

# **CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO PERFIL DE CONSUMOS DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO**

**DIOGO MANUEL PEREIRA DOS SANTOS**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

SETEMBRO DE 2018

## MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À memória da minha avó. Sempre presente em cada passo!

*"If in doubt, flat out!"*

*Colin McRae*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao concluir a realização deste trabalho e com ele esta etapa da minha vida quero manifestar publicamente o meu sincero agradecimento a todos os que contribuíram para a sua realização, não podendo deixar de salientar algumas pessoas em particular:

Quero realçar o meu profundo agradecimento aos meus pais, Rogério e Zulmira, pelo amor inesgotável, pelo apoio em todas as minhas decisões e pela paciência nos momentos difíceis. Também à minha madrinha e padrinho por todas as ajudas durante esta longa etapa!

Um especial agradecimento a toda a minha família materna que apesar de viver longe sempre acreditou nas minhas capacidades.

Igualmente, agradeço aos meus colegas e amigos que me acompanharam e ajudaram durante o meu percurso académico, não podendo deixar de referir os amigos pertencentes ao Grupo de Jovens da Carreira, ao Grupo de Bombos da Carreira, ao “DEQUE”, e ainda ao “Meia Coroa”, em especial ao Marcelo Viana pelas longas horas que passámos juntos e por todo o apoio ao longo destes anos!

Ao João Paulo e ao Rui Ribeiro pela disponibilidade, prontidão e ajuda nas medições, um agradecimento especial, sem vocês não seria possível parte deste trabalho!

À minha namorada, pelo apoio, amabilidade e paciência nos dias menos bons, mas também por acreditar sempre nas minhas capacidades e me apoiar em todas as minhas decisões um especial obrigado!

Os meus agradecimentos ao meu orientador, Prof. Vasco Freitas, por todo o apoio, motivação e pelas horas que despendeu para esclarecer todas as dúvidas que foram surgindo ao longo destes meses de trabalho. Agradeço ainda à Eng<sup>a</sup> Sílvia Magalhães pela sua partilha de conhecimentos e pelos conselhos durante a realização da dissertação.



## RESUMO

A eficiência energética dos edifícios, é um aspeto cada vez mais importante na construção/reabilitação de edifícios, por questões de sustentabilidade ambiental e de redução do consumo energético. A Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético de Edifícios, 2010/31/UE, define uma redução em 20% das emissões de GEE, de forma a atingir uma contribuição de 20% das fontes de energia renováveis no consumo final bruto da UE. A implementação dos certificados energéticos permitiu não só melhorar a eficiência energética dos edifícios avaliados através das medidas de melhoria apresentadas, mas também conhecer o valor do consumo nominal de energia para condições de conforto.

O Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico, em 2010, realizado pelo INE em parceria com a DGEG, evidencia que em Portugal o setor doméstico é responsável por 17% da energia consumida, valor que se mantém até à atualidade. Deste inquérito, surgem ainda resultados associados à energia consumida para aquecimento.

Esta dissertação pretende contribuir para uma caracterização detalhada do consumo de energia para aquecimento no sector residencial. Pretende-se ainda perceber qual é o perfil de aquecimento dos portugueses e a importância do conforto térmico na saúde. Através dos resultados obtidos pelas medições realizadas “*in situ*”, em dois apartamentos, pretende-se não só analisar os consumos de energia para aquecimento no sector residencial, mas também dar a conhecer um sistema de monitorização de energia, útil na melhoria da eficiência energética das habitações.

**PALAVRAS-CHAVE:** consumo de energia, aquecimento, conforto térmico, medição, eficiência energética.



## **ABSTRACT**

The Buildings energetic efficiency is a crucial aspect in construction/rehabilitation, for aspects as environmental sustainability and reduction of energetic consumption. The European Directive establish in the Energy Performance in Buildings Directive 2010/31/UE, a reduction of 20% in greenhouses gases emissions to achieve a contribution of 20% in renewable energy sources in the final gross energy of EU. The energetic certificates implementation, improved the evaluated buildings energetic efficiency and gave us knowledge of the nominal energy consumption value for comfort conditions.

The energy consumption inquiry in the residential sector, in 2010, shows that in Portugal this sector is responsible for 17% of the energy consumed, value that is still real nowadays. It is also presented results associated with energy for heating.

This dissertation intends to contribute for a detailed characterization of the energy consumption for heating in the residential sector. It is also intended to understand the heating profile of the Portuguese and the importance of thermal comfort in health. With the results obtained by the measurements carried out “in situ” in two apartments, it is pretended to analyze the energy consumption for heating in the residential sector, but also to present a useful energy monitoring system in the improvement of housing energy efficiency.

**KEY-WORDS:** energetic consumption, heating, thermal comfort, measurements, energy efficiency.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	I
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	V
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2 Eficiência Energética, Consumo de Energia, Conforto e Saúde.....</b>	<b>3</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
2.2. POLÍTICAS ENERGÉTICAS.....	3
2.2.1. DIRETIVA 2002/91/CE .....	3
2.2.2. DIRETIVA 2010/31/UE .....	4
2.2.3. DIRETIVA 2012/27/UE .....	5
2.2.4. DIRETIVA (UE) 2018.....	5
2.3. LEGISLAÇÃO NACIONAL .....	6
2.4. CERTIFICADOS ENERGÉTICOS.....	7
2.5. CONSUMO DE ENERGIA .....	8
2.5.1. CONSUMOS DE ENERGIA NA UNIÃO EUROPEIA .....	8
2.5.2. CONSUMOS DE ENERGIA POR SECTOR .....	9
2.5.3. CONSUMO DE ENERGIA NO SECTOR DOMÉSTICO NA UNIÃO EUROPEIA .....	10
2.6. CONFORTO TÉRMICO E SAÚDE. ....	10
2.6.1. NOÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO .....	10
2.6.2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA PORTUGUÊS NO CONTEXTO EUROPEU .....	12
2.6.3. HÁBITOS E AQUECIMENTO .....	14
2.6.4. IMPACTO DA TEMPERATURA EXTERNA MÉDIA MENSAL NA SAÚDE .....	15
2.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	18
<b>3 Caracterização dos Consumos de Energia para Aquecimento.....</b>	<b>19</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	19
3.2. EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL.....	19
3.3. ENERGIA NECESSÁRIA PARA AQUECIMENTO.....	23

3.4. SISTEMAS DE AQUECIMENTO .....	24
3.4.1. SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEIS/ALTERNATIVAS.....	25
3.4.2. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO TRADICIONAIS .....	26
3.4.2.1. SISTEMAS MÓVEIS.....	26
3.4.2.2. SISTEMAS FIXOS .....	28
3.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	29
<b>4 Quantificação Experimental do Consumo de Energia para Apartamentos.....</b>	<b>31</b>
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	31
4.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E POTENCIALIDADES DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA UTILIZADO.....	31
4.2.1. FUNCIONAMENTO E INSTALAÇÃO .....	31
4.2.2 POTENCIALIDADES E DESVANTAGENS DO SISTEMA .....	37
4.3. MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO .....	39
4.3.1. DESCRIÇÃO DOS APARTAMENTOS EM ESTUDO .....	39
4.3.1.1. APARTAMENTO T2+1 .....	40
4.3.1.2. APARTAMENTO T2.....	41
4.3.2. LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE MEDIDA .....	43
4.4. RESULTADOS.....	44
4.4.1. APARTAMENTO T2+1 .....	44
4.4.1.1. CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	44
4.4.1.2. PERFIL DE AQUECIMENTO E TEMPERATURAS .....	46
4.4.1.3. CUSTO TOTAL DE ENERGIA.....	48
4.4.2. APARTAMENTO T2.....	50
4.4.2.1. CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	50
4.4.2.2 PERFIL DE AQUECIMENTO E TEMPERATURAS.....	51
4.4.2.3. CUSTO TOTAL DE ENERGIA.....	53
4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	54
<b>5 Conclusões .....</b>	<b>55</b>
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	55
5.2. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Objetivos da EPBD (Marco Aires, 2015). .....	4
Figura 2.2. Exemplo de Certificado Energético.....	7
Figura 2.3. Distribuição dos Edifícios por Classes Energéticas.....	8
Figura 2.4. Evolução do Consumo Interno Bruto de Energia na UE, adaptado de ( <i>Consumption of energy - Statistics Explained</i> , 2017).....	9
Figura 2.5. Consumos de Energia Final na UE 2015, adaptado de ( <i>Consumption of energy - Statistics Explained</i> , 2017). .....	9
Figura 2.6. Consumos de Energia em %, no sector doméstico 2016, adaptado de ( <i>Eurostat</i> , 2017)....	10
Figura 2.7. Valores recomendados da temperatura operativa de conforto em função da temperatura média, adaptado de (Curado, 2014). .....	12
Figura 2.8. Mapa de Classificação "K"oppen-Geiger- Europa e Portugal Cont. ( <i>Europe_Köppen_Map.png</i> , 2018).....	13
Figura 2.9. Temperaturas Médias Anuais na Europa adaptado de ( <i>Weatherbase</i> , 2018).....	13
Figura 2.10. Consumos de Energia para Aquecimento por alojamento na Europa, adaptado de ( <i>Consumption of energy - Statistics Explained</i> , 2017). .....	14
Figura 2.11 N° de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal em Portugal.....	15
Figura 2.12. N° de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal no Distrito do Porto. ....	16
Figura 2.13. N° de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal no Distrito de Bragança. ....	16
Figura 2.14 N° de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal na Região Autónoma dos Açores. ....	17
Figura 2.15. N° de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal na Região Autónoma da Madeira. ....	17
Figura 3.1. Evolução o Consumo do Sector Doméstico (tep) e Peso (%) do Consumo do Sector doméstico no Consumo Final de Energia, 1989-2009(INE/DGEG 2010).....	20
Figura 3.2. Distribuição do Consumo de Energia em (%), em Portugal 2013 à esquerda e 2016 à direita.(DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia, 2016). .....	20

Figura 3.3. Distribuição do Consumo de Energia em tep por Sector de Atividade (à esquerda) e por Tipo de Utilização do Setor Doméstico (à direita), em Portugal em 2010. ....	21
Figura 3.4. Matriz de Consumos Domésticos e Despesa, por fonte, em Portugal e na Europa, adaptado de (Boemi, Irulegi e Santamouris, 2015).....	22
Figura 3.5 Necessidades Nominais de Energia por Período de Construção (Fragoso, 2015). ....	23
Figura 3.6. Sistema Solar Térmico e Sistema a Biomassa . ....	25
Figura 3.7. Sistema Solar Térmico+Biomassa e Bomba de Calor Geotérmica. ....	26
Figura 3.8 Irradiador a Óleo e Infravermelhos, Convetor, Termo Ventilador.....	26
Figura 3.9. Aquecedor a Halogéneo, Aquecedor Catalítico Radiante. ....	27
Figura 3.10 Radiadores, Acumulador de Calor e Ar Condicionado. ....	28
Figura 4.1 Logótipo da VPS e do Sistema Cloogy ( <i>Cloogy - Fotos</i> , 2018). ....	32
Figura 4.2. Equipamentos (concentrador, monitor, tomada inteligente, transmissor e sensor), (Martins, 2013).....	32
Figura 4.3. Instalação de concentrador e tomada inteligente.....	33
Figura 4.4. Diagrama de funcionamento geral do Cloogy Home, ( <i>Cloogy</i> , 2018).....	34
Figura 4.5. Menu Dashboard. ....	35
Figura 4.6. Menu Eletricidade. ....	35
Figura 4.7. Janela Tomadas. ....	36
Figura 4.8. Menu Conforto.....	36
Figura 4.9 Menu Definições. ....	37
Figura 4.10. Aplicação de Extensão na Tomada do Micro-ondas. ....	39
Figura 4.11. Localização dos Apartamentos.( <i>Google Maps</i> , 2018). ....	39
Figura 4.12. Planta Apartamento T2+1. ....	40
Figura 4.13. Acumulador de Calor. ....	41
Figura 4.14 Planta do Apartamento T2. ....	42

Figura 4.15. Irradiador a óleo.....	43
Quadro 3. Identificação de Aparelhos no Apartamento T2+1. ....	44
Quadro 4 Identificação Aparelhos T2. ....	44
Figura 4.16. Consumos Energéticos.....	45
Figura 4.17 Consumos de Energia para Aquecimento e Temperaturas. ....	47
Figura 4.18. Consumos Hora a Hora e Temperaturas. ....	48
Figura 4.19. Despesa Mensal em Energia. ....	49
Figura. 4.20 Consumos Energéticos T2. ....	50
Figura. 4.21 Consumos de Energia para Aquecimento e Temperaturas. ....	51
Figura 4.22Consumos Hora a Hora e Temperaturas. ....	52
Figura 4.23.Despesa Mensal em energia.....	53

## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1. Despesa com Energia (€/alojamento) por tipo de utilização .....	22
Quadro 2 Cálculo do consumo de energia esperada .....	24
Quadro 3. Identificação de Aparelhos no Apartamento T2+1 .....	44
Quadro 4. Identificação Aparelhos T2. ....	44

## **SÍMBOLOS, UNIDADES, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

A<sub>p</sub>- Área Útil de Pavimento (m<sup>2</sup>)

GWh- GigaWatt hora

kWh- Quilowatt hora

N<sub>ic</sub>- Necessidade Nominal Anual de Energia Útil para Aquecimento

m<sup>2</sup>- Metro Quadrado

tep- Tonelada equivalente de petróleo

W- Watt

€- Euro

ADENE- Agência para a Energia

AQS- Águas Quentes Sanitárias

CIBE- Consumo Interno Bruto de Energia

DGEG- Direção Geral de Energia e Geologia

FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

EPBD- Energy Performance of Buildings Directive

EUROSTAT- Serviço de Estatística das Comunidades Europeias

GEE- Gases com Efeito de Estufa

ICESD- Inquérito ao consumo de Energia no sector Doméstico

INE- Instituto Nacional de Estatística

NZEB- Nearly Zero Energy Buildings

RAA- Região Autónoma dos Açores

RAM- Região Autónoma da Madeira

REH- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

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

SCE- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

UE- União Europeia



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

O sector residencial representa uma proporção considerável do consumo energético, segundo as estatísticas do Eurostat, este sector representa um quarto do consumo energético final total dos países-membros. Por questões económicas e ambientais, a Comissão Europeia publicou a Diretiva nº2010/31/EU (reformulando o regime estabelecido pela Diretiva nº2002/91/CE), de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Portugal transpôs os princípios gerais da Diretiva, adaptando-a ao clima local, através da publicação do Decreto-Lei nº113/2013, de 20 de agosto, que está em vigor desde 1 de dezembro de 2013 e que inclui o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Estes regulamentos pretendem adaptar o mercado para edifícios cada vez mais eficientes de forma a ser possível atingir o objetivo delineado para 2020, quando se pretende que o padrão para a construção nova seja o de construir edifícios com necessidades de energia quase nulas.

Portugal possuía em 2010 um total de 3 932 010 alojamentos familiares de residência principal, dos quais 3 773 956 estão localizados no Continente, 77 222 na Região Autónoma dos Açores (RAA) e 80 832 na Região Autónoma da Madeira (RAM). A caracterização dos consumos de energia para aquecimento é um assunto que merece atenção de forma a perceber se os Portugueses têm hábitos de aquecimento e conseqüentemente se vivem com conforto térmico nas suas casas durante a estação de aquecimento, apesar de terem um clima ameno face aos restantes países da União Europeia. É importante conhecer a quantidade de energia consumida para aquecimento nas habitações portuguesas. A comparação dos valores presentes nos certificados energéticos de necessidades nominais de energia para aquecimento com a energia consumida para aquecimento fornecida pelo ICESD 2010, pode ser um indicador das diferenças existentes entre valores teóricos e reais de energia consumida para aquecimento por ano.

Por outro lado, a utilização de energia elétrica em casa é algo incomportável com os hábitos de vida atuais, é necessária diariamente e ao longo de várias horas para o correto funcionamento dos vários equipamentos e sistemas elétricos presentes em casa. Na procura da eficiência energética o primeiro passo para gerir um recurso de forma eficaz e eficiente é conhecer em detalhe onde, quando e como está a ser utilizado, para ser então possível identificar desperdícios e eliminá-los. O “*Cloogy*” é uma ferramenta futurista neste campo que permite fazer uma utilização racional da energia diariamente, desligando os equipamentos e sistemas elétricos sempre que não estão a ser necessários, de forma remota ou agendada.

## 1.2. OBJETIVOS

Os principais objetivos desta dissertação são os seguintes:

1. Refletir sobre as políticas energéticas, nomeadamente as diretivas impostas pela União Europeia e as consequências em Portugal ao nível da regulamentação;
2. Quantificar a influência da temperatura externa na mortalidade;
3. Analisar os resultados sobre os consumos de energia para aquecimento fornecidos pelo ICESD 2010;
4. Relacionar o valor total da energia consumida para aquecimento em 2010, com o valor teórico de energia, que garante conforto térmico em todas as habitações de uso primário no país.
5. Descrição do sistema usado para a medição dos consumos de energia nos dois apartamentos;
6. Caracterização dos dois apartamentos em estudo, análise e interpretação dos valores obtidos nas medições;

## 1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

A organização da presente dissertação nos diferentes capítulos foi criteriosamente desenvolvida com o intuito de expor os conteúdos de uma forma simples, clara e sucinta para que seja de fácil compreensão e interpretação. Este trabalho divide-se em 5 capítulos que são aqui apresentados.

No segundo capítulo, são estudadas as políticas energéticas, nomeadamente as diretivas impostas pela Comissão Europeia até a data atual, e como é que estas foram aplicadas em Portugal. É dado a conhecer o SCE desde a implantação até atualidade, bem como os últimos dados relativos aos consumos de energia na Europa. No final, realiza-se ainda um estudo sobre a importância do conforto térmico na saúde tentando perceber se a falta dele pode ou não ter grande impacto na saúde e mortalidade.

No terceiro capítulo, faz-se uma descrição dos consumos de energia no setor doméstico em Portugal, analisando e comparando as necessidades nominais de energia com os valores de energia consumidos para aquecimento presentes no ICESD. Apresentam-se também as soluções de aquecimento existentes no mercado.

No quarto capítulo, dá-se a conhecer o sistema de monitorização “*Cloogy*”, e os resultados e análises das medições realizadas nos dois apartamentos em estudo.

No quinto capítulo, serão expostas as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido.

# 2

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONSUMO DE ENERGIA, CONFORTO E SAÚDE

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A eficiência energética é um dos temas que preocupa a sociedade atual. As metas impostas através das diretivas pela União Europeia para a diminuição da emissão de gases de efeito de estufa, são cada vez mais ambiciosas, exigindo um grande esforço pelos estados de cada país europeu. O sistema de certificação energética dos edifícios foi assim uma medida importante nesta matéria, uma vez, que quanto mais eficiente o edifício é, menos energia consome. No entanto, é também importante perceber a evolução dos consumos de energia e qual a ligação entre os consumos no setor doméstico na Europa em relação a Portugal, nomeadamente os consumos de energia para aquecimento. Por outro lado, é importante conhecer os hábitos de aquecimento dos Portugueses face à Europa, perceber se os Portugueses vivem com conforto nas suas habitações.

No presente capítulo serão assim estudadas as políticas energéticas, nomeadamente as diretivas impostas pela Comissão Europeia até a data atual, de forma a perceber os objetivos de cada uma. Depois disto, é importante perceber como é que estas diretivas foram aplicadas em Portugal, dando a conhecer os respetivos decretos lei. De seguida, dá-se a conhecer o que são, como funcionam e a evolução dos certificados energéticos desde a sua implementação. As estatísticas mais recentes sobre os consumos de energia na Europa são também apresentadas. O capítulo encerra com a importância do conforto térmico na saúde, tentando perceber se a falta dele pode ou não ter grande impacto na mortalidade.

