2748	E
Abril	704	446	1146	2296	L
Maió	768	486	1249	2503	E
Junho	774	490	1260	2524	E
Julho	683	481	1219	2383	L
Agosto	798	561	1442	2801	E
Setembro	770	541	1390	2701	E
Outubro	700	487	1246	2433	L
Novembro	908	644	1640	3192	E
Dezembro	877	622	1584	3083	E
Total	9551	6433	16517	32501	

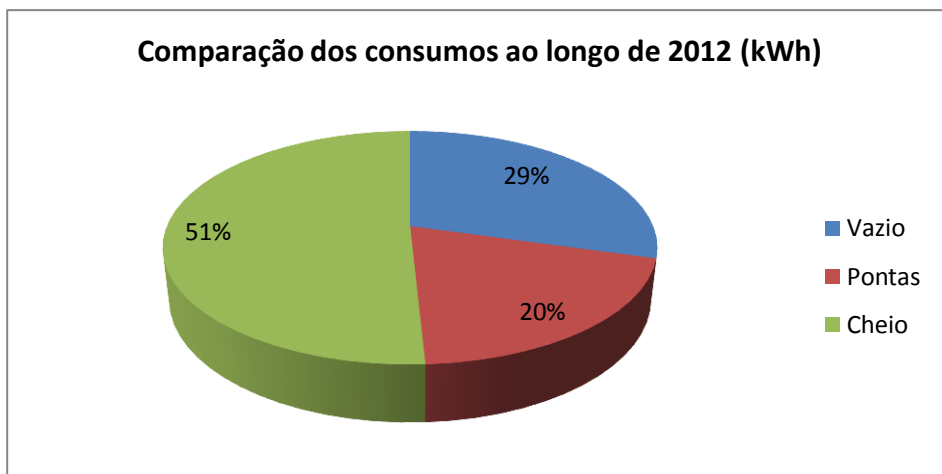


Figura 30-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2012

Tal como foi verificado no ano de 2012, os consumos tendem a baixar nos meses de Primavera/Verão, tal como se pode verificar na Figura seguinte.

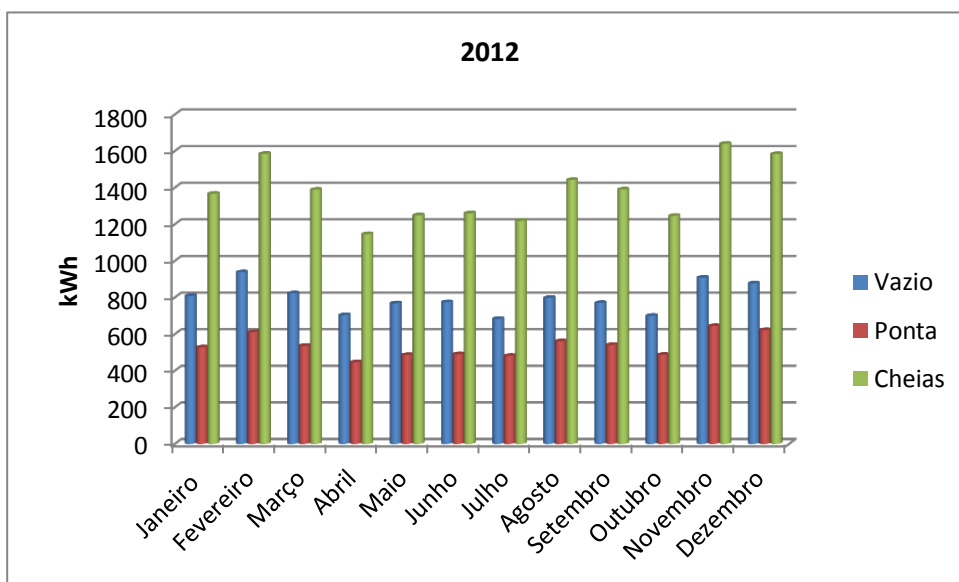


Figura 31-Comparação dos consumos facturados no ano de 2012

Em relação aos gastos efectuados com a energia ao longo do ano tal como era de esperar pela análise feita anteriormente, os meses em que o custo de energia foi mais elevado, foram os meses de Fevereiro, Julho e Outubro, tal como se pode verificar na Figura 32.

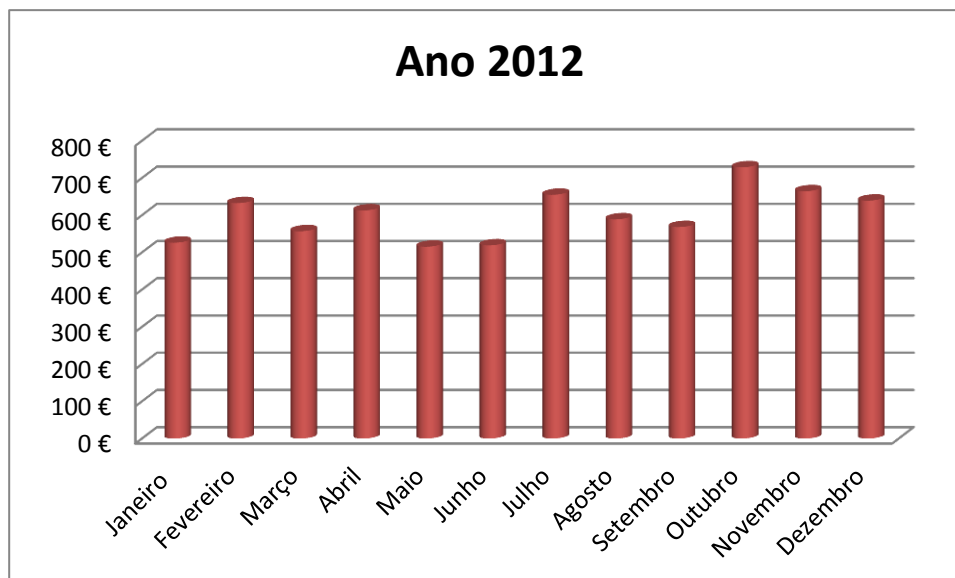


Figura 32-Custos de energia eléctrica facturados no ano de 2012

No ano de 2013, o consumo de energia foi de 31.845 kWh (Tabela5), relativamente mais baixo do que nos anos anteriores, tendo-se mantido o consumo em horas de ponta e vazio aproximadamente igual ao consumo do ano de 2012.