### 2.2. POLÍTICAS ENERGÉTICAS

#### 2.2.1. DIRETIVA 2002/91/CE

Foi a partir das conclusões de 30 de maio e 5 de dezembro de 2000, que o conselho da União Europeia aprovou o plano de ação da Comissão para a eficiência energética e pediu medidas específicas para o sector dos edifícios. Desta forma, a Diretiva 2002/91/CE surge com o objetivo de promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na Comunidade, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. A diretiva estabelecia requisitos em matéria de:

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;

- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação;
- Certificação energética dos edifícios;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento, (DIRETIVA 2002/91/CE);

Relativamente aos certificados energéticos, a diretiva detalha no Artigo 7º que aquando da construção, venda ou arrendamento de um edifício, seja fornecido um certificado de desempenho energético ao proprietário ou por este ao potencial comprador ou arrendatário, consoante o caso. A validade do certificado não deve ser superior a 10 anos. O objetivo dos certificados é apenas fornecer informação relativamente aos edifícios.

### 2.2.2. DIRETIVA 2010/31/UE

A 19 de maio de 2010 foi aprovada a Diretiva 2010/31/UE (EPBD), “*Energy Performance of Buildings Directive*”, onde é mencionado o objetivo Europeu a atingir em 2020 “UE 20-20-20”, a redução em 20% das emissões de GEE, atingir uma contribuição de 20% das fontes de energia renováveis no consumo final bruto da UE e por fim reduzir em 20% o consumo de energia primária (Energy - European Commission). Por outro lado, surgem também objetivos associados ao edificado relacionados com o conceito NZEB presentes na Figura 2.1.

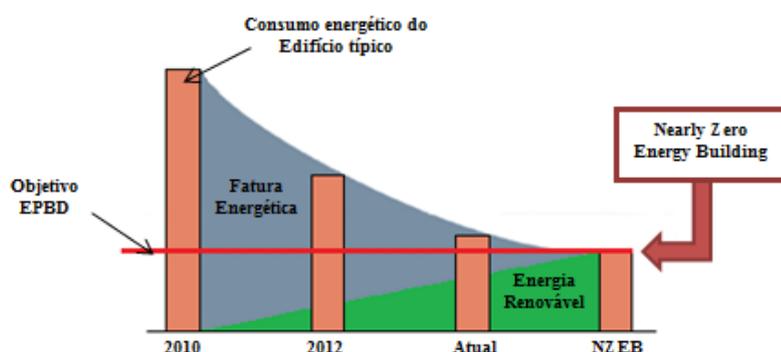


Figura 2.1. Objetivos da EPBD (Marco Aires, 2015).

Para atingir esta meta foram criadas um conjunto de medidas na mesma diretiva resumidas seguidamente:

- Os novos edifícios, construídos na UE, terão a partir de 2020 de ter necessidades energéticas quase nulas;
- Já a partir de 2018, os novos edifícios ocupados por entidades públicas ou que pertençam a estas terão de ter necessidades energéticas quase nulas;
- No caso de renovações ou reabilitações serão apresentados requisitos mínimos para os seus componentes;
- Nestes edifícios NZEB as quantidades quase nulas de energia necessária deverão ser conseguidas na sua totalidade ou quase totalidade por energias renováveis, produzida no local ou nas proximidades deste, (Marco Aires, 2015);

- Passa a existir a imposição de requisitos mínimos aos sistemas técnicos, a apresentação da classe energética na publicidade ao edifício, bem como a afixação do certificado energético nos edifícios públicos a partir de 2012 para edifícios com  $A > 500\text{m}^2$  e de 2015 para  $A > 250\text{m}^2$ , (Construção Sustentável, 2012);

Recentemente, as prioridades energéticas foram revistas e foram estabelecidas novas metas para 2030 e 2050. Para 2030 destacam-se (Fonseca, 2015):

- Pelo menos 40% de reduções nas emissões de GEE, em relação aos valores de 1990;
- Pelo menos 27% de renováveis do total de energia consumida;
- Aumento de eficiência energética em pelo menos 27%, a ser revista em 2020;
- 15% de interconexão elétrica entre os Países Membros, e em relação à capacidade total de produção elétrica instalada;

A Comissão Europeia apresentou, em 2011 o "Roteiro para a Energia 2050", que define a estratégia para alcançar um sector energético seguro, competitivo e hipocarbónico. Com a meta de reduzir mais de 80% das emissões de carbono até 2050, o documento indica qual o caminho a seguir sem que o aprovisionamento energético e a competitividade sejam prejudicados. O "Roteiro para a Energia 2050", defende que a descarbonização do sistema energético é técnica e economicamente viável, destacando o papel crucial da eficiência energética, das energias renováveis e de uma abordagem europeia comum que inclui um mercado comum da energia (AdEPorto, 2011).

### 2.2.3. DIRETIVA 2012/27/UE

A Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à eficiência energética, alterou as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revogou as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. Esta diretiva, estabeleceu um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União Europeia, a fim de assegurar a realização do objetivo da União, que consiste em atingir 20 % em matéria de eficiência energética até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio, para além dessa data. Estabelece ainda, regras destinadas a eliminar os obstáculos no mercado da energia e a ultrapassar as deficiências do mercado que impedem a eficiência no aprovisionamento e na utilização da energia, e prevê o estabelecimento de objetivos nacionais indicativos em matéria de eficiência energética para 2020. A transposição desta diretiva para a ordem jurídica interna, foi efetuada pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril, que estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração. (DGEG, 2012)

### 2.2.4. DIRETIVA (UE) 2018

Durante este ano, foi publicada a Diretiva (UE) 2018 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre eficiência energética.

O principal objetivo desta nova diretiva é acelerar a renovação rentável dos edifícios existentes, ou seja, introduzir sistemas de controlo e automatização dos edifícios como alternativa às inspeções físicas, incentivar a implementação das infraestruturas necessárias para "e-mobility" e introduzir um indicador de inteligência para avaliar a preparação tecnológica do edifício.

Entre as alterações introduzidas na Diretiva 2010/31/UE (EPBD), a fonte (André Mendes, 2018) destaca as seguintes mudanças:

- A introdução de novas definições, como “sistema de controlo de automação e construção”;
- Implementa uma estratégia a longo prazo para apoiar a renovação dos parques de edifícios dos Estados-Membros, transformando-os em parques imobiliários com elevada eficiência energética e descarbonizados até 2050;
- Encarrega a Comissão de adotar um ato que complemente a presente diretiva através do estabelecimento de um regime comum voluntário, para a classificação do grau de preparação para aplicações inteligentes de edifícios, com a definição de um indicador e de uma metodologia para o seu cálculo;
- Estabelece um limiar de 70 kW na potência nominal útil para as inspeções das instalações de aquecimento e ar condicionado;
- Nos seus anexos, determina o consumo de energia primária em kWh/(m<sup>2</sup>.a), como indicador numérico para efeitos de certificação e cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética. Indica também que, para expressar a eficiência energética de um edifício, podem ser utilizados indicadores numéricos adicionais do consumo de energia primária renovável, não renovável e total e das emissões de gases com efeito de estufa em kg de CO<sub>2</sub> eq/(m<sup>2</sup>.a);

Esta atualização da EPBD, reforçará as ligações entre o financiamento público para a renovação de edifícios e os certificados de desempenho energético, e incentivará a luta contra a pobreza energética através da renovação de edifícios. No que respeita à Diretiva 2012/27 /UE (EED), altera o seu artigo 4.º relativo à renovação de edifícios.

### 2.3. LEGISLAÇÃO NACIONAL

No que diz respeito à legislação em Portugal, existe uma preocupação em reduzir as necessidades energéticas e em consumir cada vez menos energia produzida por fontes não renováveis. Desde 1990, com a elaboração do Decreto-Lei 40/90, que existe uma preocupação com a qualidade da construção em termos energéticos. Essas preocupações foram ganhando mais importância e no ano de 2006 ocorre uma grande mudança, no que diz respeito à legislação nacional com a publicação de três Decretos-Lei:

- Decretos-Lei 78/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (SCE);
- Decretos-Lei 79/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios (RSECE);
- Decretos-Lei 80/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), (Marco Aires, 2015);

A preocupação de melhorar a qualidade da construção em Portugal, as condições de conforto, salubridade e higiene, sem aumentar a energia consumida para garantir o conforto térmico, nomeadamente para aquecimento e água quente sanitária, ficaram bem presentes nestes três decretos.

Mais tarde, com a aprovação da Diretiva 2010/31/UE (EPBD), as preocupações nacionais com a redução das necessidades energéticas dos edifícios e consequente diminuição do consumo energético ganham ainda maior relevância e eis que no ano de 2013 surge a publicação do Decreto-Lei 118/2013 que altera 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).

### 2.4. CERTIFICADOS ENERGÉTICOS

O Certificado Energético (CE) de um edifício ou fração autónoma é assim um documento emitido no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), que traduz o desempenho energético do imóvel, classificando-o numa escala de A+ a G.

Neste documento, são apresentadas as possíveis medidas de melhoria a implementar ao nível do desempenho energético e do conforto, destacando as de maior viabilidade económica. A classe energética indicada no CE é calculada com base nas características construtivas do imóvel (orientação, paredes, pavimentos, coberturas, portas e janelas), a existência ou não de aproveitamento de energias renováveis, a forma e sistemas de ventilação (natural ou mecânica), a eficiência e o tipo de combustíveis usados nos sistemas de climatização e de produção de águas quentes sanitárias (AQS). Com base na tipologia do imóvel, o CE apresenta uma estimativa das necessidades anuais de energia primária que traduz o consumo de energia necessária para manter a habitação em condições de conforto (climatização) e para a produção de AQS. Não inclui a energia despendida na iluminação e pelos eletrodomésticos. Os valores indicativos de energia primária são calculados por m<sup>2</sup> de área da habitação e por ano, permitindo comparar diferentes imóveis entre si. O consumo real de energia (indicado nas faturas do gás e da eletricidade), poderá ser diferente e dependerá dos padrões de utilização dos ocupantes da habitação, ou seja, o consumo é estimado em condições nominais, mas o consumo real dependerá do comportamento dos utilizadores da fração.

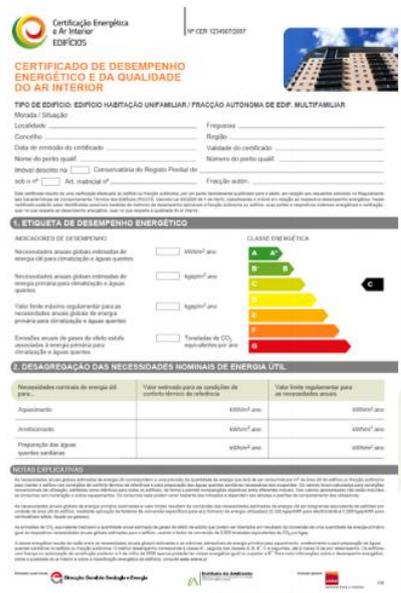


Figura 2.2. Exemplo de Certificado Energético.

Segundo a publicação (Lourenço, 2018) Manuel Bóia administrador responsável pela certificação energética dos edifícios da ADENE, revela que no final deste ano, o número de certificados chegue a 1,5 milhões. O número de certificados por ano é inconstante, no entanto, em 2017 existiu um aumento acentuado de 22 884 certificados para habitação ou seja aproximadamente 15% face ao ano anterior. Por outro lado, os edifícios existentes representam sensivelmente 80% dos certificados passados relativamente aos edifícios reabilitados, novos, bem como a projetos tanto de reabilitação como de cons-

trução nova. O distrito de Lisboa, representa 24% dos certificados energéticos emitidos, seguindo-se o Porto e Faro com 13% e 9%, respetivamente. Quanto à certificação energética, a classe C é a mais predominante nos certificados, com uma taxa de 27,87% como podemos ver na Figura 2.3.

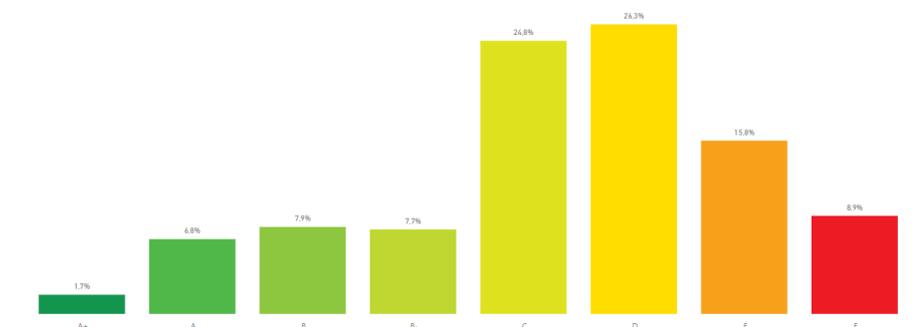


Figura 2.3. Distribuição dos Edifícios por Classes Energéticas.

## 2.5. CONSUMO DE ENERGIA

### 2.5.1. CONSUMOS DE ENERGIA NA UNIÃO EUROPEIA

Em 2015, o CIBE (Consumo interno Bruto De Energia) na UE-28, foi de 1627 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). É importante referir que entre 2005 e 2008, o CIBE permaneceu relativamente inalterado, no entanto, tendo em conta a crise financeira que motivou um nível mais baixo de atividade econômica global, os valores em 2009 baixaram na ordem dos 5,8%. Apesar de em 2010 ter existido uma fraca recuperação, entre 2011 e 2014 os valores continuaram a descer a um ritmo de 3,6% ano-a-ano. Já em 2015 existiu uma modesta recuperação do CIBE da UE-28, com um ligeiro aumento de 1,2%. Desta forma, o nível de consumo de energia na UE estava, em 2015, quase no mesmo nível que em 1990, apesar de o número de habitantes ter aumentado em 33,3 milhões de pessoas. O consumo de energia na EU-28 em 2015 foi 11,6% inferior ao seu pico anterior de 1840Mtep registrado em 2006, equivalente a uma redução média de 1,4% ano.

Relativamente aos países que registam o consumo interno bruto de energia mais alto na UE-28, destaca-se a Alemanha (19,3%), seguida da França (15,5%) e o Reino Unido (11,7%). Metade dos países (14 de 28), incluindo Portugal, apresentou um menor consumo interno de energia em 2015 face a 1990. Já por outro lado Chipre, Irlanda e Espanha registaram as maiores subidas com (41,1%), (38%), (34,8%) respetivamente.

Por outro lado, é necessário perceber de que recursos se produz a energia. Analisando a Figura 2.4, podemos concluir que os produtos petrolíferos, assim como os combustíveis sólidos, sofreram uma queda significativa no consumo interno bruto. Isto reflete o afastamento dos combustíveis fósseis mais poluentes do consumo interno bruto. Em relação há energia nuclear, a linha mantém-se praticamente constante representando, em 2015, 13,6% do consumo total. A forte subida verifica-se nas fontes de energia renováveis, representando em 2015 13%, ou seja, três vezes mais do que em 1990, revelando o esforço que a Europa vem a fazer na produção de energia por fontes limpas. Por fim, relativamente ao gás natural, esta fonte registou um máximo em 2010 com 25,3% do consumo interno bruto mas tem vindo a diminuir ficando em 22% em 2015 (*Consumption of energy - Statistics Explained*, 2017). A Europa procura assim reduzir a sua vulnerabilidade a novas crises do gás russo, como sucedeu em 2009, evitando interrupções no fornecimento do mesmo (Ferreira, 2014).

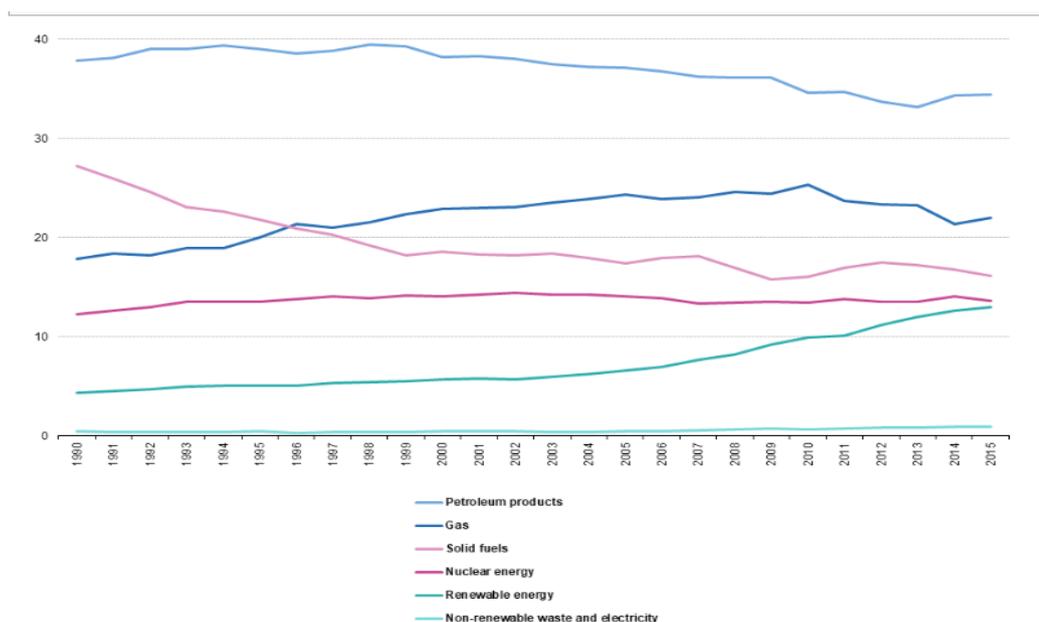


Figura 2.4. Evolução do Consumo Interno Bruto de Energia na UE, adaptado de (*Consumption of energy - Statistics Explained*, 2017).

### 2.5.2. CONSUMOS DE ENERGIA POR SECTOR

O Consumo de energia final na UE mostra três setores dominantes: transportes, residencial e indústria. Os consumos de energia nos setores dos transportes, indústria, agricultura e sicultura apresentaram quedas significativas entre 2007 e 2013 muito devido à crise económica. Neste período, só o sector dos serviços verificou subidas na ordem dos 4.7%.

Os valores em 2015 (Figura 2.5), fixaram os transportes como o setor que consome mais energia com 33%, seguido do sector industrial 26% e do residencial 25%. Destaca-se ainda, o sector dos serviços representando 14% da energia consumida e por fim o sector da agricultura e das pescas com 3% .

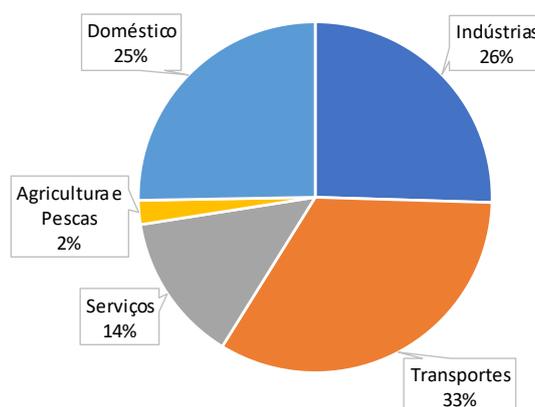


Figura 2.5. Consumos de Energia Final na UE 2015, adaptado de (*Consumption of energy - Statistics Explained*, 2017).

### 2.5.3. CONSUMO DE ENERGIA NO SECTOR DOMÉSTICO NA UNIÃO EUROPEIA

A Figura 2.6, apresenta a distribuição dos consumos de energia em percentagem do sector doméstico na Europa, por tipo de uso em 2016 (*Statistics Explained*, 2016). Como se pode observar na Figura 2.6, a matriz de consumos varia substancialmente nos vários países. Nos países do sul da Europa os consumos de energia para aquecimento são consideravelmente mais baixos do que a média Europeia 64,6%. Portugal destaca-se por ser o segundo país com o valor mais baixo de energia para aquecimento, logo a seguir a Malta, representando 21,1% do total do consumo doméstico.

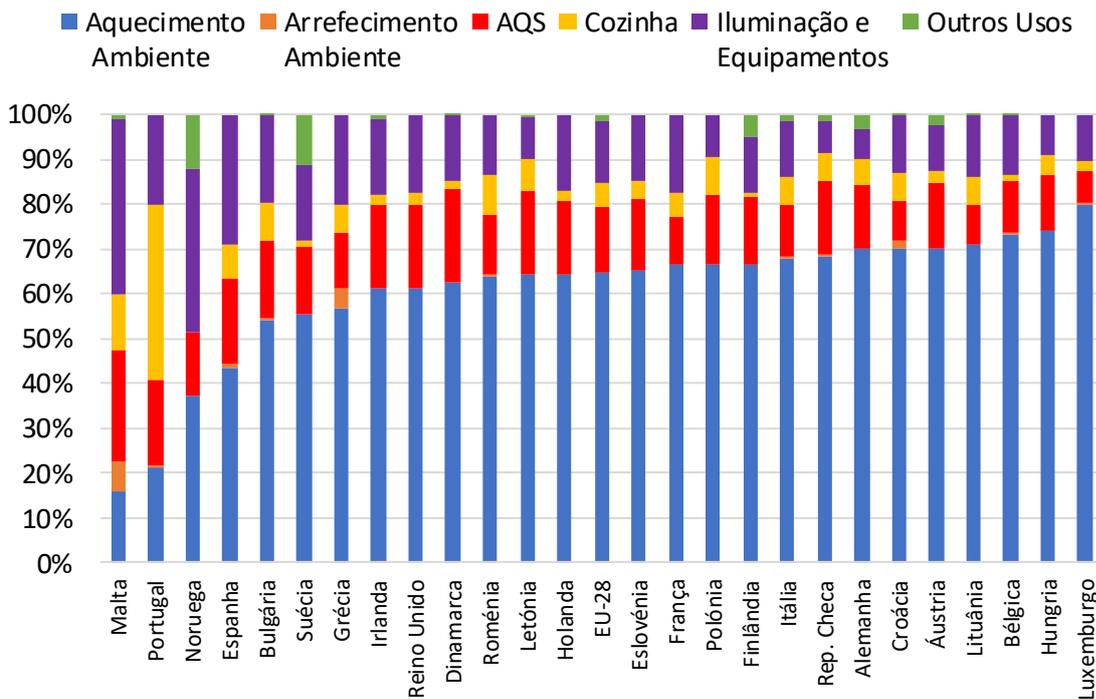


Figura 2.6. Consumos de Energia em %, no sector doméstico 2016, adaptado de (*Eurostat*, 2017).

É de salientar ainda que, ao contrário da Europa, onde os consumos associados à cozinha representam 5,5% do total da energia doméstica consumida, em Portugal representa 39,4%. Portugal apresenta uma matriz de consumos muito diferente da média Europeia, consumindo mais energia na cozinha, na iluminação e equipamentos e só depois no aquecimento ambiente, ao contrário da Europa onde a energia para aquecimento está no topo dos consumos, seguida dos consumos para águas quentes sanitárias e só depois os consumos associados à cozinha.

## 2.6. CONFORTO TÉRMICO E SAÚDE.

### 2.6.1. NOÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico é definido como a satisfação expressa quanto a um ambiente térmico (ASHRAE, 2005). O equilíbrio térmico e, por conseguinte, o conforto térmico, surgem associados ao estado de neutralidade térmica (Fanger, 1970). A neutralidade térmica depende para além dos fatores ambientais e relacionados com o tipo de ocupação, de fatores individuais de natureza psicológica e sociológica, designadamente a idade, o estrato sociocultural, o sexo, a adaptação ecológica às regiões, o estado mental, a educação, os hábitos, fatores de um modo geral difíceis de quantificar (Fanger, 1970). Desta forma, é importante perceber que temperaturas interiores das nossas habitações nos levam a ter confort-

to térmico na estação de aquecimento. Existem vários modelos de conforto térmico adaptativo que constam das normas ASHRAE 55 (ASHRAE, 2010), EN 15251 (CEN, 2007), e o modelo disponibilizado pelo LNEC (Matias, 2010). A norma EN 15251 (CEN, 2007) inclui um método adaptativo para avaliação do conforto térmico válido nas seguintes condições:

- Os edifícios não podem ter qualquer sistema mecânico de refrigeração. A ventilação mecânica com ar não condicionado pode ser usada no verão, desde que os caudais e os consumos sejam baixos, tais como: ventoinhas, persianas, ventilação noturna e outros meios passivos de arrefecimento;
- A abertura e o fecho das janelas é o meio de regulação da temperatura prioritário;
- Os edifícios podem ter um sistema de aquecimento, desde que este não inclua meios de ventilação mecânica de ar tratado;
- Os ocupantes devem estar em atividades físicas sedentárias com taxas metabólicas que variam entre 1.0 a 1.3 met;

Não podem existir “políticas” de vestuário no edifício, a fim de permitir que os ocupantes ajustem o vestuário ao seu metabolismo e se adaptem livremente ao ambiente interior.

O cálculo da temperatura operativa de conforto,  $T_{oc}$ , é baseado na equação de regressão proposta por Brager & de Dear (2001), sendo estabelecido em função da temperatura média mensal exterior,  $T_m$ . O modelo adaptativo da norma EN 15251 (CEN, 2007) é válido para espaços sem limitação do número de ocupantes (Curado, 2014).

A expressão adotada no cálculo da temperatura operativa de conforto,  $T_{oc}$ , da norma EN 15251, é estabelecida em função da temperatura média exterior ponderada,  $T_{mp}$ . A expressão que rege o modelo adaptativo da EN 15251 é traduzida pela Equação 1:

$$T_{oc} = 0,33.T_{mp} + 18,8 \quad (1)$$

em que:

$T_{oc}$ : Temperatura operativa de conforto - [°C]

$T_{mp}$ : Temperatura média exterior ponderada - [°C]

O cálculo da temperatura média exterior ponderada,  $T_{mp}$ , é estabelecido com base nos valores das temperaturas médias diárias da semana precedente, considerando o pressuposto de que um determinado indivíduo demora cerca de uma semana a ajustar-se totalmente às alterações climáticas exteriores, através da Equação 2:

$$T_{mp} = \frac{(T_{n-1} + 0,8.T_{n-2} + 0,6.T_{n-3} + 0,5.T_{n-4} + 0,4.T_{n-5} + 0,3.T_{n-6} + 0,2.T_{n-7})}{3,8} \quad (2)$$

Em que:

$T_{n-i}$ : Temperatura média exterior do dia (i) anterior - [°C]

São apresentadas três categorias principais de edifícios, consoante o tipo de edifício, o tipo de ocupantes, o tipo de clima e outras referências nacionais. São elas:

- Categoria I - corresponde ao nível de expectativa mais elevado, normalmente associado a espaços ocupados por pessoas com necessidades especiais, nomeadamente, idosos, recém-nascidos ou doentes;

- Categoria II - corresponde a um nível de expectativa normal e deve ser considerado para edifícios novos ou reabilitados;
- Categoria III - corresponde a um nível aceitável de conforto e pode ser considerado para edifícios existentes.

O âmbito desta dissertação são os edifícios de habitação coletiva, pelo que se considerou uma categoria de conforto III, correspondente a um nível de expectativa moderado. Para além disso, apenas interessa estudar os limites de conforto no Inverno, ou seja, quando o valor de  $T_{mp}$  é igual a  $10^{\circ}\text{C}$  (temperatura média exterior para o conselho de Santo Tirso). A adoção de valores independentes das condições exteriores (Figura 2.7), para essa gama de temperaturas, baseia-se no pressuposto que, durante o inverno, quer o edifício tenha ou não sistemas mecânicos de arrefecimento, terá sempre um sistema ativo de aquecimento (Curado, 2014).

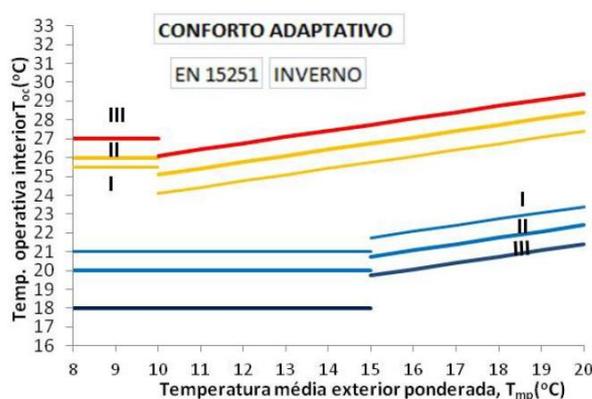


Figura 2.7. Valores recomendados da temperatura operativa de conforto em função da temperatura média, adaptado de (Curado, 2014).

Desta forma, uma vez que temperatura exterior se situa entre os  $10^{\circ}\text{C}$  e  $15^{\circ}\text{C}$  na estação de aquecimento, a temperatura operativa interior mínima é de  $18^{\circ}$  para a 3ª categoria, que corresponde a categoria recomendada para edifícios existentes, indo até um máximo de  $24^{\circ}\text{C}$ . A esta amplitude de temperaturas chama-se zona de conforto térmico nos capítulos seguintes.

#### 2.6.2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA PORTUGUÊS NO CONTEXTO EUROPEU

O clima em Portugal (Figura 2.8) é mediterrânico, "Csa" ("Temperado com Verão seco e quente") no sul e "Csb" ("Temperado com Verão seco e ameno") no norte, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. Portugal, é um dos países europeus mais amenos. Os verões, são amenos nas terras altas do norte do país e na região litoral do norte e do centro. O outono e o inverno, são tipicamente ventosos, chuvosos e frescos, sendo mais frios nos distritos do norte e central do país, nos quais ocorrem temperaturas negativas durante os meses mais frios.

Normalmente, os meses de Primavera e Verão são ensolarados e as temperaturas são altas durante os meses secos de julho e agosto, podendo ocasionalmente passar dos  $40^{\circ}\text{C}$  em boa parte do país, em dias extremos, e com maior frequência no interior do Alentejo. Em algumas regiões, como nas bacias do Tejo e do Douro, as temperaturas médias anuais podem chegar a atingir os  $20^{\circ}\text{C}$ .

Os arquipélagos da Madeira e Açores, têm uma faixa mais estreita de temperatura, com temperaturas médias anuais que excedem os 20 °C, de acordo com o Instituto de Meteorologia, na costa sul da ilha da Madeira.

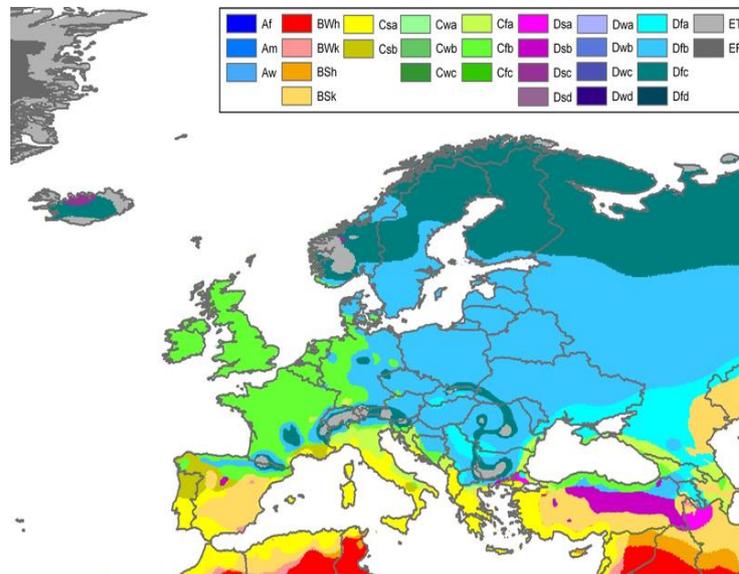


Figura 2.8. Mapa de Classificação "K"öppen-Geiger- Europa e Portugal Cont. (*Europe\_Köppen\_Map.png*, 2018).

A temperatura média anual na Europa, varia significativamente (Figura 2.9), desde 2,7 °C na Finlândia e 18,7 °C em Malta. Os países do sul da Europa, apresentam temperaturas médias superiores aos países do centro e norte. Ao comparar a Figura 2.6 com a Figura 2.9 conclui-se que os países onde a temperatura é mais baixa são os países que consomem mais energia para aquecimento. No entanto, apesar de Portugal estar entre Espanha e Grécia nas temperaturas médias anuais, situa-se muito atrás destes países nos consumos de energia para aquecimento, Figura 2.6.

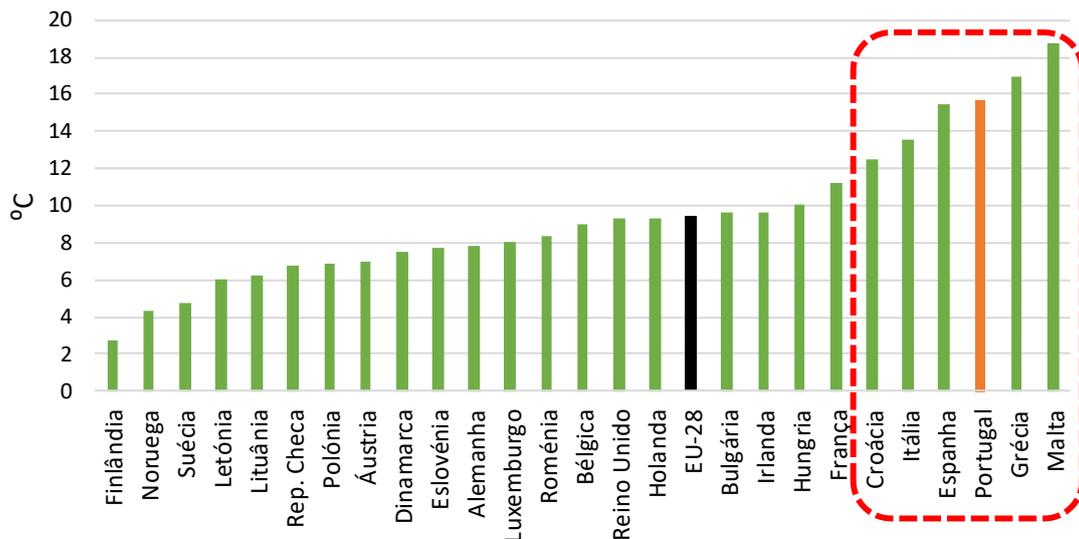


Figura 2.9. Temperaturas Médias Anuais na Europa adaptado de (*Weatherbase*, 2018).

### 2.6.3. HÁBITOS DE AQUECIMENTO

É certo e sabido, tanto pelos hábitos, quer pelo clima, as populações da Europa do Sul, nomeadamente de países como Portugal, Espanha, Itália e Grécia não sentem tanta necessidade de aquecer o interior das habitações como os países do Norte, uma vez que estas raramente atingem temperaturas muito inferiores às temperaturas de conforto Figura 2.9.

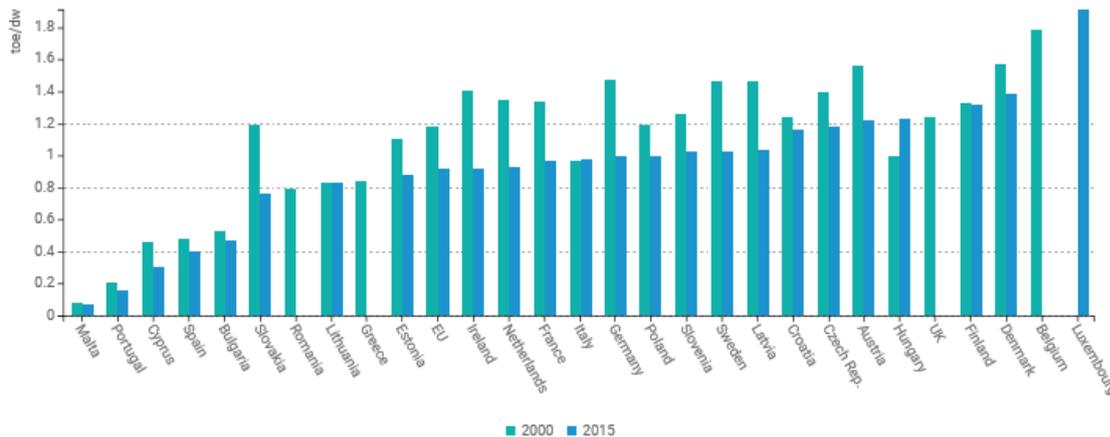


Figura 2.10. Consumos de Energia para Aquecimento por alojamento na Europa, adaptado de (*Consumption of energy - Statistics Explained*, 2017).

De facto, como se pode observar na Figura 2.10, os países que apresentam clima mediterrânico consomem muito menos energia para o aquecimento quando comparado com países em que o clima apresenta temperaturas mais inferiores (Fonseca, 2015). As exceções são os países mais pobres da Europa de Leste.

As duas grandes questões que se colocam são as seguintes: 1) Sabendo que os portugueses aquecem pouco será que tem índices mínimos de conforto? 2) Existe alguma relação entre a temperatura média exterior e a mortalidade?

No que se refere à primeira questão, estudos desenvolvidos sobre a avaliação do conforto térmico em edifícios de habitação social, no concelho de Santo Tirso, mostram que não há hábitos de climatização dos utilizadores (Pacheco, 2017). Uma parte considerável das frações, apenas é aquecida pontualmente. Deste modo, a habitação não é aquecida continuamente e de forma uniforme, pelo que não há condições de conforto térmico interno.

Relativamente há segunda, questão o Grupo de Trabalhos sobre Construção Sustentável da Quercus, publicou um artigo em dezembro de 2017, onde revela os dados de um inquérito realizado entre fevereiro e agosto do mesmo ano. Os dados revelam, não só que 74% dos inquiridos considera a sua casa fria, mas também que 24% diz ter em casa pessoas com problemas de saúde devido ao desconforto térmico. Aline Guerreiro, responsável do mesmo grupo, diz mesmo: ““Ora, se não há frio excessivo na rua, onde morrem os portugueses de frio? Em casa, na sua cama, vestidos e enrolados em cobertores. De facto, uma fatia de apenas 1% dos inquiridos considera habitar numa casa confortável. E a sua maioria recorre a mais roupa e mais equipamentos para colmatar as necessidades de aquecimento “.

Surge então o interesse em analisar o número de óbitos mensal em função da temperatura média do mesmo mês, para perceber se existe alguma relação direta entre temperaturas baixas e aumento da mortalidade.

#### 2.6.4. IMPACTO DA TEMPERATURA EXTERNA MÉDIA MENSAL NA SAÚDE

Considerou-se fundamental avaliar a influência da temperatura exterior na mortalidade, pelo que se elaboraram vários gráficos para diferentes regiões do país. Pode-se ver na Figura 2.11, que quando a temperatura média mensal exterior é inferior a 11°C, a subida da mortalidade é notória, sendo da ordem dos 0.03%, o que representa em Portugal uma subida de 206 191 óbitos neste período. No entanto, só por si estes números não dizem nada, uma vez que não podemos afirmar que o facto dos portugueses passarem frio nas suas casas, onde passam 90% do seu tempo(Quercus, 2017), é a principal causa de morte no país. O facto, é que em Portugal facilmente percebemos que as pessoas falecem mais com o frio ( $T < 15^{\circ}\text{C}$ ) do que com o uma temperatura média mensal superior.