Tabela 5 – Consumos de energia eléctrica efectuados no ano de 2013

	Vazio	Ponta	Cheias	Total	(L)Leit/(E)Estim
Janeiro	801	577	1489	2867	L
Fevereiro	892	643	1653	3188	E
Março	776	559	1438	2773	E
Abril	626	434	1145	2205	L
Maió	761	521	1365	2647	E
Junho	751	515	1347	2613	E
Julho	663	455	1191	2309	L
Agosto	861	589	1551	3001	E
Setembro	784	536	1412	2732	E
Outubro	699	487	1282	2468	L
Novembro	795	554	1457	2806	E
Dezembro	623	442	1171	2236	E
Total	9032	6312	16501	31845	

Como se pode verificar na Figura 33, os consumos de energia nas horas de cheia são mais acentuados do que nas restantes horas, no entanto em comparação com o ano anterior apenas aumentou 1% o consumo nestas horas (Figura 34)

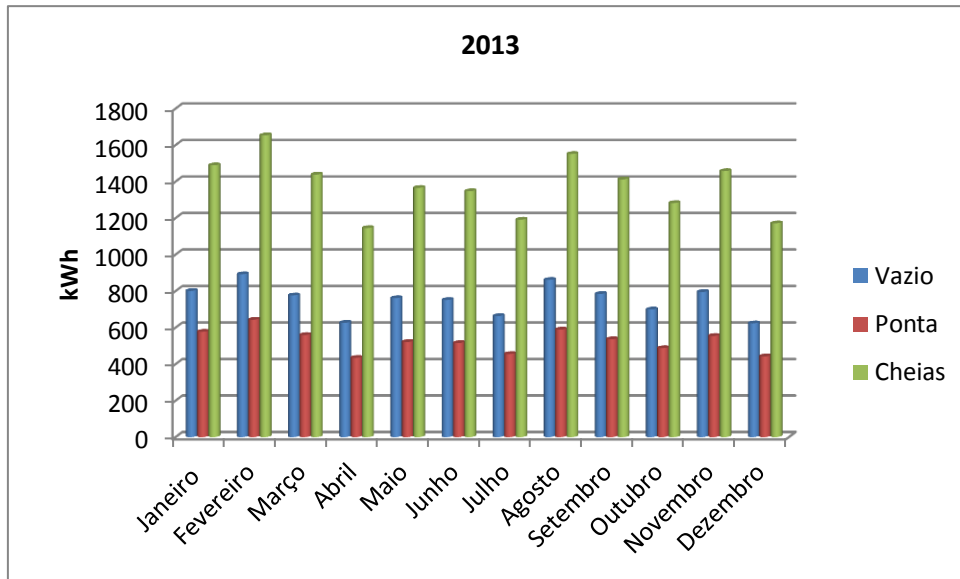


Figura 33-Comparação dos consumos facturados no ano de 2013

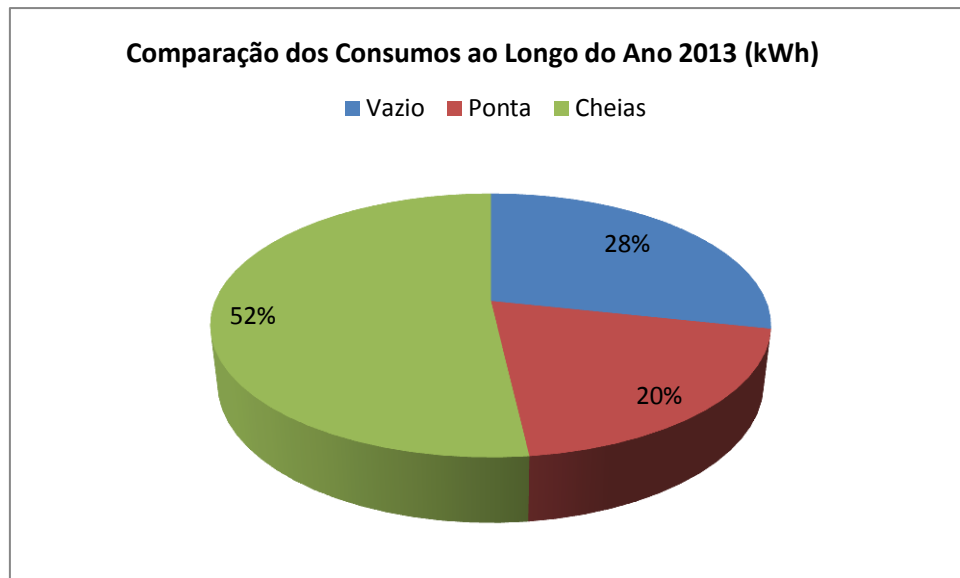


Figura 34-Percentagens de consumo de energia nos diferentes períodos horários em 2013

Como se pode verificar na Figura 35, o consumo de energia foi coerente durante os meses ao longo do ano, durante os três anos analisados. No entanto, verificou-se que no ano de 2011 foi consumida mais energia nos meses de Janeiro, Abril, Junho, Julho, Outubro e Setembro, quando comparado com os outros dois anos em análise. Por sua vez no ano de 2012, o consumo de energia eléctrica foi mais elevado nos meses de Novembro e Dezembro. O ano de 2013 foi o que apresentou o consumo de energia mais elevado em relação aos restantes anos nos meses de Fevereiro, Março, Maio e Agosto.