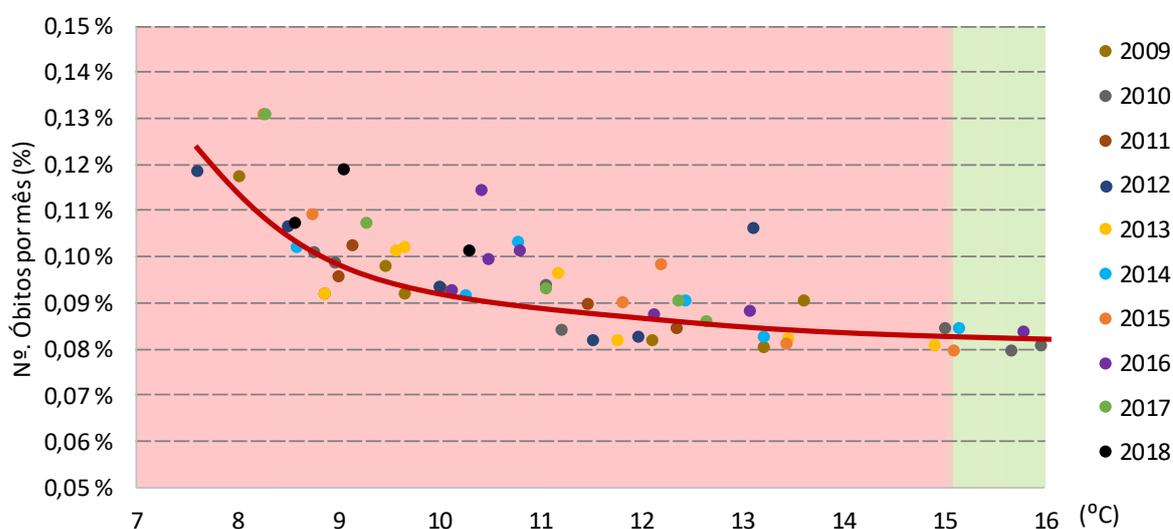


Figura 2.11 Nº de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal em Portugal.

Uma vez que Portugal apresenta um clima com grandes amplitudes térmicas, é assim importante estudar novos padrões em função de diferentes distritos e regiões. Porto (Figura 2.12), Bragança (Figura 2.13), Região Autónoma dos Açores (Figura 2.14) e Região Autónoma da Madeira (Figura 2.15) foram as regiões escolhidas. As primeiras duas por serem regiões com médias de temperaturas mensais inferiores à de Portugal e as últimas por serem regiões onde as temperaturas médias mensais são amenas não baixando dos 13°C.

No distrito do Porto (Figura 2.12), existe uma variação de 10°C durante o ano. No entanto, essa variação da temperatura média tende a ser linear ao longo dos diferentes anos, uma vez que a distribuição dos pontos na Figura 2.12 é uniforme. A tendência da mortalidade é igual à de Portugal (Figura 2.11) no entanto, com uma variação superior que chega mesmo até 0,05% quando as temperaturas médias são inferiores a 11°C, dos restantes períodos.

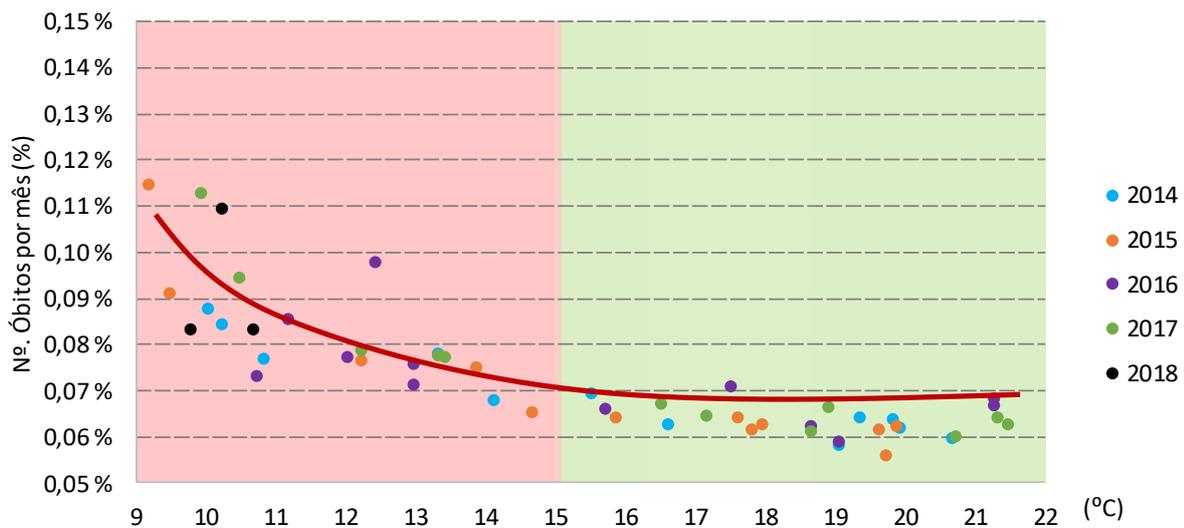


Figura 2.12. Nº de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal no Distrito do Porto.

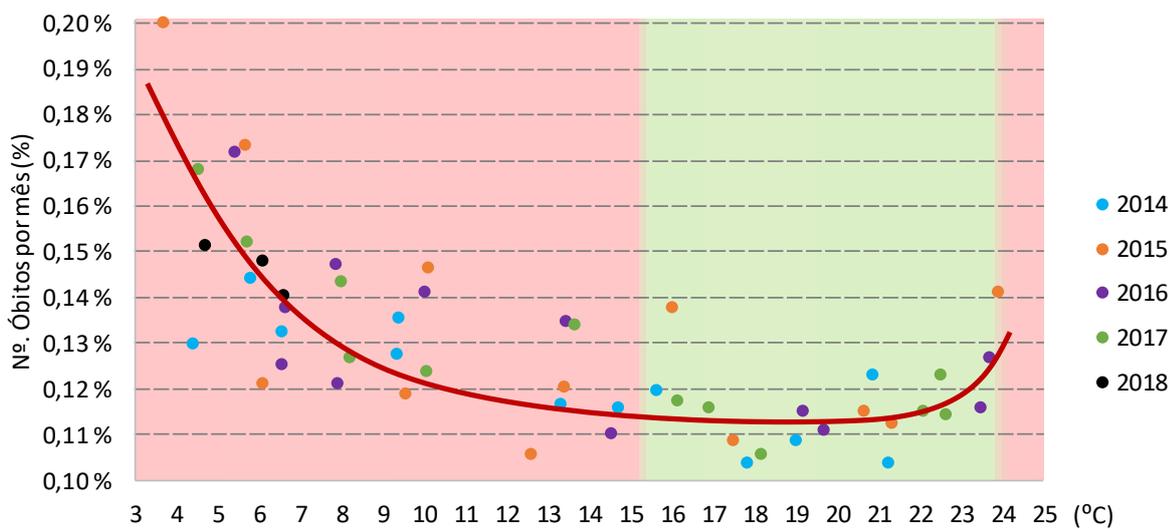


Figura 2.13. Nº de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal no Distrito de Bragança.

O distrito de Bragança (Figura 2.13) apresenta uma grande amplitude térmica (cerca de 20°C) ao longo do ano, revelando uma curva de mortalidade diferente das anteriores. Através da Figura 2.13, percebe-se que a mortalidade aumenta de uma forma exponencial nos meses mais frios, com variações de 0,07% entre os períodos de menor mortalidade e os de maior, mas também tende a aumentar quando as temperaturas são mais elevadas (>21°C). Neste caso, é certo que a variação é menor (cerca de 0,02%), mas permite também concluir que a mortalidade aumenta não só com as temperaturas baixas mas também com temperaturas altas.

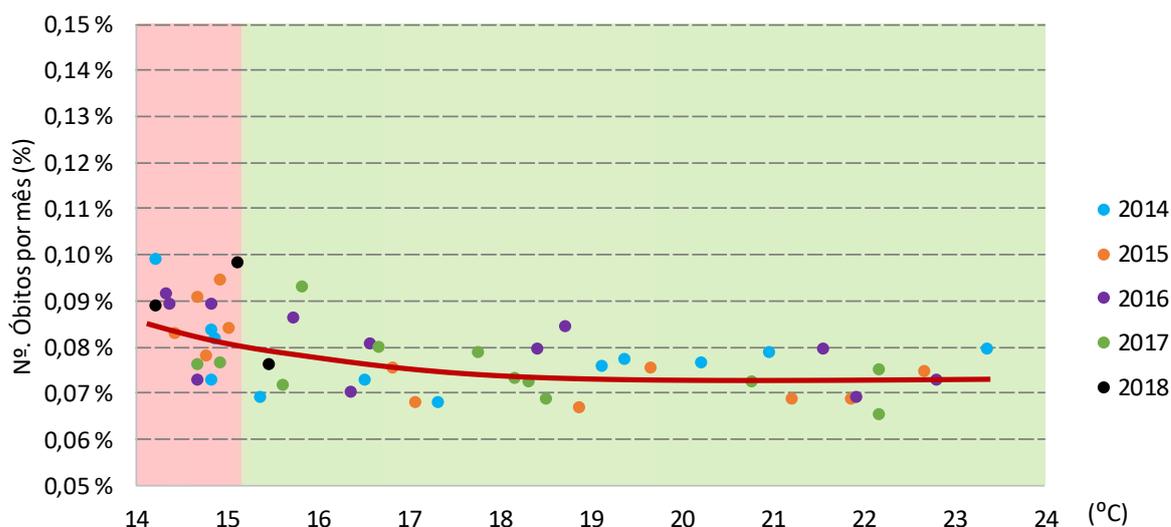


Figura 2.14 Nº de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal na Região Autónoma dos Açores.

Na Região Autónoma dos Açores (Figura 2.14), é de notar que as temperaturas médias mensais andam entre os 14°C e os 24°C. Na Figura 2.14, é possível ver que nos meses mais frios a temperatura tende a variar dos 14°C aos 15°C (nuvem de pontos mais concentrada), enquanto no resto do ano a temperatura distribui-se uniformemente (nuvem de pontos quase linear). Também a mortalidade apresenta uma curva quase constante com variações apenas na ordem dos 0,03% o que é uma variação muito inferior ao distrito do Porto e de Bragança.

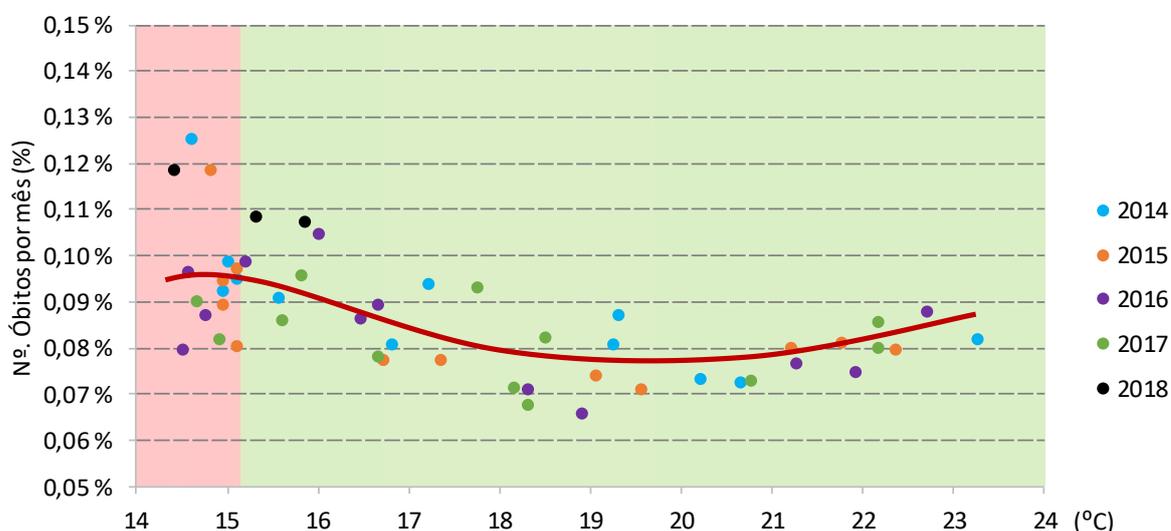


Figura 2.15. Nº de Óbitos em função da Temperatura Média Mensal na Região Autónoma da Madeira.

Na Região Autónoma da Madeira (Figura 2.15), tal como nos Açores as temperaturas médias mensais andam entre os 14°C e os 24°C. Na Figura 2.15, é possível ver que, tal como nos Açores, as temperaturas médias mensais tendem a variar nos meses mais frios dos 14°C aos 16°C (nuvem de pontos mais concentrada). Já a mortalidade, apresenta uma curva aproximadamente constante com variações ape-

nas na ordem dos 0,03% (salvo algumas exceções relacionadas por exemplo com surtos de pneumonia), o que continua a ser uma variação muito inferior à do distrito do Porto e de Bragança.

Em conclusão, ao analisar os dados relativos a estas quatro regiões do país facilmente se percebe que:

- Porto e Bragança registam uma variação significativa de aumento da mortalidade quando as temperaturas médias mensais descem abaixo dos 15°C, mantendo assim o padrão de Portugal;
- Já nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, a tendência é quase linear, não havendo grandes variações na mortalidade em função da descida da temperatura média mensal;

Conclui-se, que as baixas temperaturas apresentam um impacto direto na mortalidade. No entanto, este estudo merece ser aprofundado com outros dados estatísticos de forma a confirmar os resultados obtidos.

## 2.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A Diretiva 2012/27/EU, é a diretiva aplicada por todos os estados na comunidade europeia apesar de já ter sido aprovada a Diretiva (UE) 2018/844, no entanto, esta só deve ser aplicada pelos estados a partir de 2020. Destacam-se ainda alguns momentos chave no grau de exigência imposto pela legislação de Térmica a nível nacional: 2006 revisão do RCCTE, pela transposição da Diretiva 2002/91/CE; 2013 introdução do REH, que revoga o anterior, pela transposição da Diretiva 2010/31/EU e 2015 revisão dos requisitos, mínimos (portaria 379-A/2015 de 22/10), ainda ao abrigo do REH. Quanto aos certificados energéticos, destaca-se a meta de serem atingidos quase 1,5 milhões de certificados desde o início da implementação dos mesmos em 2007.

Sobre os consumos de energia no sector doméstico na Europa, conclui-se que o aquecimento ambiente é responsável por 64% da energia consumida, seguindo-se AQS (14,5%), iluminação e equipamentos (13,8%) e cozinha com 5,5%. Portugal não segue este padrão uma vez que o maior consumo se relaciona com a cozinha 39,4%, seguindo-se o aquecimento com 21,1% e a iluminação e equipamentos com 20% dos consumos totais. Portugal é o segundo país da Europa que consome menos energia para aquecimento ambiente.

Através da Norma EN 15251 (CEN, 2007), definiu-se como zona de conforto térmico uma temperatura operativa interior mínima entre 18° e 24°C. Portugal apesar de ter um clima moderado com temperaturas médias exteriores elevadas face a outros países da Europa, não acompanha os consumos de energia para aquecimentos dos países do sul da Europa. Desta forma, através do estudo realizado, relacionando o número de óbitos durante os diferentes meses do ano e as respetivas temperaturas médias mensais foi possível concluir que para zonas onde as temperaturas são mais baixas (<10 °C), existe um aumento de mortalidade considerável, enquanto que, para zonas onde as temperaturas são amenas ao longo de todo o ano, a mortalidade tende a ser constante.

# 3

## CARACTERIZAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO

### 3.1. INTRODUÇÃO

Atendendo ao objetivo de caracterização dos consumos de energia para aquecimento, é importante conhecer a quantidade de energia consumida para aquecimento nas habitações portuguesas. Para além disso, analisar os valores de necessidades nominais de energia para aquecimento presentes nos certificados energéticos é também bastante importante de forma a perceber se estes valores teóricos se enquadram nos valores reais de consumos de energia para aquecimento.

No presente capítulo serão primeiramente apresentados os resultados obtidos pelo último inquérito nacional ao consumo de energia no sector doméstico (ICESD 2010), percebendo assim, qual a percentagem de energia gasta para aquecimento, face à energia total consumida no país. De seguida, será realizada uma análise crítica aos valores presentes nos certificados energéticos das necessidades nominais de energia para aquecimento. Por fim, serão dados a conhecer os principais sistemas de climatização existentes para aquecimento, distinguindo os que utilizam fontes renováveis/alternativas dos sistemas tradicionais.

### 3.2. EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL

Em Portugal, assistiu-se a uma alteração dos hábitos de consumo de energia das famílias nos últimos 15 anos, de acordo com os resultados do último Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico, realizado às famílias portuguesas em 2010 (ICESD 2010), pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) em parceria com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) .

De acordo com a informação do Balanço Energético, o consumo de energia no sector doméstico em Portugal, não incluindo o consumo de combustíveis nos veículos utilizados no transporte individual dos residentes no alojamento, representava, em 2009, 17,7% do total do consumo final de energia, apresentando uma taxa média de crescimento anual de 1,5% entre os anos de 1989 e 2009 (Figura 3.1).

No período 1989-2001, registou-se uma redução do contributo do sector doméstico no consumo total de energia em cerca de 4,9%, sendo que a partir desse ano, se registou uma inversão da tendência, verificando-se um crescimento de 1,1% no período 2002-2007.

Em termos de consumo (tep), em 2008 verificou-se uma redução significativa de 2,8% em relação a 2007, voltando a aumentar em 2009 (2,5%) em relação ao ano anterior.

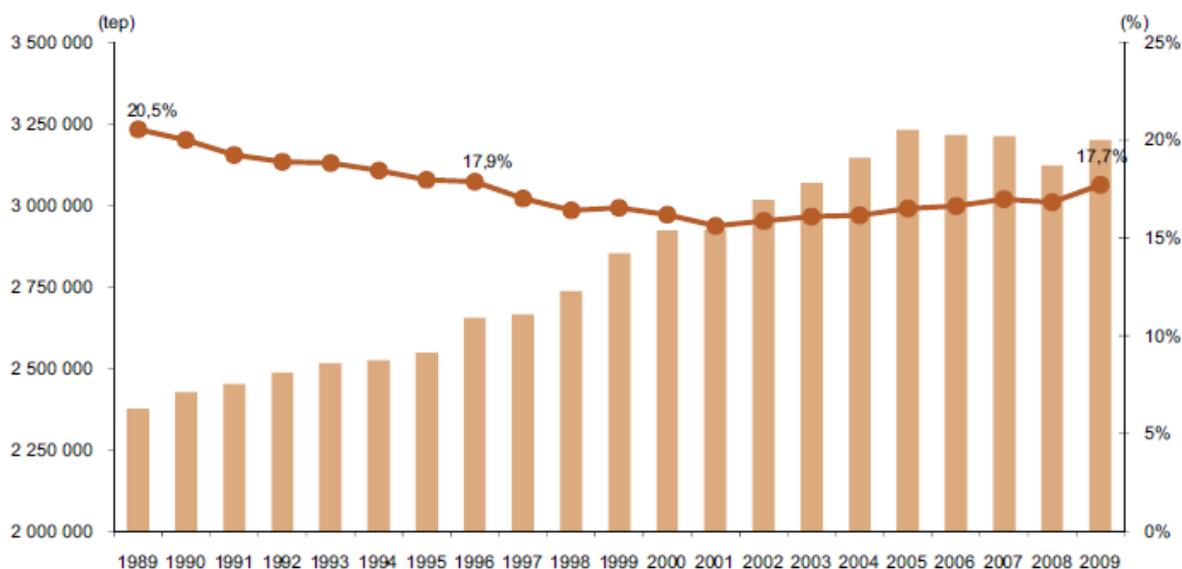


Figura 3.1. Evolução o Consumo do Sector Doméstico (tep) e Peso (%) do Consumo do Sector doméstico no Consumo Final de Energia, 1989-2009(INE/DGEG 2010).

Em termos de consumo global, no sector doméstico, registou-se um crescimento tendencial e sustentado até 2005, ano em que se verificou uma inversão de tendência, tendo-se assistido a uma quebra no consumo em 2008 e uma recuperação em 2009, representando 17,7% do consumo final de energia (Figura 3.1). Na Figura 3.2, são apresentados os resultados do consumo de energia, em percentagem, por sector em 2013 e 2016. Através destes dois gráficos, é possível concluir que o consumo no sector doméstico relativamente ao consumo final de energia tem-se mantido constante face aos resultados anteriores a 2010 (Figura 3.2). Existe apenas uma queda de 2% no sector das indústrias e por consequência, um aumento de 1% no sector dos transportes e serviços entre estes dois períodos.

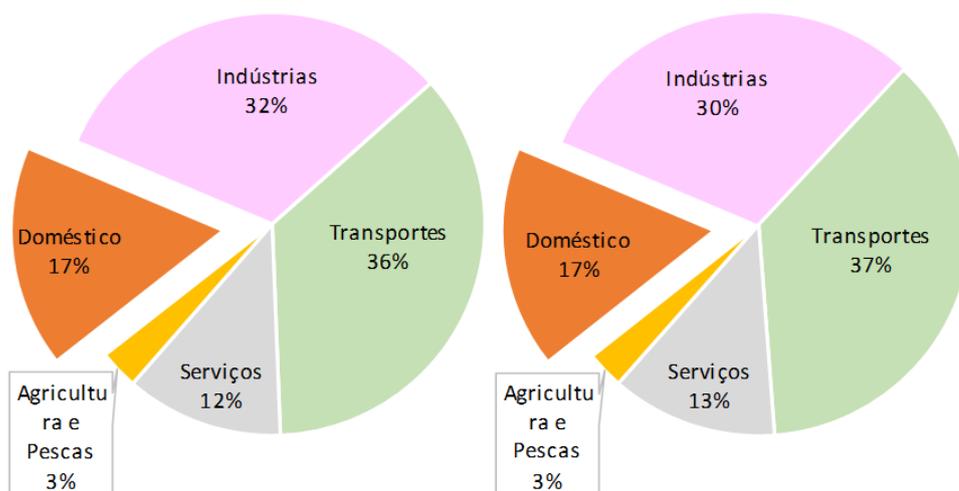


Figura 3.2. Distribuição do Consumo de Energia em (%), em Portugal 2013 à esquerda e 2016 à direita.(DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia, 2016).

No que respeita ao consumo de energia no sector doméstico, foram considerados seis tipos de utilização de energia, nomeadamente: aquecimento do ambiente, arrefecimento do ambiente, aquecimento de águas, cozinha<sup>1</sup>, equipamentos eléctricos<sup>2</sup> e iluminação. Os valores apresentados na Figura 3.3 são assim referentes ao último inquérito de 2010 (INE/DGEG 2010).

É na Cozinha que se regista a maior parcela de energia afeta ao sector doméstico, correspondendo a 39,1% do total no período de referência. Segue-se o aquecimento de águas, com um consumo correspondente a 23,5%. Por oposição, é no Arrefecimento do Ambiente (0,5%) e na iluminação (4,5%) que o consumo de energia nos alojamentos é menor. Já os equipamentos eléctricos, representam apenas 10,9% do consumo de energia no sector doméstico

Desta forma é possível concluir que 22% do consumo de energia destina-se à climatização nomeadamente ao aquecimento, o que, multiplicando pela percentagem do sector doméstico, corresponde a cerca de 4% do consumo total da energia em Portugal.

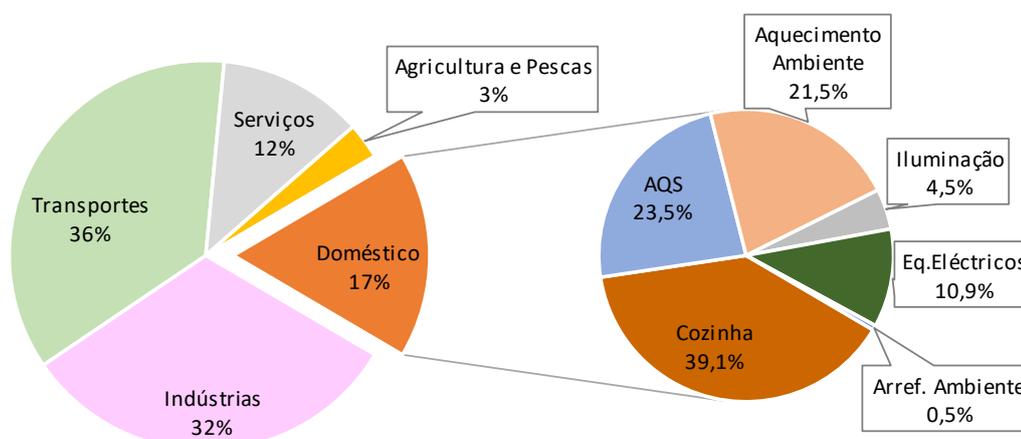


Figura 3.3. Distribuição do Consumo de Energia em tep por Sector de Atividade (à esquerda) e por Tipo de Utilização do Sector Doméstico (à direita), em Portugal em 2010.

O inquérito do (INE/DGEG 2010) apresenta ainda a despesa média anual relacionada com o tipo de utilização ao longo do ano. Analisando o Quadro 1, percebe-se que existe uma despesa média de 62€/aloj./ano em aquecimento e de 4€/aloj./ano em arrefecimento, o que corresponde a 10,7% e 0,7%, respetivamente, do total de uma fatura média em todas as formas de energia, de 579 €/aloj./ano. Desta forma, a despesa por alojamento para aquecimento é cerca de 1/5 do custo total.

<sup>1</sup>A Cozinha inclui Fogão com forno, Forno independente, Fogareiro, Lareira, Microondas, Exaustor/Extrator, Frigorífico, Arca Congeladora, Máquina de Lavar Louça, Máquina de lavar e secar roupa.

<sup>2</sup>Os Equipamentos Eléctricos incluem Aspirador, Aspiração central, Ferro de engomar, Desumificador, Televisão, Rádio, Aparelhagem, Leitor de DVD, Computador e Impressora.

Quadro 1. Despesa com Energia (€/alojamento) por tipo de utilização.

Uso	Aquecimento Ambiente	Arrefecimento Ambiente	AQS	Cozinha	Eq. Elétricos	Iluminação	Total
<b>Custo Anual</b>	62 €	4 €	160 €	231 €	86 €	36 €	579 €
<b>%</b>	10,7%	0,7%	27,6%	39,9%	14,9%	6,2%	
<b>Custo Mensal</b>	9,25 €	1 €	13 €	19 €	7 €	3 €	

Se dividir o valor do custo anual do aquecimento ambiente por 6,7 (duração da estação de aquecimento no Porto), obtemos o custo mensal de energia para aquecimento. Percebe-se então que uma família gasta durante a estação de aquecimento, 9 euros para aquecer a sua habitação. Da mesma forma, para o custo mensal de energia de arrefecimento se dividiu por 4(duração da estação de arrefecimento) o valor anual, obtendo-se 1 euro de energia para aquecimento. Estes valores (Quadro 1), assumem particular importância sobretudo para comparar com as medições “*in situ*”, presentes no capítulo seguinte.

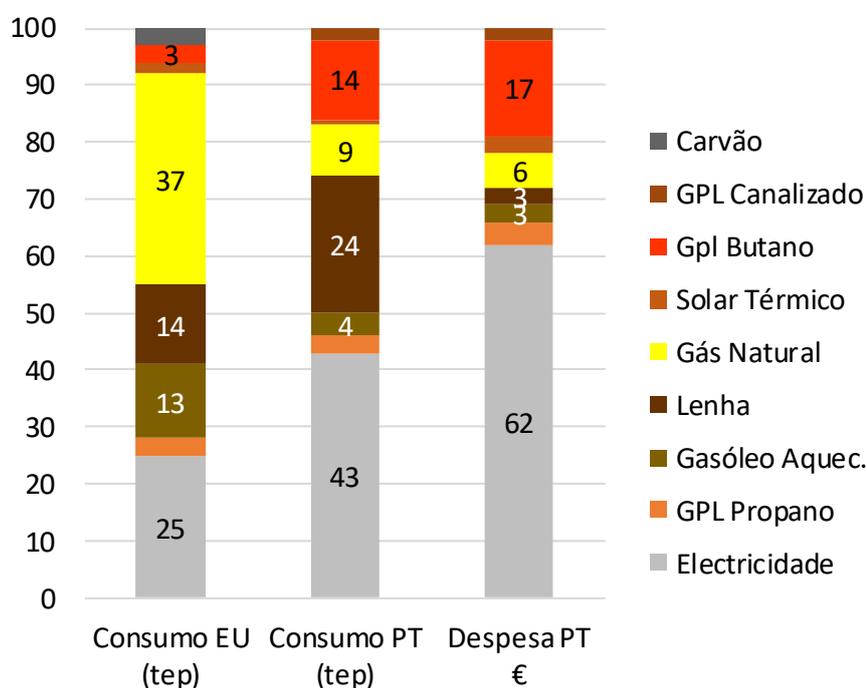


Figura 3.4. Matriz de Consumos Domésticos e Despesa, por fonte, em Portugal e na Europa, adaptado de (Boemi, Irulegi e Santamouris, 2015).

No inquérito de 2010 (INE/DGEG 2010), verifica-se que a principal fonte de energia consumida nas habitações é a eletricidade, com 43% do total do consumo, seguida da lenha 24% e gás butano de garrafa 14%. A restante distribuição dos consumos por fonte é apresentada no gráfico da Figura 3.4. Visualizando atentamente o gráfico, é possível realçar que Portugal apresenta uma matriz de vetores energéticos bastante diferente da Europeia (Boemi, Irulegi e Santamouris, 2015), onde se destaca o grande peso da eletricidade em Portugal em comparação com a média europeia, que se situa nos 25% e no pouco peso do gás natural (9%, enquanto a média europeia se situa nos 37%).

### 3.3. ENERGIA NECESSÁRIA PARA AQUECIMENTO

As necessidades nominais para aquecimento ( $N_{ic}$ ), já referido no capítulo anterior, representam a energia útil necessária (por  $m^2 \cdot \text{ano}$ ) para que o interior do edifício (ou frações) se mantenha a uma determinada temperatura de referência durante a estação de aquecimento ( $18^\circ\text{C}$  segundo o REH). O cálculo das necessidades, resulta da soma algébrica de três parcelas (Equação 3): as perdas de calor por transmissão através da envolvente do edifício ( $Q_{tr,i}$ ), as perdas resultantes da ventilação ( $Q_{ve,i}$ ), deduzidas dos ganhos de calor úteis ( $Q_{gu,i}$ ), resultantes da utilização (iluminação, equipamentos, e ocupantes) e da incidência solar, a dividir pela área útil de pavimento ( $A_p$ ).

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \left( \frac{kWh}{m^2 \cdot a} \right) \quad (3)$$

Este valor é importante, não só para o cálculo das necessidades nominais de energia primária ( $N_{ic}$ ), mas também para o rácio entre valores nominais e limite das necessidades de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}/N_i$ ), presente na Portaria 379-A/2015 de 22 de outubro, onde é definido o limite de 1,25 para edifícios construídos a partir de 1960.

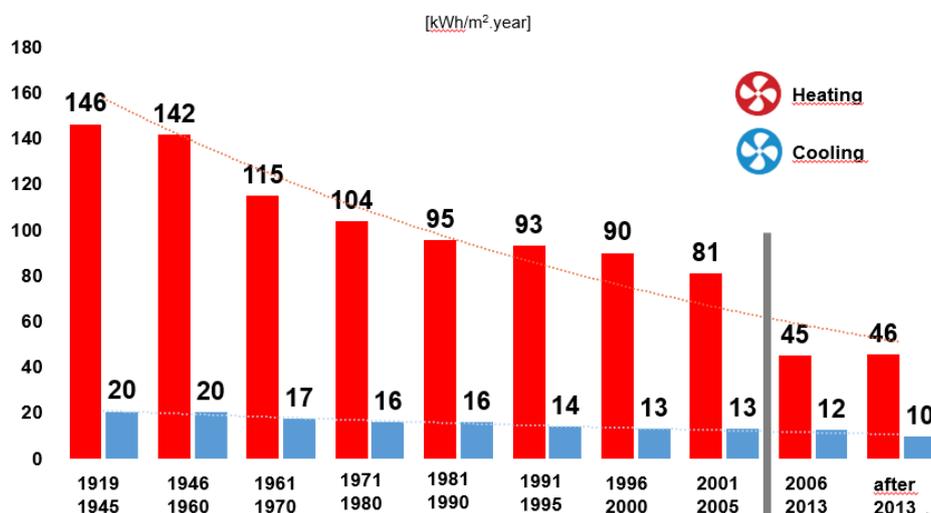


Figura 3.5 Necessidades Nominais de Energia por Período de Construção (Fragoso, 2015).

Sobre as necessidades nominais para aquecimento ( $N_{ic}$ ), sabe-se que este valor tem decrescido ano após ano, sendo que de 1991 até 2013 teve mesmo uma redução de 50%. Isto significa uma melhoria nos sistemas construtivos. Analisando a Figura 3.5, é notória a descida dos valores de ( $N_{ic}$ ) ao longo

das últimas décadas. Destaca-se sobretudo a queda acentuada a partir de 2006 aquando a revisão do RCCTE, pela transposição da Diretiva 2002/91/CE, com alterações importantes, nomeadamente a introdução dos Certificados Energéticos e a introdução de isolamento nas coberturas.

Atendendo aos baixos hábitos de consumo de energia para aquecimento, já falados anteriormente, surge agora o interesse de cruzar dois tipos de consumos de energia (esperado VS real). A Figura 3.6 fornece os respetivos valores de ( $N_{ic}$ ) por década, assim como o inquérito (INE/DGEG 2010) apresenta a área total de habitação construída segundo o mesmo intervalo de tempo (Quadro 2). Desta forma, ao multiplicar a área de cada década pelo respetivo valor de ( $N_{ic}$ ), obtém-se o que se chama de energia consumida esperada. Ou seja, o valor que permite manter o interior do edifício (ou frações) à temperatura de referência durante a estação de aquecimento (18°C segundo o REH). Somados todos os diferentes períodos, chega-se a um valor de energia esperada de 43 193 GWh.a (Quadro 2). Quanto ao consumo real de energia consumida para aquecimento ambiente, o valor apresentado pelo (ISCED) é de 6 208 GWh.a<sup>1</sup> (INE/DGEG 2010). Os resultados revelam que os Portugueses apenas consomem 14% da energia que deveriam consumir para terem conforto térmico nas suas casas. Desta forma, conclui-se que os valores de ( $N_{ic}$ ) se encontram bastante desfasados da realidade quotidiana dos portugueses no aquecimento das suas habitações.

Quadro 2 Cálculo do consumo de energia esperada.

Ano	Nº de alojamentos	Área Total (m <sup>2</sup> )	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Energia Consumida Esperada (kWh.ano)
<b>Até 1945</b>	295 652	25 372 088	146	3 704 324 848
<b>1946 a 1960</b>	382 501	31 312 268	142	4 446 342 056
<b>1961 a 1970</b>	539 710	48 485 677	115	5 575 852 855
<b>1971 a 1980</b>	820 185	82 569 913	104	8 587 270 952
<b>1981 a 1990</b>	693 795	79 460 947	95	7 548 789 965
<b>1991 a 1995</b>	458 900	54 882 343	93	5 104 057 899
<b>1996 a 1999</b>	317 460	39 599 331	90	3 563 939 790
<b>2000 e seguintes</b>	423 807	57 558 241	81	4 662 217 521
<b>Total</b>	<b>3 932 010</b>	<b>419 240 808</b>		<b>43 192 795 886</b>

### 3.4. SISTEMAS DE AQUECIMENTO

Do ponto de vista das possibilidades de climatização existentes no mercado, atualmente existem duas fontes distintas a que utilizador pode recorrer: climatização a partir de fontes de energia renováveis/alternativas ou sistemas de climatização tradicionais. Estes sistemas, assumem elevada importância na subida da temperatura interna das habitações, permitindo ao utilizador obter conforto térmico na estação de aquecimento. Seguidamente, serão apresentados os sistemas de energia renováveis/ alternativas e assim como os sistemas tradicionais.

<sup>1</sup>Valor foi convertido de tep para GWh atendendo que 1 GWh=86 tep.

### 3.4.1. SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEIS/ALTERNATIVAS

O Sistema solar térmico (Figura 3.6), é uma boa opção de investimento para o aquecimento das águas sanitárias de uma casa. No entanto, utilizá-lo com o intuito de aquecer o ambiente interno, o investimento deixa de ser economicamente viável dado que é necessário adquirir um número superior de painéis que depois serão utilizados poucos meses durante o ano. A utilização de painéis solares térmicos no aquecimento ambiente, deve ser feita com um sistema de piso radiante, pois estes sistemas, ao contrário dos radiadores, funcionam a baixa temperatura e têm um melhor rendimento. Atualmente, já se começa a conseguir fazer arrefecimento ambiente por sistemas solar térmicos para sistemas de baixa potência para o sector doméstico.



Figura 3.6. Sistema Solar Térmico e Sistema a Biomassa.

Quanto aos sistemas a biomassa (Figura 3.6), atualmente existem duas opções. A primeira é a lareira com recuperador de calor, sendo que nestes sistemas existem dois fatores importantes a ponderar: se o utilizador pretende a lareira aberta ou fechada e se esta terá ou não um recuperador de calor. A presença de um recuperador de calor torna o uso da lareira mais racional, ao permitir uma queima controlada da madeira, economizando matéria-prima e tendo uma irradiação de calor muito superior às de queima aberta. O segundo, é o sistema a “*pellets*” que funciona como um recuperador de calor. Utiliza uma fonte de energia renovável, a biomassa, sob a forma de granulado da madeira, a que se chama “*pellets*”. Estes são produzidos a partir dos desperdícios resultantes da limpeza de florestas e das sobras da indústria da madeira.

O sistema misto solar térmico + biomassa (Figura 3.7) apresenta vantagens tais como no Verão aquecer as águas sanitárias através do painel solar. Já no Inverno, o painel solar contribui para o aquecimento da habitação, através do pré-aquecimento da água que depois circula no sistema a biomassa. O sistema pode funcionar com radiadores ou piso radiante. Contudo, deve-se ter em atenção que o piso radiante não precisa de temperaturas tão elevadas como os radiadores, apresentando assim uma necessidade energética inferior para fazer o aquecimento da habitação.



Figura 3.7. Sistema Solar Térmico+Biomassa e Bomba de Calor Geotérmica.

Nos sistemas de bombas de calor geotérmicas, é importante referir que estas não são sistemas que utilizam energias renováveis, pois precisam sempre de energia elétrica para funcionarem. No entanto, devido aos elevados rendimentos energéticos que estes equipamentos atingem, tornam-se uma solução a considerar quando se pretende aquecer/arrefecer uma habitação. Estes sistemas, utilizam a temperatura estável do subsolo e/ou dos lençóis de água subterrâneos para aquecer ou arrefecer. O tipo de solo e a existência ou não de lençóis de água determinam a sua eficiência. Usando o processo de refrigeração, as bombas de calor de subsolo aproveitam a energia térmica armazenada no subsolo e/ou nos lençóis de água subterrâneos e transferem-na para a habitação ou vice-versa. Este sistema, assegura também o aquecimento das águas sanitárias.

#### 3.4.2. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO TRADICIONAIS

Quanto aos sistemas de climatização tradicionais, estes podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo refere-se aos sistemas móveis: Irradiadores a óleo/infravermelhos, convetores, termo ventiladores, Aquecedores halogéneo e aquecedores a gás. O segundo grupo, são os sistemas fixos como Sistema central(Gás, Gasóleo, Elétrico), Acumulador de Calor e Ar Condicionado.

##### 3.4.2.1. SISTEMAS MÓVEIS



Figura 3.8 Irradiador a Óleo e Infravermelhos, Convetor, Termo Ventilador.

Os irradiadores a óleo (Figura 3.8) são um dos sistemas móveis em que a sua potencia varia conforme o seu tamanho (podem ter até 11 barras, enquanto que os mais pequenos têm somente 5). O Irradiador não emite calor instantâneo, uma vez que precisa de aquecer primeiro o óleo que circula dentro das tubulações. Atualmente estes equipamentos começam a ter outras funcionalidades, que proporcionam um maior conforto (a presença de um programador que permite, por exemplo, ligar o aparelho à hora desejada) e adaptabilidade (toalheiros para secar toalhas).