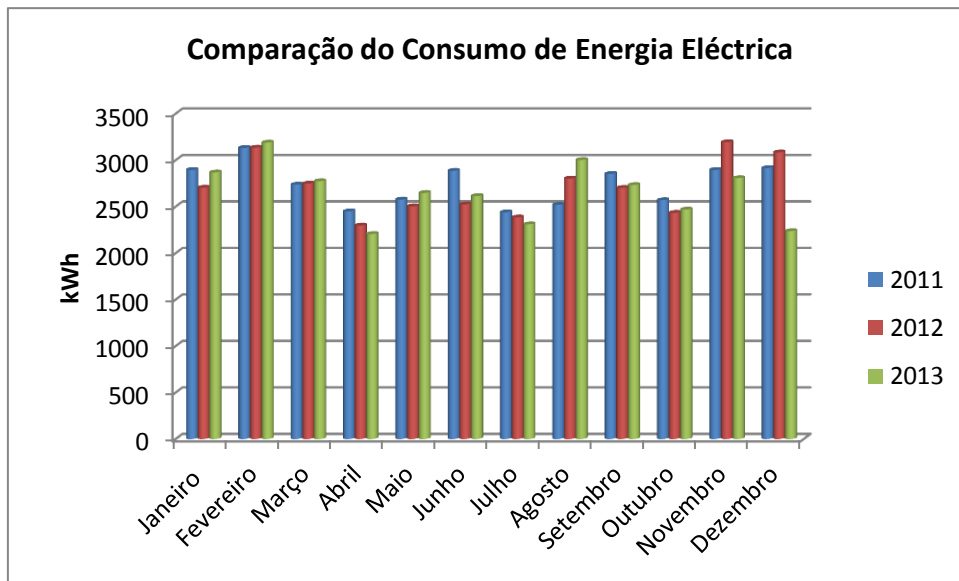


Figura 35-Comparação dos consumos de energia eléctrica ao longo dos três anos de estudo.

Na Figura 36 pode-se verificar qual a evolução dos consumos ao longo dos três anos em estudo e ao longo do meses.

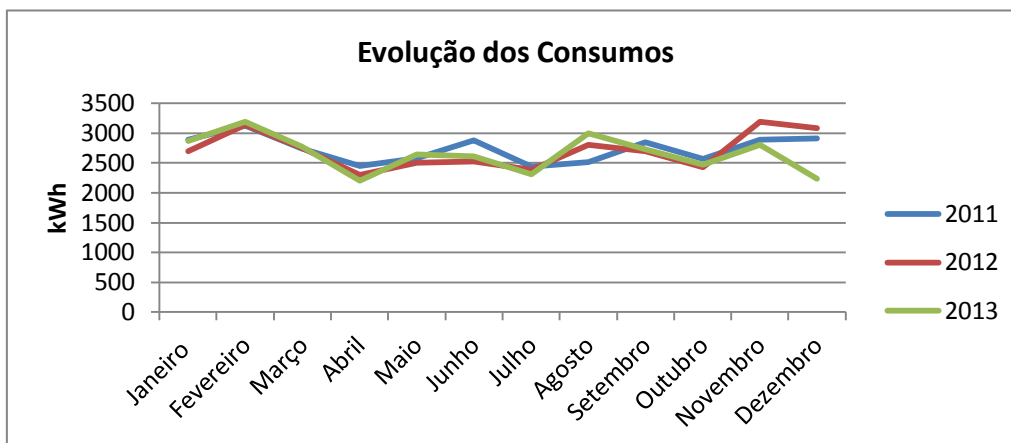


Figura 36-Evolução dos consumos ao longo dos anos em curso

Em relação aos consumos de energia eléctrica efectuados ao longo dos anos em estudo, verificou-se que 50% da energia foi consumida em horas de cheia, 30% da energia foi consumida em horas de vazio e apenas 20% de energia foi consumida em horas de ponta, tal como se pode confirmar na Figura 37.

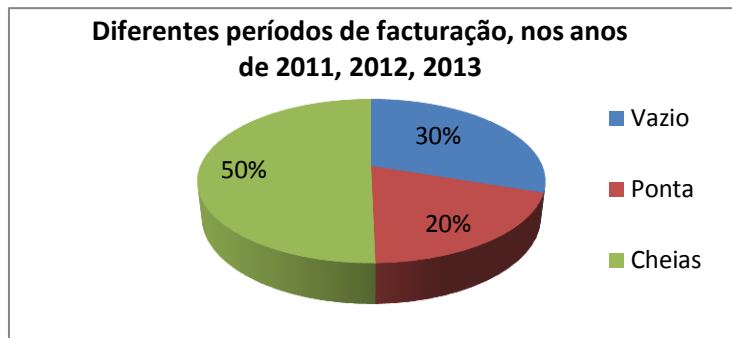


Figura 37-Consumos de energia eléctrica nos diferentes períodos de facturação ao longo dos três anos em análise.

Em relação à comparação dos custos ao longo dos três anos em estudo, tal como se pode verificar na Figura 38, o ano em que os custos de energia eléctrica foram mais elevados, tal como verificado pelos consumos energéticos, foi no ano de 2012.

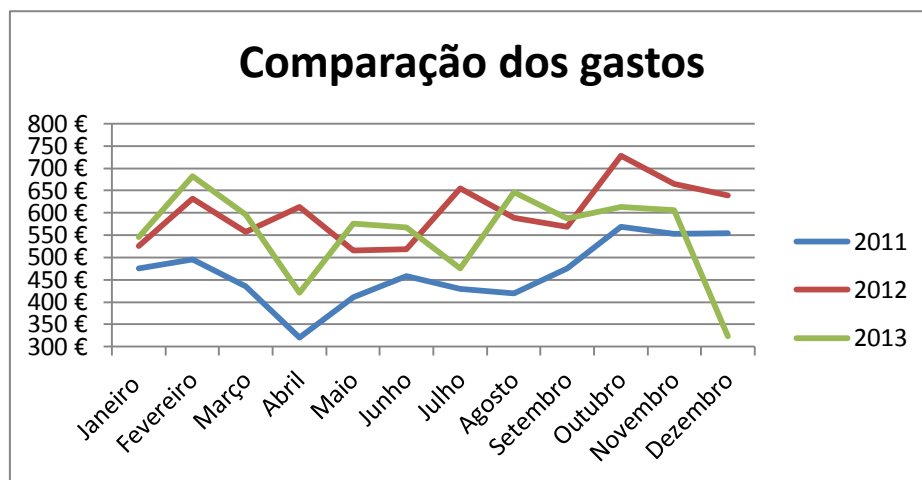


Figura 38-Comparação dos gastos de energia eléctrica ao longo dos três anos em estudo.