Quanto aos irradiadores a infravermelhos (Figura 3.8) produzem um calor intenso muito rapidamente, mas de uma forma muito localizada, pelo que não é indicado para grandes áreas. Já os convetores (Figura 3.8), possuem uma ventoinha que mistura o ar aquecido com o ar ambiente, aquecendo mais rapidamente. Podem ser utilizados por longos períodos, mas deve-se ter em conta o nível de ruído produzido. Os termo ventiladores (Figura 3.8), para além de serem uma solução económica a nível de compra, aquecem rapidamente o ambiente, apesar de terem elevados consumos energéticos. Como não têm termóstato podem mesmo sobreaquecer, pelo que se recomenda a sua utilização por curtos períodos de tempo. O nível de ruído produzido é outra desvantagem do sistema. Os aquecedores halogéneo (Figura 3.9), são equipamentos verticais que possuem um movimento oscilatório para distribuir o calor, tendo, no entanto, um elevado consumo energético. Apesar de serem silenciosos, estes sistemas são lentos no aquecimento e aquecem apenas na proximidade do aparelho.



Figura 3.9. Aquecedor a Halogéneo, Aquecedor Catalítico Radiante.

Os aquecedores a gás são um dos sistemas mais clássicos de aquecimento. São os sistemas mais económicos, aquecendo o ambiente interno mais depressa do que os aquecedores elétricos. Normalmente, geram calor através de gás butano. São distinguidos em três tipos: Radiante, Catalítico e Chama Azul. O Aquecedor Radiante (Figura 3.9), transmite o calor através de infravermelhos de alto rendimento, que lhe confere uma potência até 4000W. Consome cerca de 300 gramas de gás por hora e é indicado para áreas compreendidas entre os 20 e os 40m<sup>2</sup>. Os Aquecedores Catalíticos, emitem o calor através do seu painel catalítico aquecendo os objetos e indiretamente o ar por radiação. Têm um consumo estimado dentro dos 140 e 200 gramas de gás por hora e são indicados para habitações com áreas entre os 15 e os 30 m<sup>2</sup>. Já os Aquecedores de Chama Azul, são aquecedores a gás por convenção, onde a ignição do gás produz uma temperatura mais elevada, o que resulta num menor consumo de combustível e uma maior emissão de calor. Apresenta consumos na ordem das 300 gramas por hora, e uma potência até 4000W, o suficiente para aquecer divisões entre 20 a 40 m<sup>2</sup>. Este tipo de aquecedor, para

além de ter uma vida útil superior aos outros aquecedores a gás, são os que apresentam maior rendimento.

#### 3.4.2.2. SISTEMAS FIXOS

O aquecimento central (Figura 3.10), é um dos sistemas fixos constituído basicamente, por um gerador de calor (a caldeira), os emissores de calor para o ambiente (os radiadores), o sistema de transporte da energia para os radiadores (que foi transformada na caldeira) e o sistema de controlo. No interior dos radiadores, circula a água quente aquecida pela caldeira, proporcionando assim o aquecimento ambiente. É importante equacionar bem a sua localização na casa, para tirar um maior partido desse mesmo aquecimento. Os radiadores devem ser montados nas paredes exteriores, normalmente debaixo das janelas ou ao seu lado quando estas se prolongam até ao chão. No entanto, a janela não deve ter infiltrações de ar para além das necessárias à renovação do ar interior. A potência destes equipamentos é calculada em função da área total a aquecer.



Figura 3.10 Radiadores, Acumulador de Calor e Ar Condicionado.

Os acumuladores de calor (Figura 3.10) estão projetados para tirar proveito do tarifário bi-horário, ao acumular calor durante o período de vazio, tornando-se assim mais económico para o utilizador. Não precisa de pré-instalação e liga-se a uma tomada de uso geral. Pode-se distinguir entre acumuladores estáticos e dinâmicos: os estáticos são mais adequados para habitações com necessidades permanentes de aquecimento mas sem grandes perdas de calor, ou para divisões onde o controlo exato da temperatura não é importante (corredor, hall, cozinha, zonas de passagem); os dinâmicos possuem uma melhor regulação do que os estáticos, apresentando um pequeno ventilador que provoca a movimentação do ar. Existe ainda uma resistência auxiliar no caso de necessidade extrema. São recomendados para salas e escritórios. No entanto deve-se ter em atenção que a instalação de vários acumuladores e o seu funcionamento em simultâneo, podem levar à necessidade de contratar uma potência mais elevada.

Sobre o Ar Condicionado (Figura 3.10), existem modelos que produzem tanto ar frio como ar quente, para além da função de desumidificar o ar ambiente. Como nem sempre fazem uma renovação do ar, ventilando-o apenas, a presença de um bom sistema de filtragem é essencial para que não se verifique uma deterioração da qualidade do ar. O coeficiente de desempenho (sigla inglesa - COP) traduz a relação entre a energia produzida pelo aparelho e a energia elétrica absorvida para o efeito. A grande maioria dos aparelhos de ar condicionado tem um COP superior a 3. Quanto maior for este valor, melhor é a sua eficiência energética. Estes equipamentos já possuem etiqueta de eficiência energética, de afixação obrigatória nos locais de venda, sendo a sua consulta fundamental para garantir uma compra mais eficiente.

### **3.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO**

Ao longo do terceiro capítulo conclui-se que o setor doméstico é responsável por consumir 17% da energia total, sendo que 21,5% destes 17 % correspondem a energia utilizada para aquecimento.

A energia consumida para aquecimento representa assim 4% da energia total consumida, o que é uma parcela bastante pequena face às preocupações de eficiência energética nos sistemas de aquecimento. Por outro lado, os valores das necessidades nominais de energia para aquecimento mostram-se bastante desfasados dos consumos reais de aquecimento, sendo que se aproximam mais com os valores dos países de norte da europa do que do sul. Por fim, destaca-se a panóplia de sistemas de aquecimento existentes com diferentes rendimentos e funcionalidades, possibilitando uma vasta oferta ao utilizador nomeadamente na escolha de fontes de energia renováveis/alternativas.



# 4

## QUANTIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DO CONSUMO DE ENERGIA PARA APARTAMENTOS

### 4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desenvolveu-se um caso de estudo experimental que consistiu na medição dos consumos de energia em dois apartamentos. A caracterização dos consumos energéticos para aquecimento, é a principal preocupação do estudo realizado. É importante efetuar uma análise detalhada aos consumos para aquecimento tentando perceber que tipo de perfil de aquecimento é utilizado em Portugal durante a estação de aquecimento.

O principal objetivo deste capítulo é descrever a forma como foram realizadas as medições ao longo do tempo, e depois apresentar os dados devidamente tratados com toda a informação recolhida. Inicialmente será feita uma descrição e caracterização não só do sistema utilizado para efetuar as medições, mas também a descrição dos dois apartamentos, bem como dos hábitos de utilização por parte das famílias residentes nos mesmos. Procura-se ainda avaliar como o sistema funciona, quais as suas vantagens e potencialidades. Os hábitos de utilização cotidianos das duas famílias residentes nos dois apartamentos são um fator importante na medida em que ajudam a interpretar os consumos energéticos ao longo dos meses de inverno. Os resultados apresentam-se sintetizados em quatro gráficos para cada apartamento, onde o primeiro fornece informação sobre a energia consumida ao longo do período em estudo por equipamento medido, o segundo revela os períodos onde o sistema de aquecimento funcionou, o terceiro dá um exemplo de um consumo diário por hora e o quarto revela o custo mensal gasto em energia por cada apartamento. O capítulo encerra com uma discussão dos resultados obtidos.

### 4.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E POTENCIALIDADES DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA UTILIZADO

#### 4.2.1. FUNCIONAMENTO E INSTALAÇÃO

O sistema “Cloogy”(Cloogy, 2018) surgiu no final do ano 2012, desenvolvido pela ISA (*Intelligent Sensing Anywhere*). No entanto, em 2015 a empresa sofreu uma alteração quando a ISA Energy se juntou com o agregador de energia britânico *Stor Generation* e fundou a *Virtual Power Solutions*(VPS). A VPS é uma empresa inovadora, líder de mercado na conceção e na operacionalização de plataformas dinâmicas integradas, disponibilizando dados em tempo real aos consumidores, operadores de rede e “utilities”. Pretende-se com estes sistemas, minimizar o consumo através do aumento da

eficiência energética, da otimização do tempo de utilização e da monetização das cargas. A empresa fornecedora do sistema já participou em mais de 40 projetos de I&D, 20 dos quais promovidos por consórcios europeus de investigação ou de inovação.



Figura 4.1 Logótipo da VPS e do Sistema Cloogy (Cloogy - Fotos, 2018).

O “Cloogy” é uma solução de gestão energética que permite avaliar e medir de forma contínua o consumo total e parcial de uma casa ou a produção, por exemplo, de energia fotovoltaica. O “Cloogy” pretende assim instalar o conceito de casa inteligente, monitorizando o consumo específico de um determinado equipamento, e controlando-o remotamente, através de uma Tomada Inteligente. O sistema é composto por três partes presentes na Figura 4.2: uma pinça amperimétrica (sensor) que é acoplado ao quadro elétrico; um módulo que é conectado ao “router” de casa; e tomadas inteligentes que permitem apurar consumos e ligar e desligar remotamente dispositivos que aí estejam conectados.



Figura 4.2. Equipamentos (concentrador, monitor, tomada inteligente, transmissor e sensor),(Martins, 2013).

O sistema apresenta vários kits, cada kit tem um guia rápido que apresenta de forma simples e direta todos os passos para sua instalação. Caso exista alguma dúvida sobre o processo de instalação pode contactar-se a linha de apoio ao cliente ou através de e-mail. Deve existir um cuidado acrescido quando se abre por exemplo o quadro elétrico de modo a não correr riscos desnecessários, recomendando um electricista em caso de encontrar situações anormais como cabos soltos, marcas de queimado ou estragos no contador e ainda cabos expostos.

A instalação do sistema exige ligar o concentrador ao router, através de um cabo de rede fornecido e o transformador ao concentrador, uma vez que este é alimentado por eletricidade (Figura 4.3). Para instalar o sensor no quadro elétrico, deve-se desligar o disjuntor/diferencial geral, remover a máscara protetora usando ferramentas adequadas (chave de fendas, busca-pólos, alicate, etc.). Depois identifica-se o condutor neutro geral, colocando o sensor à volta do mesmo abrindo e fechando a patilha respetivamente. Liga-se o sensor ao transmissor acomodando-o no quadro elétrico e fecha-se a máscara protetora se possível.



Figura 4.3. Instalação de concentrador e tomada inteligente.

Relativamente às tomadas inteligentes, é recomendado que o router e/ou concentrador não sejam alimentados por uma tomada inteligente uma vez que existe o risco de desligar a tomada remotamente, perdendo assim a ligação do sistema. Quanto à instalação, basta conectar a mesma à tomada doméstica. Nesta fase deve existir um cuidado relativamente ao alcance com o concentrador, pelo que se surgir uma luz de cor azul na tomada inteligente esta indica que a mesma está ao alcance do concentrador. Uma vez conectada, liga-se o aparelho doméstico que se pretende controlar e assim que o aparelho começar a consumir energia deverá acender-se uma luz verde (Figura 4.3). Se a tomada apresentar a luz vermelha significa que está fora do alcance do concentrador.

Por fim existe ainda a instalação do monitor “*Cloogy*” que só é fornecido no kit (*Cloogy Home*). O monitor deverá ligar-se automaticamente após colocar as pilhas.

O próximo passo é iniciar o registo. Nesta fase é importante verificar as cores no concentrador, podendo existir as seguintes possibilidades:

- O sistema está totalmente operacional se for apresentada a luz verde em toda a volta do concentrador;
- A luz da parte de trás indica a ligação ao sistema, deste modo se a luz estiver verde significa que a ligação ao servidor foi estabelecida, caso contrário a luz fica vermelha;
- Na parte da frente do concentrador pode ser apresentada uma luz verde ou violeta. Deste modo, luz verde significa que todos os dispositivos estão configurados (Sensor, Tomadas Inteligentes e Monitor caso se trate do kit *Cloogy Home*) e a comunicar com o concentrador. Se algum dos dispositivos configurados não conseguir comunicar com

o concentrador, a tonalidade da luz será violeta. No entanto o facto de o concentrador apresentar a luz violeta não significa que o sistema não esteja operacional.

Na Figura 4.4, vemos um esquema síntese do funcionamento do sistema “Cloogy”, nomeadamente as principais comunicações entre os diversos equipamentos.

Na parte do acesso à monitorização da informação existem várias possibilidades para o fazer. É possível aceder a toda a informação via web, ou através das aplicações “Cloogy” para IOS, Android e Windows de forma gratuita. As diferenças entre a interface web e a aplicações é mínima, no entanto, será apenas demonstrado o funcionamento via web fazendo referência às aplicações quando estas não permitirem realizar certas opções.

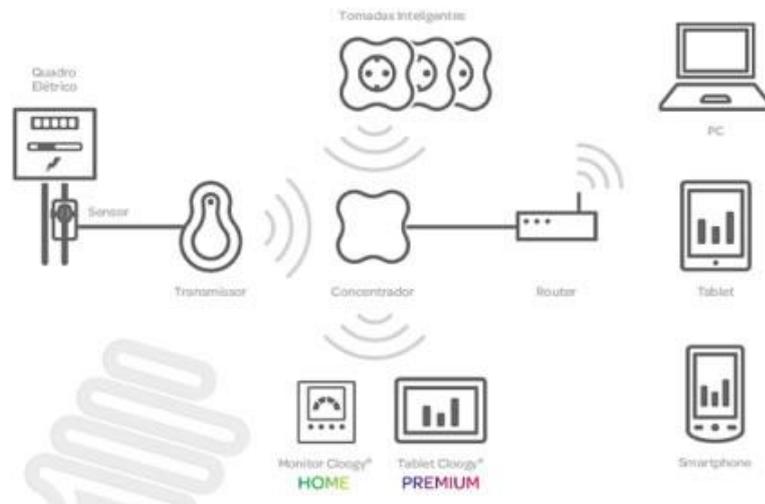


Figura 4.4. Diagrama de funcionamento geral do Cloogy Home, (Cloogy, 2018).

O acesso aos resultados faz-se através do portal(www.cloogy.com), onde no canto superior direito do site se encontra o acesso à área (O Meu Cloogy). Ao clicar nesta área aparece uma nova janela onde é possível colocar as credenciais, caso o utilizador já possua conta. Se não possuir basta clicar em (Criar Conta). É necessário fornecer o email e a palavra-passe que ficarão associados à conta “Cloogy”. Todos os campos marcados com asterisco são de preenchimento obrigatório. Para finalizar basta aceitar os termos de uso e política de privacidade. Criada a conta, é então possível fazer o login e começar a navegar nos seguintes menus.

O menu “Dashboard” apresenta 4 quadros principais (Figura 4.5). No quadro nº1 é possível visualizar a potência atualmente em uso, e o nível de bateria do monitor. Já o quadro 2 informa sobre a pegada ecológica resultante do consumo do mês atual e anterior. Indica o impacto do consumo em quilogramas de CO2 gerados, a quantidade de árvores necessárias para neutralizar essas emissões e o equivalente em quilómetros. Mostra ainda dicas relacionadas com a eficiência energética. No quadro 3, visualizam-se os consumos registados até ao dia corrente em euros e quilowatts. Por fim, o quadro 4 mostra os consumos do mês atual sendo possível definir um objetivo de custo para o mês.



Figura 4.5. Menu Dashboard.

No menu “Eletricidade” (Figura 4.6), é possível consultar no quadro 1 os consumos dos equipamentos em vários períodos de tempo. Para isso, basta selecionar na área dispositivos do quadro 2 os equipamentos que pretendemos. Também no quadro 2, é possível escolher as unidades a mostrar no quadro 1 (euros/quilowatts), bem como comparar consumos e indica o impacto do consumo em quilogramas de CO gerados, a quantidade de árvores necessárias para neutralizar essas emissões e o equivalente em quilómetros. Através deste menu, é possível aceder às janelas das tomadas e dos transmissores.

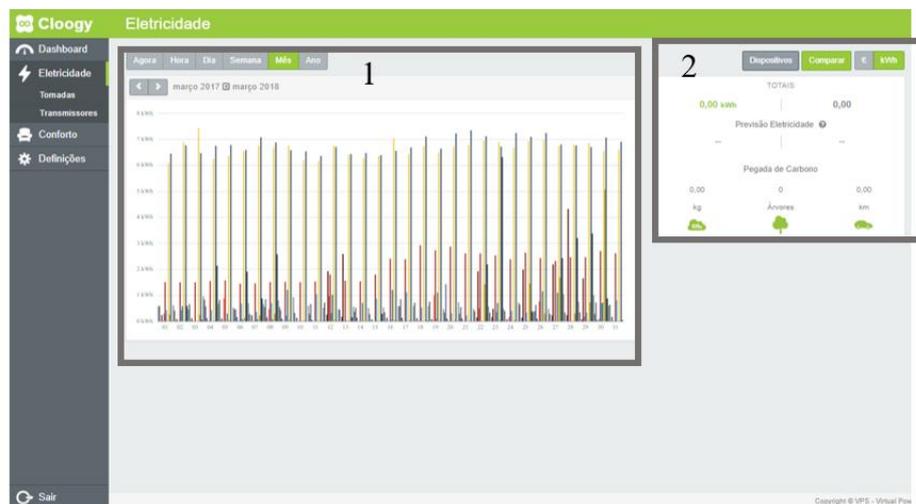


Figura 4.6. Menu Eletricidade.

Na janela “Tomadas” (Figura 4.7), existe um quadro para cada tomada inteligente, (exemplo: quadro 1, quadro 2 e quadro 3) instalada no sistema. É possível editar o nome, ligar e desligar a mesma, visualizar consumos elétricos e potência instantânea bem como aceder ao histórico dos consumos, agendar períodos de funcionamento e ainda aceder ao histórico dos mesmos.

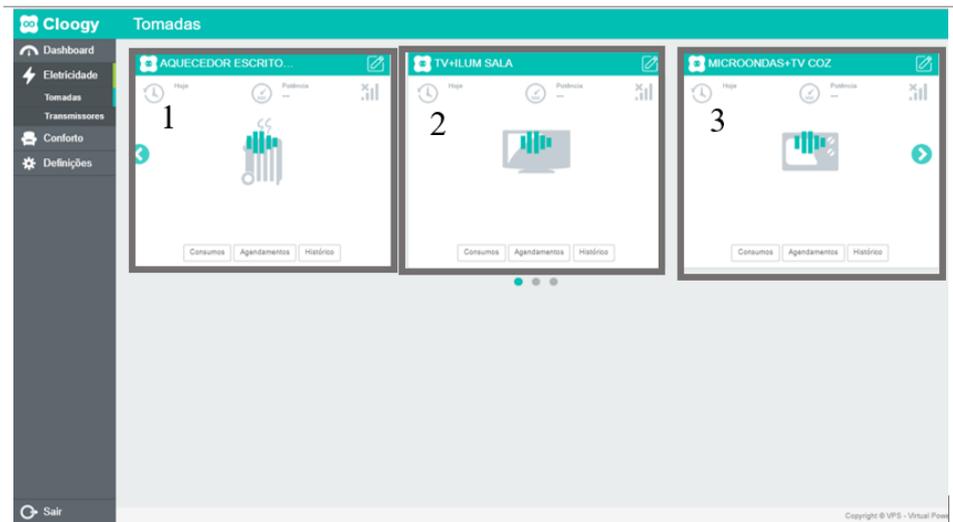


Figura 4.7. Janela Tomadas.

Já na janela “Transmissores” existem todas as possibilidades anteriores exceto as de ligar e desligar o equipamento e agendar períodos de funcionamento.