Após uma análise dos gastos monetários efectuados, relativos aos consumos de energia eléctrica ao longo dos anos em estudo, e de se ter verificado que a tarifa contratada para o edifício em análise é a tarifa tri-horária, comparou-se qual seria o valor facturado por ano, no caso de a tarifa contratada ser a simples, tendo-se ainda em conta que a potência contratada seria de 20,7 kVA.

Na elaboração da tabela seguinte, foi tido em conta o custo da potência contratada, bem como o custo por kWh da potência simples que foi de 0.1543€ no mês de Junho de 2014 (Fonte: EDP).

Tabela 6 – Poupanças efectuadas no caso de a tarifa contratada ser a simples.

Ano	2011	2012	2013
Tarifa Simples (€)	5375,20	5320,95	5218,90
Tarifa tri-Horária(€)	5595,15	7205,764	6636,88
Diferença de valores entre a tarifa tri-horária e a simples (€)	219,95	1884,81	1417,98

A Figura seguinte reforça a ideia da poupança efectuada se no lugar da tarifa tri-horária a tarifa contratada fosse a simples.

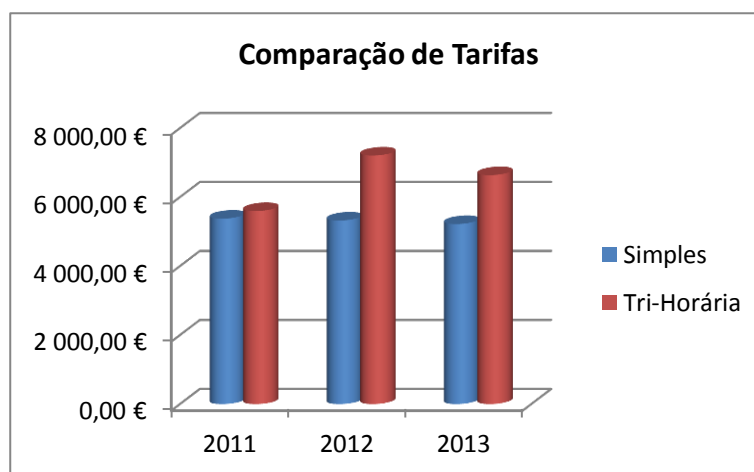


Figura 39-Comparação dos gastos pelas diferentes tarifas.

De forma a se obter maior precisão nos resultados obtidos foram efectuadas medições no quadro eléctrico permitindo obter os valores dos consumos reais, em períodos de tempo de 5 minutos (tal como referido anteriormente). Após uma análise dos dados obtidos e tendo em conta que o contador é trifásico e que a tarifa contratada apenas compensa para consumos elevados em horas de vazio, uma vez que a utilização de energia no CIA é fora do período de vazio, a mudança para uma tarifa simples poderá ser uma boa estratégia para reduzir encargos.

Após uma análise do diagrama de carga semanal, a potência nas três fases atinge uma ponta de cerca de 7,9 kVA o que está muito abaixo dos 20,7 kVA. No entanto convém considerar o desequilíbrio que existe entre as fases. Assumindo que 20,7 kVA implica uma potência aparente por fase de 6,9 kVA, e em termos de corrente, isto implica que cada fase apenas suporte um máximo de 30 A, o que significa que pode

haver uma grande folga em duas fases, mas se uma das fases mais sobrecarregadas ultrapassar os 30 A, poderá implicar num corte do disjuntor (pois este é sensível a cada fase individualmente). Depois da análise verificou-se que na fase 1, tem um máximo de potência medida de 6 A, na fase 2 há um máximo de potência medido de 28,6 A sendo esta a fase mais sobrecarregada, e na fase 3 há um máximo de potência de 9,6 A. Neste caso, apenas a fase 2 faz com que se pondere se a mudança para uma potência contratada de 20,7 kVA será benéfica, no entanto este pico máximo pode ser reduzido através de uma melhor racionalização de consumos.

4.3.2 Desempenho energético do edifício calculado pelo RECS

O desempenho energético da parte em estudo do edifício calculado tendo por base o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) é de classe B⁻, com uma razão (R) entre as necessidades anuais de energia primária para a climatização e águas quentes (N_{tc}) e o limite máximo regulamentar para as necessidades anuais de energia primária para a climatização e águas quentes (N_t) igual a 0.85, em termos de eficiência energética. No entanto convém salientar que a parte em estudo do edifício é a parte que se situa mais a sul, tal como já referido anteriormente. De modo a permitir a realização do estudo, foi efectuada uma pequena auditoria energética ao edifício. Deste modo foram medidos os consumos realizados pelo edifício, tal como verificado anteriormente, e também quais os consumos efectuados pelos sistemas de aquecimento/arrefecimento.

A análise energética realizada ao local em estudo foi fundamentada de acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto de 2013, que o RECS, tendo sido utilizada a folha de cálculo fornecida pelo LNEG, intitulada de “STE-MONOZONA – Cálculo Dinâmico Simplificado para pequenos edifícios de comércio e serviços”, versão 2.1.6 de 15 de Dezembro de 2014.

Deste modo o edifício em estudo encontra-se situado em Leiria, com a latitude de 39,8°N, a longitude de 8.8° W e a uma altitude de 126m. Na Figura 40 pode-se verificar a localização e também os dados climáticos referentes ao local em estudo.