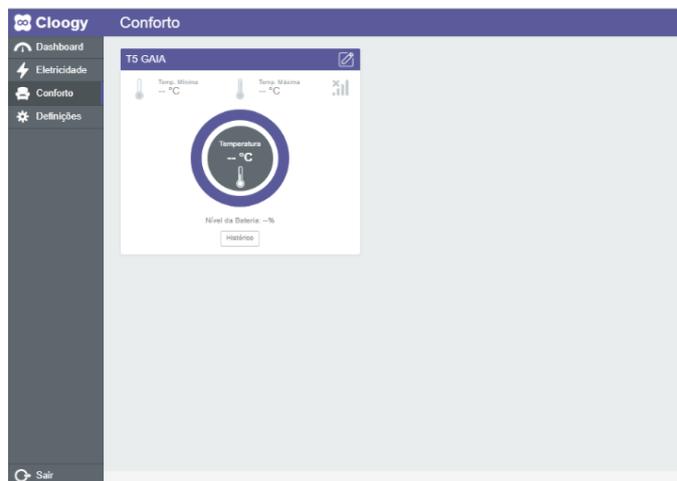


Figura 4.8. Menu Conforto.

O menu “Conforto” (Figura 4.8), está apenas disponível se o utilizador possuir o monitor *cloogy*. Neste menu são apresentados os monitores instalados no sistema. É também possível editar o nome visualizar a temperatura corrente bem como a temperatura máxima e mínima diária, e ainda o nível de energia das pilhas do monitor. Carregando na área histórico, temos acesso às temperaturas em diversos períodos nomeadamente (hora, dia, semana, mês e ano), em cada período é sempre mostrada a temperatura máxima e a mínima.

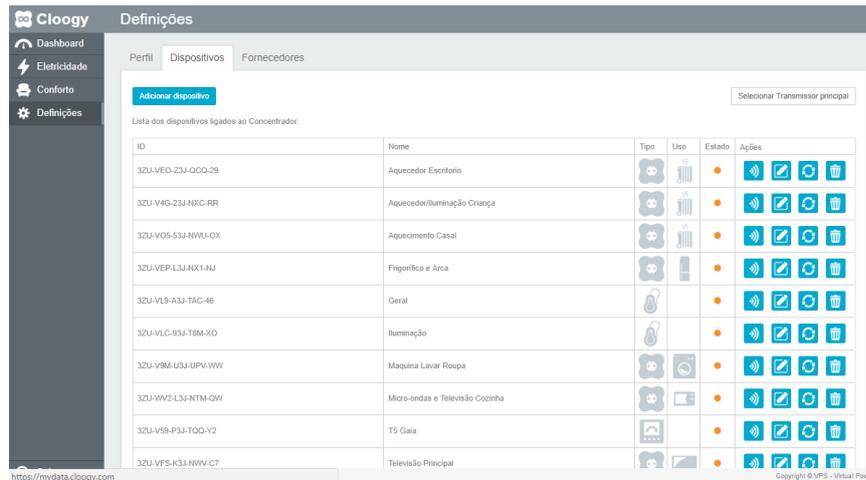


Figura 4.9 Menu Definições.

No menu “Definições” (Figura 4.9), é possível fazer configurações no sistema nomeadamente no “Perfil, Dispositivos e Fornecedores”. Na janela “Perfil” podem ser alterados campos relacionados com a conta nomeadamente o email e acrescentada informação relativamente ao local onde se encontra a fazer a medição(morada). Na janela “Dispositivos” é onde se coloca o número de identificador único do kit comprado aquando a instalação. Este número encontra-se na parte debaixo do concentrador. Após a introdução do kit, este deverá ser ativado clicando no botão “Ativar”. Uma vez em funcionamento é possível consultar o estado, o tipo de equipamento, e o uso, podendo ainda realizar as seguintes acções: emparelhamento, edição, substituição e eliminar. Já na janela “Fornecedores” edita-se informação relativa ao fornecedor de energia nomeadamente empresa, tarifário, e opções de contrato.

#### 4.2.2 POTENCIALIDADES E DESVANTAGENS DO SISTEMA

Após instalado o sistema “Cloogy” apresenta uma série de potencialidades, destacam-se as seguintes:

- Monitorização do consumo global e individual (equipamento) de energia e controlo individual de cada equipamento; os consumos de energia podem ser observados em gráficos de barras ou linhas, em períodos atuais, diários, semanais, mensais e anuais;
- Visualização da temperatura interior através do monitor e interface web, podendo ser observadas em gráficos de linha, em períodos atuais, diários, semanais, mensais e anuais,(esta opção está apenas disponível no kit Home);
- Configuração das definições de utilizador: tipo de tarifa, potência contratada, objetivo mensal de dinheiro a gastar;
- Agendamento de período de funcionamento de cada equipamento;
- Análise ao perfil energético do utilizador e à tarifa mais adequada para este, identificação de aparelhos com elevado consumo energético e apresentação de medidas para reduzir esse consumo (ação recomendativa);
- Definição de dinheiro objetivo a poupar, acompanhado de um alerta visual do seu progresso;
- Fornecimento de relatórios regulares dos consumos;

Estas são as principais potencialidades do sistema, mas com um futuro virado para a Internet das Coisas, e a ainda com uma grande aposta na melhoria da eficiência energética dos nossos equipamentos e habitações o “*Cloogy*” mostra-se uma ferramenta futurista neste campo.

O “*Cloogy*” é a ferramenta certa para caminharmos no mundo das casas e cidades inteligentes. Caminha-se para um novo paradigma do espaço edificado, em que é necessário reduzir consumos, integrar os vários sistemas do edifício, tendo em vista a otimização energética e a redução de custos. Ao mesmo tempo, garantir um papel mais ativo dos edifícios, como consumidores e produtores, num mercado energético cada vez mais dinâmico. Tudo isto aliado a uma crescente tecnologia, sensorização, monitorização de consumos, cuidado com as necessidades e conforto dos ocupantes. Sem esquecer, claro está, que as casas inteligentes são uma parte vital do ecossistema envolvente: a cidade. O “*Cloogy*” é assim a resposta certa para o caminho das casas e cidades inteligentes com a possibilidade de gerir de forma integrada um mesmo espaço, com todos os componentes e sistemas associados. Por exemplo, o ajuste de iluminação, climatização e energia fornecida consoante as necessidades, aumentando o conforto e diminuindo os consumos. Concluindo, o ideal é termos um edifício que consegue antecipar as necessidades do ocupante e agir em prol dele de forma antecipada. Nesta área o “*Cloogy*” tem bastante potencialidade para aperfeiçoar o seu sistema e chegar ao pretendido. Exemplo disto são as potencialidades do sistema no setor hoteleiro, alojamento local e ainda, em escritórios onde é possível remotamente controlar os equipamentos poupando energia e tempo ao utilizador. O sistema mostra-se assim versátil em adaptar-se a vários setores.

Um bom exemplo de potencialidades do “*Cloogy*” foi um projeto da Câmara Municipal de Seia, em conjunto com a Fundação Vodafone e outros parceiros, na localidade do Sabugueiro em 2016, que passou a ter um novo título: Aldeia Inteligente de Montanha. De entre outros objetivos do projeto, um passou por tentar reduzir ao máximo o consumo de energia. O Lar do Sabugueiro é um dos edifícios que regista os maiores consumos energéticos na aldeia, cerca de 70 mil kWh/ano. Foram instalados equipamentos de controlo de consumos que, ao longo do tempo, terão permitido traçar um perfil de consumos do edifício e cortar, em dois anos, 30% da despesa energética do Lar. Para além do lar, foram aplicadas tecnologias deste género em várias habitações, cerca de 10% do edificado do Sabugueiro, e também num dos postos de transformação responsáveis pelo fornecimento de energia aos habitantes da aldeia. A redução terá chegado a cerca de 2,4 kWh por dia (Nunes, 2016).

Durante a pesquisa de informação e utilização do sistema “*Cloogy*”, destacam-se algumas desvantagens ou pontos menos fortes do mesmo. Atendendo que o equipamento transmite os dados para os servidores do “*Cloogy*” e permite ter essa informação disponível, o ponto fraco é o preço do conjunto face há quantidade de equipamentos fornecida, que não é propriamente acessível, sobretudo para um cliente particular. O preço das tomadas inteligentes é bastante elevado, sendo que existe um enorme custo associado a todo o desenvolvimento uma vez que ter poucas tomadas inteligentes não permite obter rápidos resultados na melhoria da eficiência energética. Por outro lado, a instalação dos sensores apesar de se mostrar intuitiva exige alguns cuidados particulares uma vez que existem perigos de elevado risco para o utilizador, como o de electrocução. Ao necessitar de contratar um electricista para resolver estes problemas o utilizador aumenta ainda mais o custo do sistema, pelo que esta é outra desvantagem, dado que o apoio ao cliente é apenas feito por linha telefónica.

A transmissão de informação entre tomadas e concentrador é feita através de um conjunto de especificações “Zigbee”, o que torna a comunicação limitada a longas distâncias (>20m), nomeadamente quando existem barreiras opacas como paredes, armários, portas, etc, a impedir a passagem do sinal. Isto é uma desvantagem do sistema nomeadamente para vivendas, escritórios, ou mesmo apartamentos com áreas elevadas uma vez que o consumidor tem obrigatoriamente de utilizar uma tomada só para

transmitir dados. O tamanho das tomadas inteligentes pode ser também visto como uma desvantagem. Apesar de não apresentar dimensões muito elevadas face às tomadas de parede, quando estas são utilizadas, por exemplo na cozinha, onde muitas tomadas se encontram encostadas ou mesmo dentro de móveis pode existir a necessidade de aplicar uma extensão de forma a poder colocar a tomada inteligente como se mostra na Figura 4.10.



Figura 4.10. Aplicação de Extensão na Tomada do Micro-ondas.

### 4.3. MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO

#### 4.3.1. DESCRIÇÃO DOS APARTAMENTOS EM ESTUDO



Figura 4.11. Localização dos Apartamentos. (Google Maps, 2018)

De forma a avaliar os consumos de energia para aquecimento, foram instalados dois sistemas “*Cloogy Home*”, em dois apartamentos na cidade de Santo Tirso. O primeiro, daqui em diante designado de T2+1, situa-se no segundo andar de um bloco com cinco pisos, na Rua Encosta Nascente (Figura 4.11). O segundo, daqui em diante designado por T2, localiza-se no terceiro andar de um bloco com três pisos, na Avenida S.Rosendo (Figura 4.11). As mesmas condições exteriores de temperatura e humidade ambiente foram assim asseguradas. Relativamente ao estudo, é importante fazer uma análise não só descritiva do tipo de construção de cada apartamento, mas também descrever as rotinas das famílias que habitam os mesmos de forma a interpretar os consumos medidos numa fase seguinte.

#### 4.3.1.1. APARTAMENTO T2+1

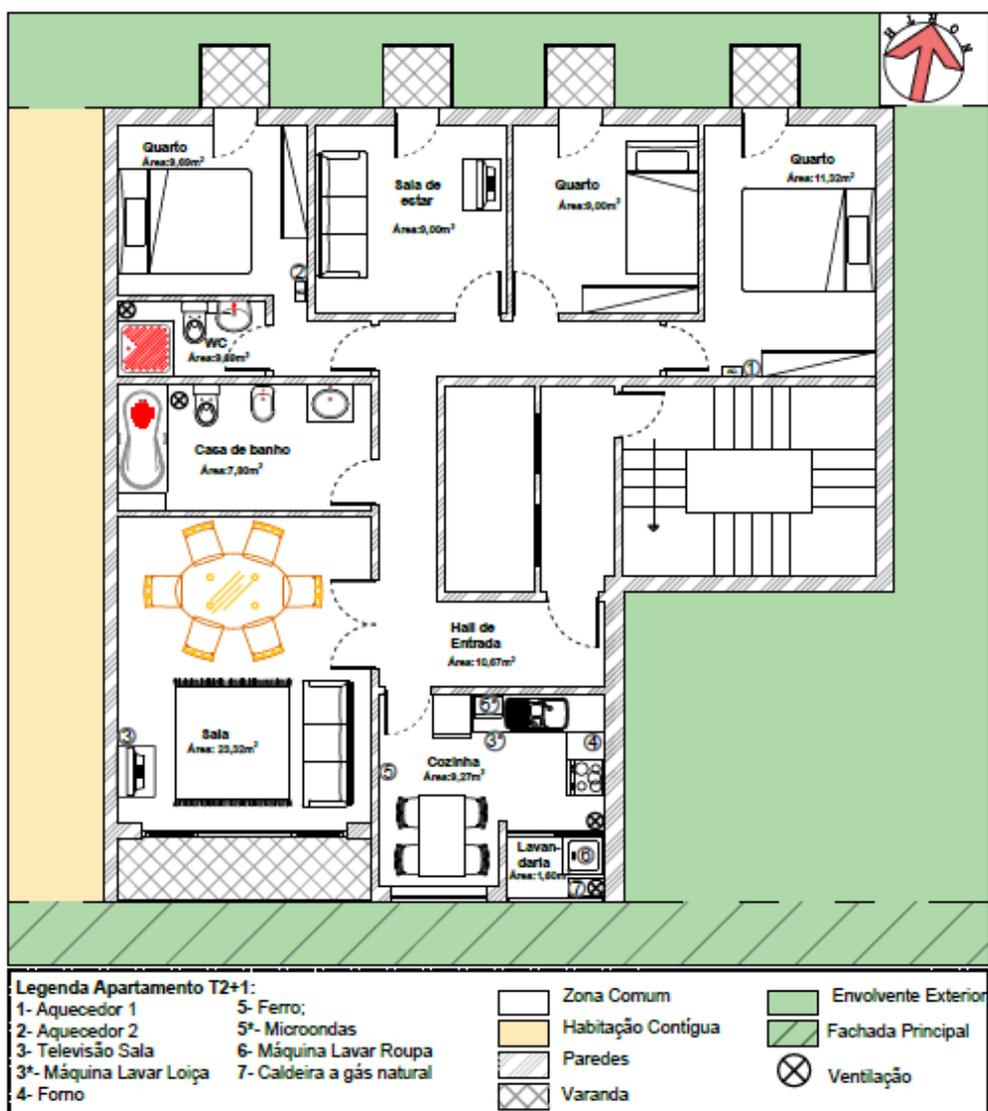


Figura 4.12. Planta Apartamento T2+1.

O Apartamento T2+1 localizado num edifício de habitação coletiva, foi construído no início da década de 2000, onde habitam duas pessoas (mãe e filho). A fachada principal está orientada a sul englobando a sala, cozinha e lavandaria, já na fachada oposta situam-se os 3 quartos um deles com casa de banho privativa, e juntamente com a sala de estar, estão orientados a Norte. Ainda no meio destes compartimentos situa-se a casa de banho de serviço como se pode ver na Figura 4.12. O apartamento apresenta ainda uma área útil de 95 m<sup>2</sup>, de onde se destaca a área da sala com 23 m<sup>2</sup> cerca de um quarto da área total.

Em termos térmicos, o edifício foi construído ao abrigo do RCCTE. Apresenta uma boa inércia térmica, com capacidade para manter a temperatura constante no interior por longos períodos, tendo sofrido recentemente obras de reabilitação nas fachadas Este e Norte, sendo aplicado o sistema ETICS nas mesmas.

Relativamente ao uso e consumos elétricos, durante a semana acentuam-se mais ao final da tarde e noite, já durante o fim de semana são relativamente constantes ao longo do dia. O aquecimento de águas quentes sanitárias é feito por uma caldeira a gás natural. Já o aquecimento ambiente é realizado por dois acumuladores de calor estáticos com 1700W de potência e controlo de carga automático, fixos à parede nos dois quartos Figura 4.13. Relativamente a outros consumos elétricos, destaca-se na cozinha: a placa de fogão vitrocerâmica, o forno elétrico, micro-ondas, frigorífico, máquina de lavar loiça, o exaustor, a máquina do café e varinha mágica; na lavandaria: máquina de lavar roupa e o ferro de engomar; na sala: a televisão e box. Por fim, existem os consumos de iluminação, routers, telefone fixo, computadores, carregadores de baterias e ainda uma arca frigorífica na garagem.



Figura 4.13. Acumulador de Calor.

#### 4.3.1.2. APARTAMENTO T2

O Apartamento T2 localizado num edifício de habitação coletiva, foi construído na década de 80, onde habitam três pessoas (pais e filho). A fachada principal está orientada a Nordeste englobando a sala, cozinha e lavandaria. Já na fachada oposta situam-se os dois quartos orientados a Sudoeste, ainda no

meio destes compartimentos situa-se a casa de banho, como mostra a Figura 4.14. Este apartamento tem uma área útil de 75 m<sup>2</sup>.

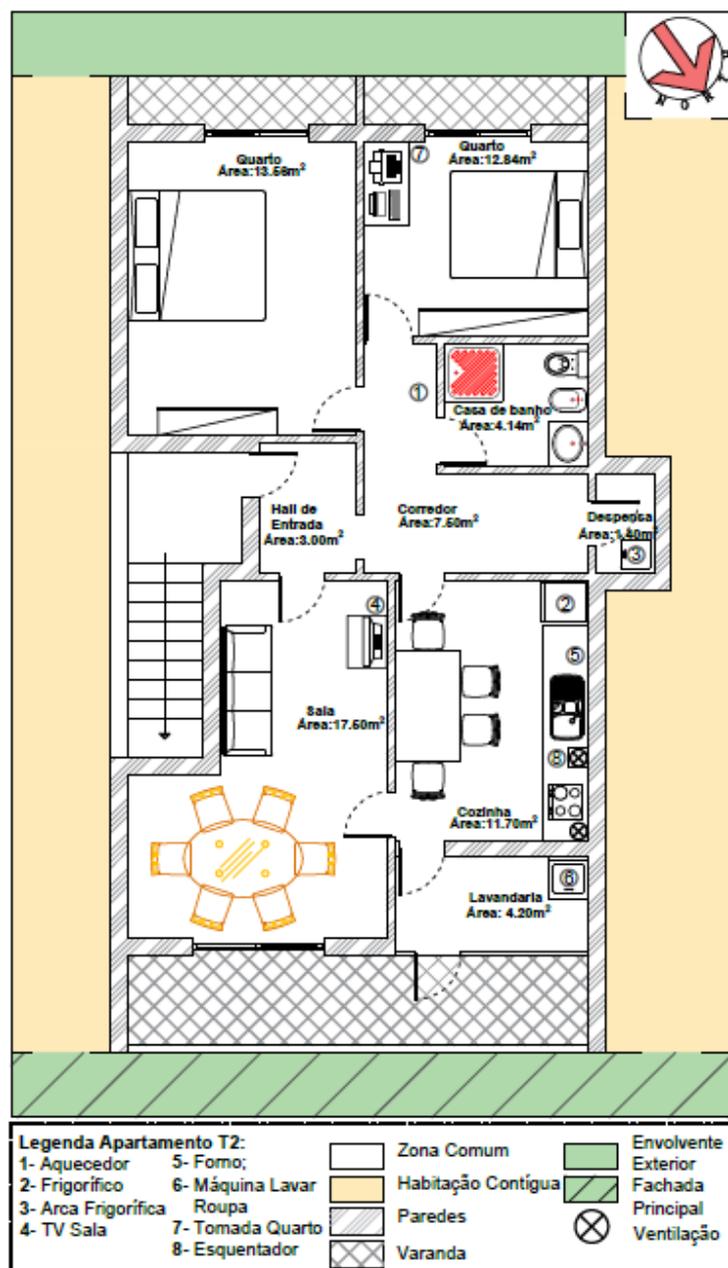


Figura 4.14 Planta do Apartamento T2.

Em termos térmicos o edifício foi construído antes do RCCTE. A falta de isolamento na cobertura bem como nas paredes nos envidraçados em vidro simples são alguns dos fatores que justificam, o menor conforto interior.

Relativamente aos consumos de energia, mostram-se constantes ao longo da semana e fim de semana, mantendo as rotinas de uso da cozinha para almoço e jantar. O aquecimento de águas quentes sanitárias é feito por um esquentador alimentado por gás de garrafa tal como a placa do fogão. Já o aqueci-

mento ambiente é realizado por um aquecedor elétrico móvel de 1700 W de potência, colocado no corredor (Figura 4.15). Relativamente a outros consumos elétricos, destaca-se na cozinha: o forno elétrico, frigorífico, o exaustor, a máquina do café e varinha mágica; na lavandaria: máquina de lavar roupa e o ferro de engomar; na sala: a televisão e box. Por fim existem os consumos de iluminação, routers, telefone fixo, computadores, carregadores de baterias de telemóveis.