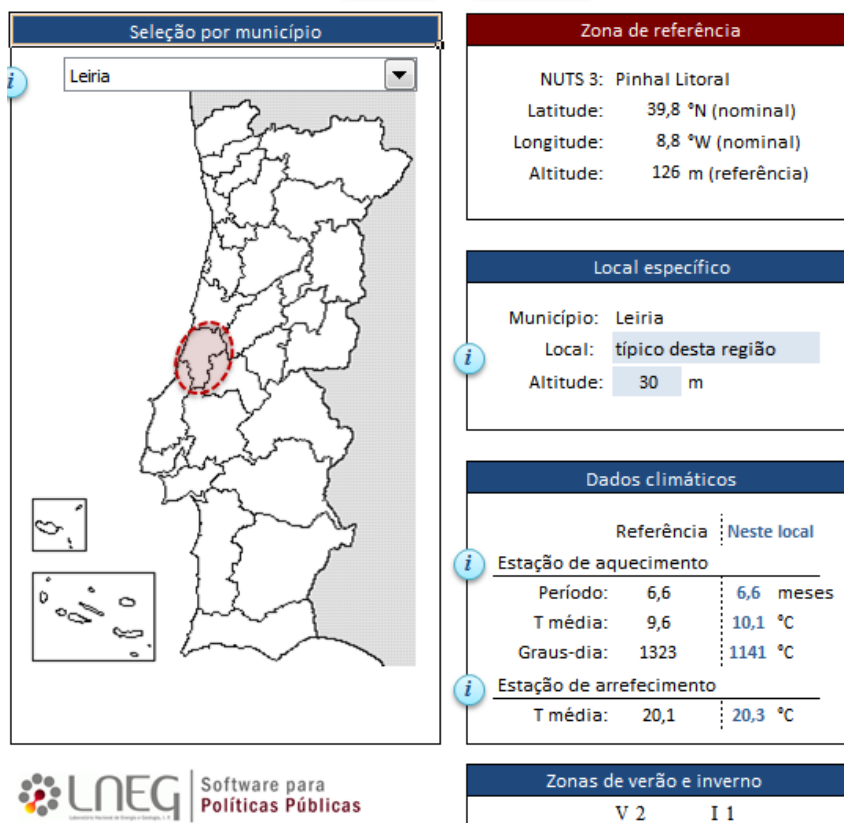


Figura 40-Zona de referência e dados climáticos da zona em estudo.

Os ocupantes do edifício em permanência são 3, em que a potência de iluminação é de 2.346 W, com uma potência média absorvida pelos equipamentos de 416 W. A área total em estudo é de 145,35 m² em que a potência de aquecimento e arrefecimento medidas foram de 9 446 W. O coeficiente de transmissão de calor (U) das paredes foi determinado através do ITE 50, de acordo com os tipos de parede descritos anteriormente, assim como os coeficientes de absorção (α). As pontes térmicas foram calculadas de acordo com o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril. Sendo de salientar que a parte do edifício onde se procedeu à aplicação do modelo é a que se encontra ilustrada na Figura 41

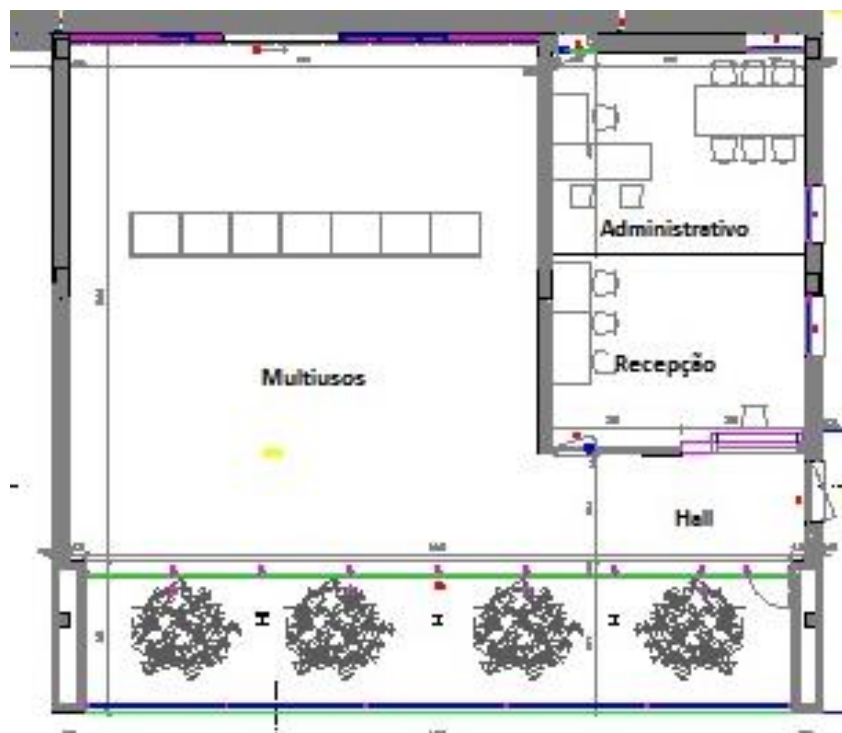


Figura 41-Planta do edifício Centro de Interpretação Ambiental, com descrição dos vãos envidraçados. (Fonte: AutoCad CIA)

Após a análise dos resultados fornecidos pelo modelo de simulação, conclui-se que a parte do edifício em análise tem um consumo anual de energia eléctrica de 21.335 kWh, o que se traduz em cerca de 65.8% da média dos consumos facturados ao longo dos três anos apresentados anteriormente.

Na Figura 42 verifica-se que do consumo total anual de energia eléctrica 6.197 kWh são consumidos pelos sistemas de aquecimento/arrefecimento, 4.755 kWh são consumidos pela ventilação, a iluminação consome 6.735 kWh e os equipamentos utilizados correspondem a um consumo de 3.647 kWh.

Podemos ainda comparar a nossa fracção do edifício com o de referência e verificar que o consumos de um edifício de referência são mais elevados (24.693 kWh anuais) que os do edifício em estudo. Os consumos globais de energia eléctrica do edifício de referência são mais elevados, mas no entanto os consumos de energia eléctrica nos sistemas de aquecimento/arrefecimento e na ventilação são mais elevados no edifício em estudo.

Consumos anuais de energia final, por uso			
edifício	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento	659 kWh	4,5 kWh/m ²	4,5 kWh/m ²
Arrefecimento	5538 kWh	38,1 kWh/m ²	38,1 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias			
Aquecimento de Água de Piscina			
Ventilação	4755 kWh	32,7 kWh/m ²	32,7 kWh/m ²
Bombagem			
Humidificação e Desumidificação			
Iluminação interior	6735 kWh	46,3 kWh/m ²	46,3 kWh/m ²
Iluminação exterior et al.			
Equipamentos	3647 kWh	25,1 kWh/m ²	25,1 kWh/m ²
referência	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento	912 kWh	6,3 kWh/m ²	6,3 kWh/m ²
Arrefecimento	1529 kWh	10,5 kWh/m ²	10,5 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias			
Aquecimento de Água de Piscina			
Ventilação	407 kWh	2,8 kWh/m ²	2,8 kWh/m ²
Bombagem			
Humidificação e Desumidificação			
Iluminação interior	18128 kWh	124,7 kWh/m ²	124,7 kWh/m ²
Iluminação exterior et al.			
Equipamentos	3647 kWh	25,1 kWh/m ²	25,1 kWh/m ²

Figura 42-Resultados obtidos do modelo de simulação.

Pode-se ainda afirmar que a iluminação apresenta o maior consumo de energia eléctrica, traduzindo-se em 32% dos consumos eléctricos do edifício, seguindo-se das necessidades de aquecimento/arrefecimento, com 29% dos consumos de energia do edifício, tal como ilustra a Figura 43.

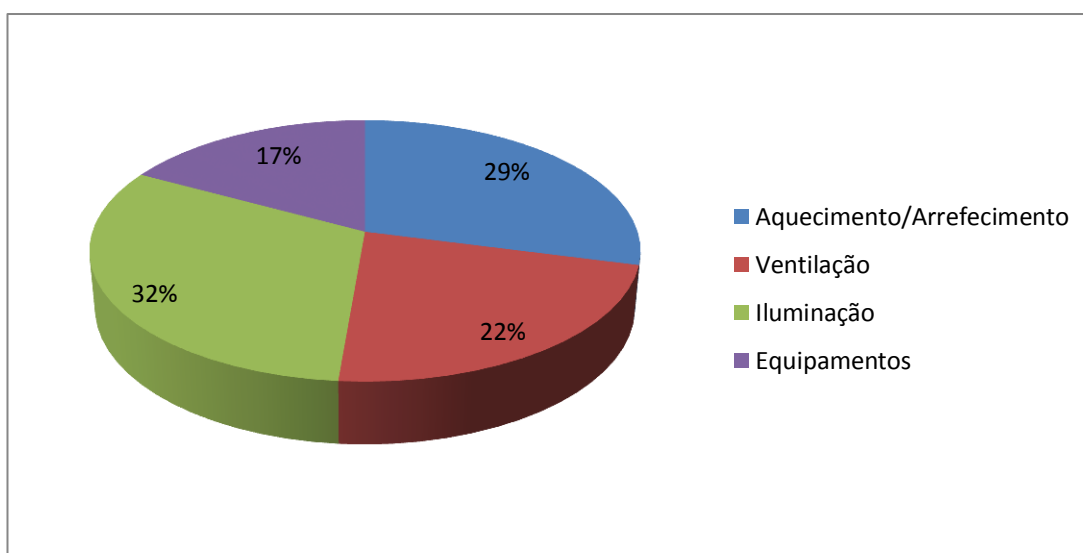


Figura 43 – Percentagens dos consumos anuais de energia final, por tipo de uso.

4.4 Estratégia para a melhoria do desempenho energético do edifício

Como a classe de desempenho energético do edifício, obtida pelo modelo, foi B, este pode ser melhorado a vários níveis, nomeadamente no que diz respeito ao tarifário contratado, ao tipo de iluminação existente e também em relação à origem da energia eléctrica utilizada.

Uma opção para a redução dos custos energéticos seria a mudança do tarifário, uma vez que o tarifário contratado é tri-horário, o que implica que a facturação seja efectuada em três diferentes tipos de horário, horas de vazio, horas de ponta e horas de cheia, sendo que o custo da electricidade é diferente nas três horas, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 – Custos da electricidade nas diferentes horas (fonte: factura EDP do CIA)

	Custo por kWh (€)
Horas de Vazio	0.0882
Horas de Ponta	0.2858
Horas de Cheia	0.1437

Como já se referiu anteriormente, o horário de funcionamento do edifício em estudo coincide com o horário das horas de ponta e de cheia (Figura 44), onde o custo da energia eléctrica é mais elevado.

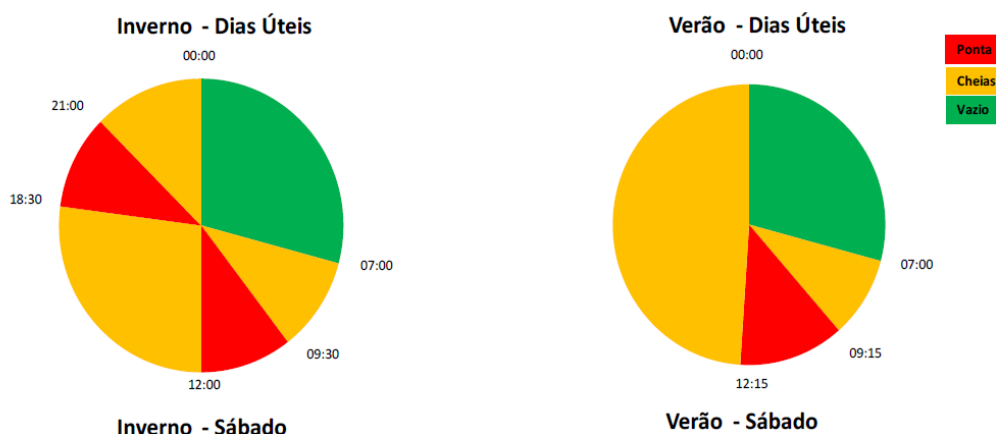


Figura 44 – Ciclo semanal tri-horário

Deste modo, comparando com o preço do kWh na tarifa simples, tal como visto no Capítulo 4, no ponto 4.1.2, na tabela 6, a poupança relativa à mudança de tarifário seria bastante significativa, sendo também reduzidos os custos relativos à potência contratada, pois passamos de uma potência 34,5 kVA para uma potência de 20,7 kVA. Alguns custos com a energia eléctrica podem também ser reduzidos através da racionalização de consumos.

Tendo em conta que 32% dos consumos de energia eléctrica do edifício são provenientes da iluminação, os tipos de lâmpadas utilizados nas diferentes zonas do edifício, poderiam ser substituídas por lâmpadas LED, que tem um menor consumo energético. Esta substituição poderá ser feita gradualmente e iniciada onde a potência de iluminação é mais elevada, que neste caso, seria no espaço multiusos. Começar-se-ia pelos 8 downlights encastrados, que tem cada um 3 lâmpadas de halogénio de 50 W. Se estas lâmpadas forem substituídas por lâmpadas de LED, tal como se pode verificar na tabela 8, o consumo máximo de uma lâmpada LED equivalente a uma lâmpada de halogénio de 50 W é de 9 W. [21]

Tabela 8 – Comparação dos consumos dos diferentes tipos de lâmpadas [21]

Incandescente	Halogénio	Baixo Consumo	LED
60 W	50 W	12 – 15 W	6 – 9 W
90 W	75 W	18 – 23 W	9 – 11 W

Com esta alteração incluída, os consumos energéticos da iluminação reduzem de 6.735kWh anuais para 3.910kWh anuais, o que se traduz numa redução de 11% nos

consumos anuais totais de energia passado de 32% com a iluminação instalada para um consumo de 21%, como ilustra a Figura 45.

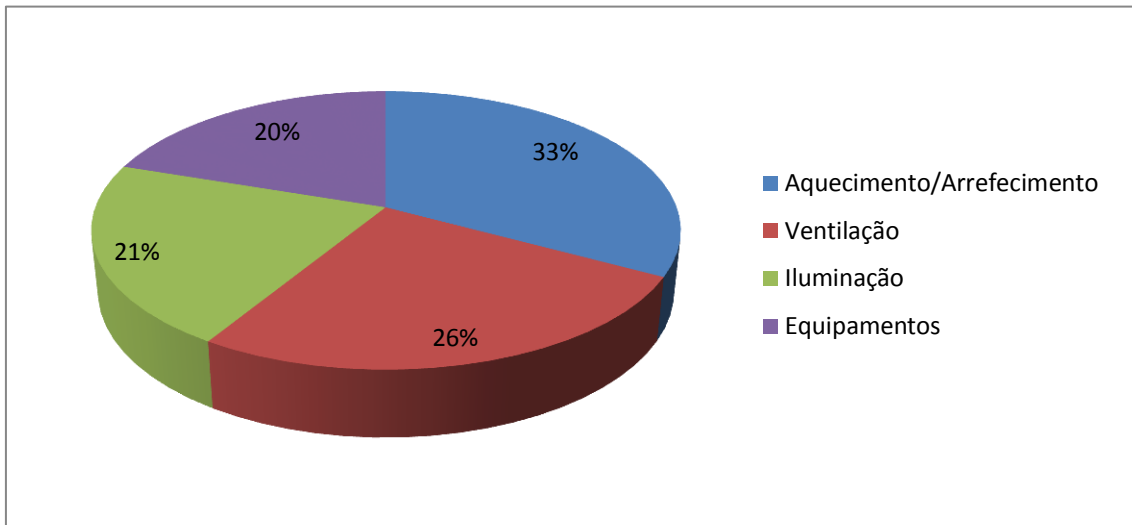


Figura 45 – Redução dos consumos de iluminação aquando a substituição para lâmpadas LED

Uma vez que os consumos de energia do edifício são apenas de energia eléctrica a realização de um estudo para a aplicação de painéis solares fotovoltaicos destinados à produção de electricidade poderá ser uma alternativa que irá melhorar o desempenho energético do edifício, permitindo a produção de energia eléctrica para a rede e também de acordo com o Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro, para o autoconsumo do edifício, passando assim a incorporar as energias renováveis nas suas fontes de energia, contribuindo para um aumento do desempenho energético do edifício.

5. Conclusão

O desenvolvimento das sociedades tem vindo a ser marcado por um consumo intensivo de energia, nas suas diversas formas, aumentando as emissões de GEE. De maneira a estes serem minimizados, nos últimos anos a Comissão Europeia tem desenvolvido mecanismos e criado diversos diplomas necessários para a construção de uma política comum para a energia e o ambiente com abordagem nas alterações climáticas. Deste modo as iniciativas e mecanismos desenvolvidos pela Comissão Europeia, têm sido convertidas para o panorama nacional, tendo sido definidos planos nacionais de acção para a eficiência energética, nomeadamente o PNAEE 2016 que integra acções e metas relativas à redução de energia primária no horizonte de 2020.

Deste modo os estados membros têm vindo a promover medidas, que impulsionam a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, nomeadamente a Directiva 2010/31/UE, que foi traduzida para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 que visa promover e assegurar a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do SCE, que integra o REH e o RECS.

Na presente dissertação estuda-se um pequeno edifício de serviços, Centro de Interpretação Ambiental de Leiria. É no entanto, importante salientar que a parte do edifício sobre a qual foi realizada a simulação do seu desempenho energético foi um bloco que se situa mais a sul, pois o edifício pode ser dividido em dois blocos. Nesta parte do edifício os consumos energéticos são realizados pelos sistemas AVAC, pela iluminação e pelos equipamentos necessários à actividade realizada no edifício (equipamentos informáticos), traduzindo-se todos em consumos de energia eléctrica.

De maneira a realizar a simulação dos consumos energéticos do edifício, bem como a obtenção da classe energética do mesmo, foi realizada uma auditoria energética, onde se quantificou a forma de energia utilizada (energia eléctrica) através da medição dos consumos do edifício e dos sistemas AVAC, com o recurso a analisadores de energia, foram caracterizadas as formas de utilização de energia e quais os seus respectivos custos através da análise das facturas de electricidade dos últimos três anos, tendo sido ainda registados os consumos fixos de alguns equipamentos. Registou-se durante o mês de Maio e Junho a temperatura e a humidade relativa do ar nas diferentes

divisões do mesmo, tendo ainda sido medidos os níveis de iluminância com e sem iluminação artificial, de maneira a facilitar a simulação que foi realizada.

Da simulação realizada ao bloco sul do CIA, obteve-se uma classificação energética de B⁻, com um R de 0.85, em que os consumos anuais de energia relativos aos sistemas AVAC foram de 10.952 kWh anuais, os consumos da iluminação foram de 6.735 kWh anuais e os equipamentos traduzem-se num consumo de 3.647 kWh anuais.

Deste modo, de maneira a serem reduzidos os custos com a energia eléctrica (única forma de energia utilizada pelo edifício), a mudança do tarifário tri-horario para o tarifário simples implica uma redução bastante significativa dos custos com a energia, pois o funcionamento do edifício coincide com os períodos de tempo em que o custo da electricidade é mais elevado (horas de cheia e de ponta).

Uma outra forma de aumentar o desempenho energético do edifício seria a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED, traduzir-se-á numa melhoria significativa no desempenho energético do edifício. Esta substituição pode ser gradual e se as lâmpadas do espaço multiusos (espaço com maior potência de iluminação) foram substituídas por lâmpadas LED, a classe energética do edifício passa para B, com um R de 0,70, esta substituição implica ainda uma redução nos consumos totais anuais do edifício de cerca de 11%.

A longo prazo a realização de um estudo para aplicação de painéis solares fotovoltaicos irá melhorar o desempenho energético do edifício e permitir que o mesmo possa reduzir custos com a energia eléctrica, incorporando assim as energias renováveis nas suas fontes de energia.

Referências Bibliográficas

- Europa - Síntese da legislação da UE, “Estratégia sobre as alterações climáticas até 2020 e posteriormente,” 31 08 2011. [Online]. Available: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/128188_pt.htm. [Acedido em 06 07 2014].
- Vierira de Almeida e Associados , “PNAEE 2016 e PNAER 2020 as novas metas da eficiência energética e das energias renováveis,” *Flash Informativo*, p. 2, 11 Abril 2013.
- Direcção Geral da Energia, Eficiência Energética nos Edifícios, Direcção Geral da Energia - Ministério da Economia, 2002.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente, “Protocolo de Quioto,” 2014. [Online]. Available: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>. [Acedido em 05 07 2014].
- Europa - Síntese da legislação da UE, “Protocolo de Quioto relativo às alterações climáticas,” 2011. [Online]. Available: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_pt.htm. [Acedido em 09 07 2014].
- Portal da Energia - Energias Renováveis, “Vantagens do protocolo de quioto,” [Online]. Available: <http://www.portal-energia.com/protocolo-de-quioto/>. [Acedido em 06 07 2014].
- Down Building Solutions, “Controlo térmico,” [Online]. Available: <http://building.dow.com/europe/pt/insulate/thermal/walls/project/term.htm>. [Acedido em 19 05 2014].
- APREN - Associação de Energia Renováveis, “ROTEIRO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS,” [Online]. Available:

- <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=175&cat=35>. [Acedido em 06 07 2014].
- A. S. e. all, Manual de boas práticas na utilização racional de energia e energias renováveis, Coimbra, 2009.
- Adene - Agência para a energia, “PNAEE; PNAER,” 20 08 2013. [Online].
- 10] Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaee-2016-plano-nacional-de-acao-para-eficiencia-energetica-2016>. [Acedido em 15 05 2014].
- Factor Segurança, “Conforto Térmico,” [Online]. Available: http://www.factor-segur.pt/shst/docinformativos/Ambiente_termico.pdf. [Acedido em 17 06 2014].
- 11] *H. S. Almeida, ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS UTILIZANDO AS ABORDAGENS ANALÍTICA E ADAPTATIVA*, 2010.
- 12] IteCons - Universidade de Coimbra, “DL 118/2013 de 20 de Agosto Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Síntese de regulamentação aplicável,” ITECONS, Coimbra.
- 13] DGEG, “Página inicial - Certificação energética - Edifícios,” DGEG, [Online].
- 14] Available: <http://www.dgeg.pt/>. [Acedido em 19 05 2014].
- REHVA Journal, “How to define nearly net zero energy buildings nZEB,” *REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast*, 05 2011.
- 15] Fragoso, R., “Perspectivas do sistema de certificação energética face às novas metas europeias. Conferência Edifícios Balanço Zero: Rumo ao Impacte Nulo da Construção e Reabilitação nas Cidades,” ADENE - Agência para a Energi, Lisboa, 2011.
- 16] F. M. G. Brajal, “Edifícios de emissão quase zero - Guia de requisitos para a construção,” <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/10268/1/7207.pdf>, 2012.
- 17] R. M. C. Horta, “Construção sustentável de edifícios de balanço energético quase zero,” http://run.unl.pt/bitstream/10362/9143/1/Horta_2012.pdf, 2012.
- 18] EDP, “Porquê fazer uma auditoria?,” 2009. [Online]. Available: <http://www.edp.pt/pt/particulares/auditoriaenergetica/Pages/porquefazerumaauditori>
- 19]

aenergetica.aspx. [Acedido em 27 11 2014].

ADENE- Agência para a energia, “Gestão de energia - Auditoria energética,” 2015. 20] [Online]. Available: <http://www.adene.pt/textofaqs/auditoria-energetica>. [Acedido em 04 01 2015].

Ledmania Portugal - Leds online, “Ledmania Portugal - Leds online,” [Online]. 21] Available: <http://www.ledmania.com.pt/index.php/poupancaled>. [Acedido em 4 Março 2015].

Esta página foi deixada em branco intencionalmente

Anexos