Figura 4.15. Irradiador a óleo.

#### 4.3.2. LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE MEDIDA

A instalação das tomadas inteligentes foi realizada de uma forma fácil e intuitiva nos dois apartamentos. Rapidamente foi possível ver na plataforma on-line os consumos dos equipamentos medidos. As únicas dificuldades que existiram, prendem-se apenas com aspetos externos ao sistema, tais como o espaço dentro e fora dos móveis para a colocação das tomadas inteligentes sendo necessário fazer adaptações na máquina de lavar loiça e micro-ondas no apartamento T2+1. Foi por esta razão que apenas foi realizada a medição nestes equipamentos no segundo período em estudo. Por outro lado, não se optou por usar a medição com a ajuda de sensores no quadro elétrico por duas razões. A primeira refere-se à medição da energia consumida através do contador da operadora energética e a segunda prende-se pela instalação destes sensores nos quadros elétricos apesar de ser intuitiva requer conhecimentos técnicos no ponto em que é necessário fazer uma análise técnica dos cabos existentes no quadro principalmente quando estes não estão devidamente identificados de forma a colocar o sensor no cabo correto. As medições decorreram entre o dia 28 de fevereiro e 10 de maio no apartamento T2+1, e o dia 26 de fevereiro e 9 de maio para o apartamento T2.

No Quadro 3 e 4 faz-se a listagem dos códigos das tomadas inteligentes utilizadas nos dois apartamentos associados aos equipamentos em estudo, de forma a serem identificadas facilmente na plataforma web.

Quadro 3. Identificação de Aparelhos no Apartamento T2+1.

<b>T2+1</b>		
<b>Nº de Ident. Figura 4.12</b>	<b>Código Tomada</b>	<b>Aparelho</b>
1	3ZU-VEO-Z3J-QCQ-29	Aquecedor Quarto
2	3ZU-V4G-23J-NXC-RR	Aquecedor Quarto
3	3ZU-VFS-K3J-NWV-C7	Televisão Sala
3*	3ZU-VFS-K3J-NWV-C7	Máq. Lavar Loiça
4	3ZU-WV2-L3J-NTM-QW	Forno
5	3ZU-VEP-L3J-NX1-NJ	Ferro
5*	3ZU-VEP-L3J-NX1-NJ	Microondas
6	3ZU-V9W-U3J-UPV-WW	Máq. Lavar Roupa

Quadro 4. Identificação Aparelhos T2.

<b>T2</b>		
<b>Nº de Ident. Figura 4.14</b>	<b>Código Tomada</b>	<b>Aparelho</b>
<b>1</b>	3ZU-VUB-53J-TAC-HE	Aquecedor
<b>2</b>	3ZU-WZ9-C3J-NTJ-OS	Frigorífico
<b>3</b>	3ZU-VFY-M3J-NVM-QI	Arca Frigorífica
<b>4</b>	3ZU-VOP-O3J-NRE-7L	Televisão Sala
<b>5</b>	3ZU-VFN-03J-NX9-QS	Forno
<b>6</b>	3ZU-V5X-F3J-NW3-YZ	Máq. Lavar Roupa
<b>7</b>	3ZU-V5L-33J-NVX-KH	Tomada Quarto

#### 4.4. RESULTADOS

Os resultados das medições serão apresentados por apartamento considerando os seguintes assuntos: consumos energéticos, perfil de aquecimento e temperaturas e custo total de energia. Para cada tipo de registo são apresentados gráficos com um comentário aos valores apresentados.

##### 4.4.1. APARTAMENTO T2+1

##### 4.4.1.1. CONSUMOS ENERGÉTICOS

A caracterização do perfil mensal de consumos energéticos neste apartamento, foi realizada em dois períodos. O primeiro período entre o dia 28 de fevereiro e 28 de março, que corresponderá ao mês de

março e o segundo período entre 9 de abril a 10 de maio, que corresponderá ao mês de abril. Esta seleção de períodos tem apenas a ver com a compatibilidade na recolha de leituras no contador realizadas semanalmente e a leitura mensal da fatura energética.

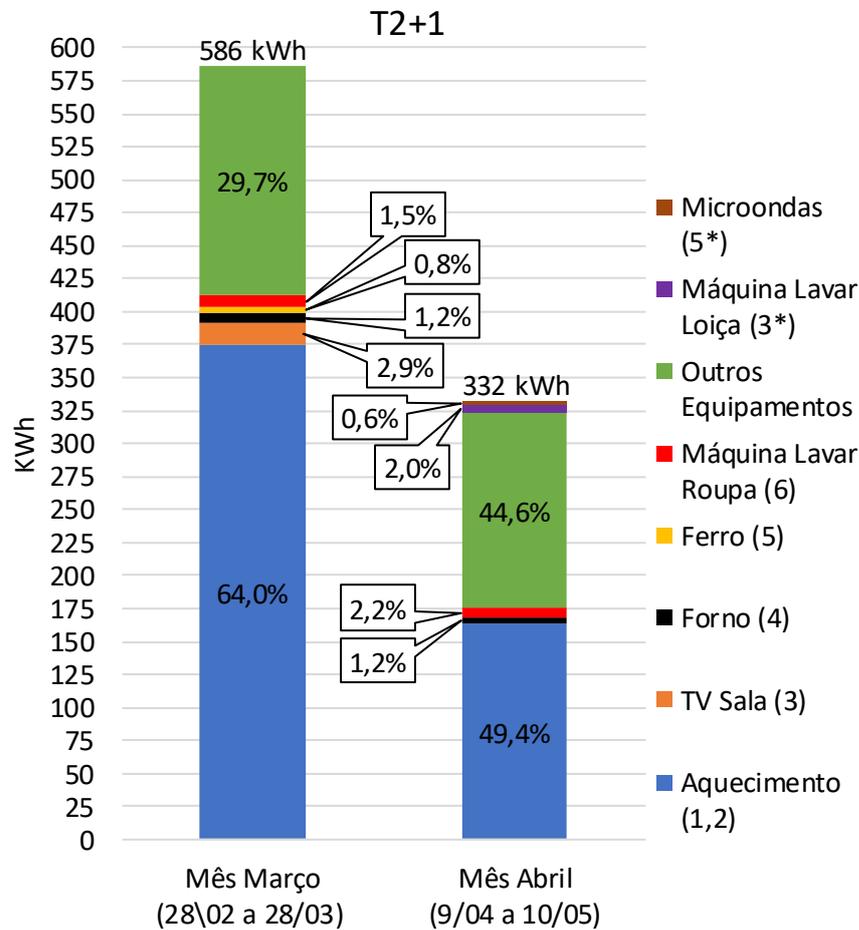


Figura 4.16. Consumos Energéticos.

A Figura 4.16 mostra a repartição dos respetivos consumos energéticos, em kWh do apartamento T2+1 nos dois períodos em estudo. É de salientar a forte barra azul referente ao consumo total de energia para aquecimento ambiente do apartamento representando 64% no mês de março e cerca de 50% no mês de abril do consumo total de energia elétrica. Estes valores mostram uma grande disparidade face à média nacional enunciada no capítulo 3, chegando a ser três vezes superior a esta no caso do mês de março. Ora, este valor revela logo à partida uma forte preocupação em manter a temperatura interior no apartamento dentro da zona de conforto na estação de aquecimento referida no 2 capítulo, ou seja, numa temperatura entre os 18°C e os 24°C, por parte dos residentes. Durante o mês de abril, a diminuição dos consumos de energia para aquecimento é justificado pelo sistema ser desligado, uma vez que as temperaturas médias exteriores já se aproximavam da zona de conforto térmico. Relativamente a outros consumos elétricos, destaca-se apenas com maior relevância a barra outros equipamentos representando 30% da energia consumida no mês de março e 44 % no mês de abril. Ora isto revela que será nos equipamentos que não foram medidos como frigorífico, arca frigorífica, iluminação, placa de fogão elétrica, que se encontram os maiores consumos elétricos no apartamento. Estes valores apresentam ainda mais relevância fora da estação de aquecimento uma vez que representarão cerca de 90 % da energia consumida. É de salientar ainda o consumo da máquina de lavar loiça no mês de abril

uma vez que esta funciona apenas na última semana de medição devido a avaria nas semanas anteriores. Isto justifica a diminuição nos consumos da barra de “Outros Equipamentos” do mês de março para o mês de abril uma vez que existiu a troca de tomadas entre a “TV Sala” e “Máquina de Lavar Loiça” e também entre o “Ferro” e o “Microndas”. Tendo em atenção que os consumos da “TV Sala”, “Ferro” e “micro-ondas” são baixos, podemos deduzir que uma boa parte desta diferença cerca de 26 kWh, corresponde ao consumo da “Máquina de Lavar Loiça”.

Em suma, num mês de aquecimento o proprietário deste apartamento gastou 375 kWh em energia para aquecimento, um valor bastante elevado face à média nacional e 211 kWh nos restantes consumos energéticos, valor médio atendendo aos hábitos cotidianos da família.

#### 4.4.1.2. PERFIL DE AQUECIMENTO E TEMPERATURAS

De forma a analisar o perfil de aquecimento deste apartamento foi realizado um gráfico (Figura 4.17), onde podemos ver por um lado, as temperaturas médias diárias exteriores e as temperaturas médias interiores, ou seja, as temperaturas medidas pelo sistema Cloogy dentro do apartamento no período em estudo. Por outro lado, são mostrados os consumos em kWh da energia gasta para aquecimento diariamente na tentativa de encontrar um perfil de aquecimento na estação de aquecimento.

Analisando detalhadamente a Figura 4.17, pode-se concluir o seguinte:

- A família aquece diariamente num período de tempo equivalente. A família apresenta consumos bastante elevados de energia para aquecimento.
- Em segundo lugar, podemos realçar que as temperaturas médias interiores diárias tendem a andar acima da temperatura mínima de conforto térmico (18°C), apesar de não ter sido possível medir ao longo de todo o período em estudo. Desta maneira pode-se concluir que esta família é pouco tolerante ao frio, optando por aquecer regularmente a sua habitação.
- Em terceiro lugar, como mostra a Figura 4.17 a linha temperatura interior tende a ficar entre a zona de conforto térmico (18°C a 24°C) não tendo grandes oscilações face à linha de temperatura exterior. Importante também referir que existe uma diferença média de temperaturas entre as 2 linhas, sensivelmente de 7°C.

Os dados da Figura 4.17, permitem concluir que o apartamento possui isolamento térmico devido a não haver grandes flutuações da temperatura interior face à exterior, chegando a obter uma temperatura constante. Em dias de forte insolação (ex: 27 de março, 1 de abril e entre 17 a 20 de abril) é perceptível que a temperatura interior apesar de aumentar, não apresenta subidas significativas, de modo a causar problemas como o de sobreaquecimento. Desta forma, confirma-se uma forte inercia térmica do edifício existindo uma temperatura interior com tendência a ser constante ao longo do período em estudo.

## T2+1

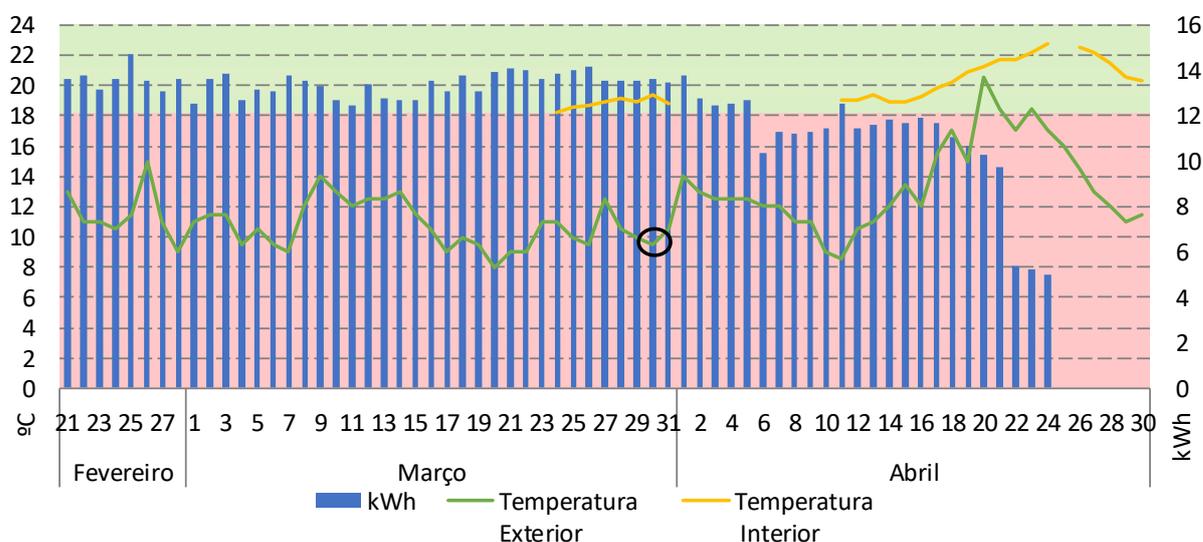


Figura 4.17 Consumos de Energia para Aquecimento e Temperaturas.

Para além desta análise mensal, é importante perceber em que horário esta família aquece o apartamento. Foi então elaborado um gráfico dos consumos hora a hora no dia 28 de março assinalado na Figura 4.18, de todos os equipamentos em estudo incluindo o consumo energético para aquecimento. Na Figura 4.18 podemos assim perceber não só os consumos em standby de alguns equipamentos como a televisão da sala, bem como os consumos em pleno funcionamento dos equipamentos. Já relativamente ao consumo de energia para aquecimento, é de notar que a família aquece o apartamento durante o período noturno entre a 1h e as 6h. A família faz assim uso de dois acumuladores de calor com 1700 W de potência cada um, que dissipam calor não só aquando o funcionamento, mas até às 14h, tempo em que a temperatura interior começa a diminuir como mostra a Figura 4.18. Este é o perfil de aquecimento desta família aquando a estação de aquecimento. Relativamente aos outros consumos energéticos destaca-se o uso da Televisão da Sala durante o período da noite, almoço e jantar. Também o uso do forno de forma a preparar o almoço e ainda o funcionamento da máquina de lavar roupa, após o almoço.

Relativamente às temperaturas exteriores, podemos ver que existiu uma baixa amplitude térmica entre o dia e a noite, sendo que de noite as temperaturas rondam os 8.5°C e já durante o dia as temperaturas chegam a atingir 11°C. Sendo um dia frio, podemos ver que existe uma ligeira descida da temperatura durante a noite até de manhã, momento em que a temperatura começa a subir chegando mesmo aos 20°C.

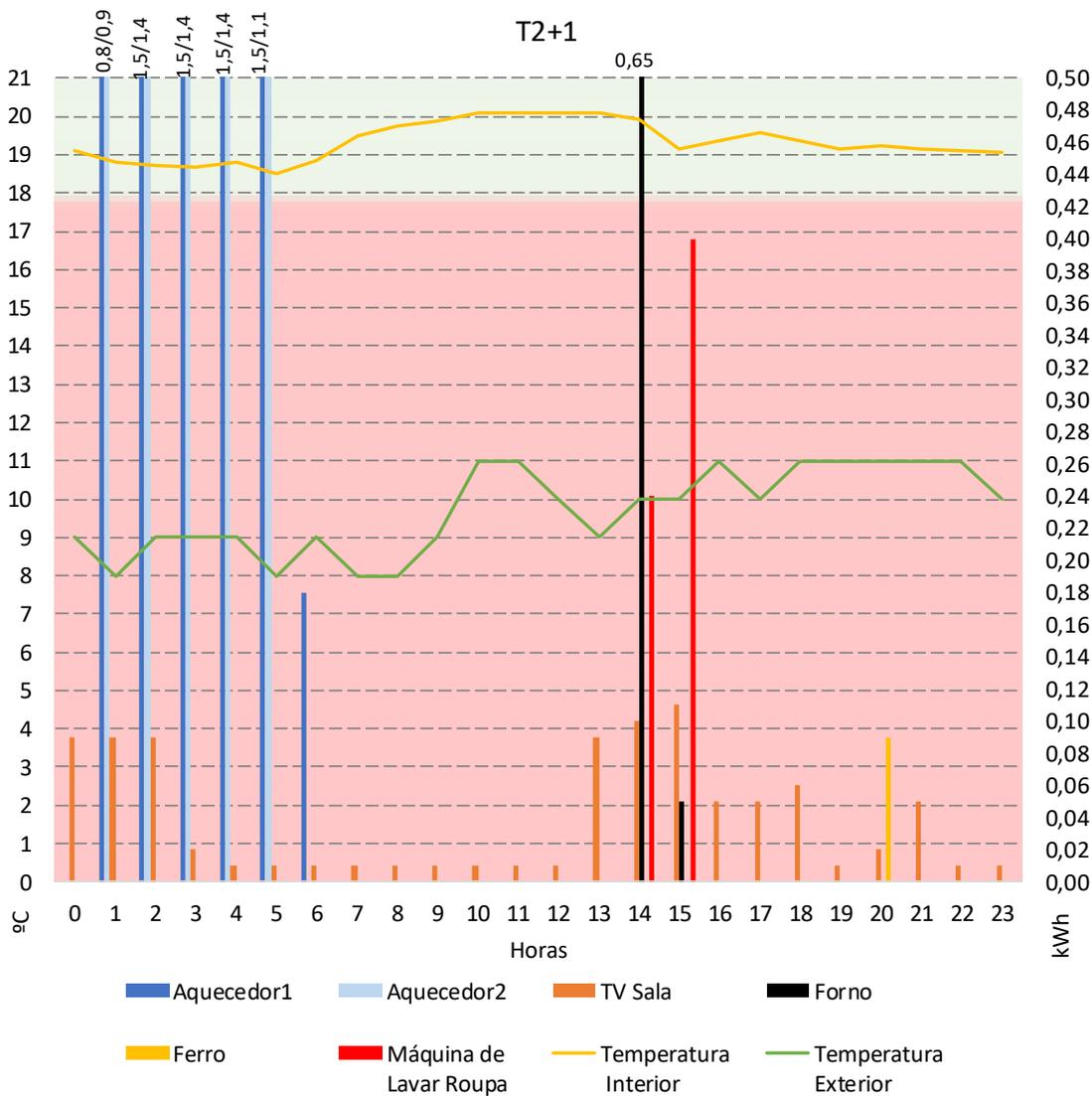


Figura 4.18. Consumos Hora a Hora e Temperaturas.

#### 4.4.1.3. CUSTO TOTAL DE ENERGIA

O custo total em energia surge também como um bom indicador, não só face aos consumos, mas também às tarifas energéticas. Deste modo, foram somados os custos das duas principais fontes de energia (eletricidade e gás) referentes ao mês de março. Para isso, analisaram-se as faturas mensais de eletricidade e gás natural de forma a obter o preço kWh de cada fonte de energia. No caso da eletricidade, a família dispõe de um tarifário bi-horário, pagando no período vazio 0,093915€/kWh, e no período cheio 0,197656€/kWh. Uma vez que o maior consumo energético no período de vazio é relativo ao aquecimento, apenas se contabilizou este consumo no período vazio sendo que os restantes correspondem ao período cheio. Quanto ao gás natural, fez-se a conversão dos m<sup>3</sup> medidos no período em estuado para kWh, utilizando a equação 4 presente na fatura.

$$\text{Consumo } m^3 \times FCV \times PCS \text{ (kWh/ } m^3) = \text{Consumo (kWh)} \quad (4)$$

O fator FCV corresponde ao Fator de Correção de Volume (0,981211) e o PCS o Poder Calorífico Superior (11,836618). Multiplicou-se o consumo em kWh pelo preço (0,062€/kWh) obtendo-se o custo mensal em gás (Figura 4.19). Somadas as duas parcelas, chega-se à conclusão que a despesa em energia durante o mês de março foi de 91 euros. Apesar de ser um valor pontual pode-se tirar algumas conclusões relevantes nomeadamente na despesa para aquecimento.

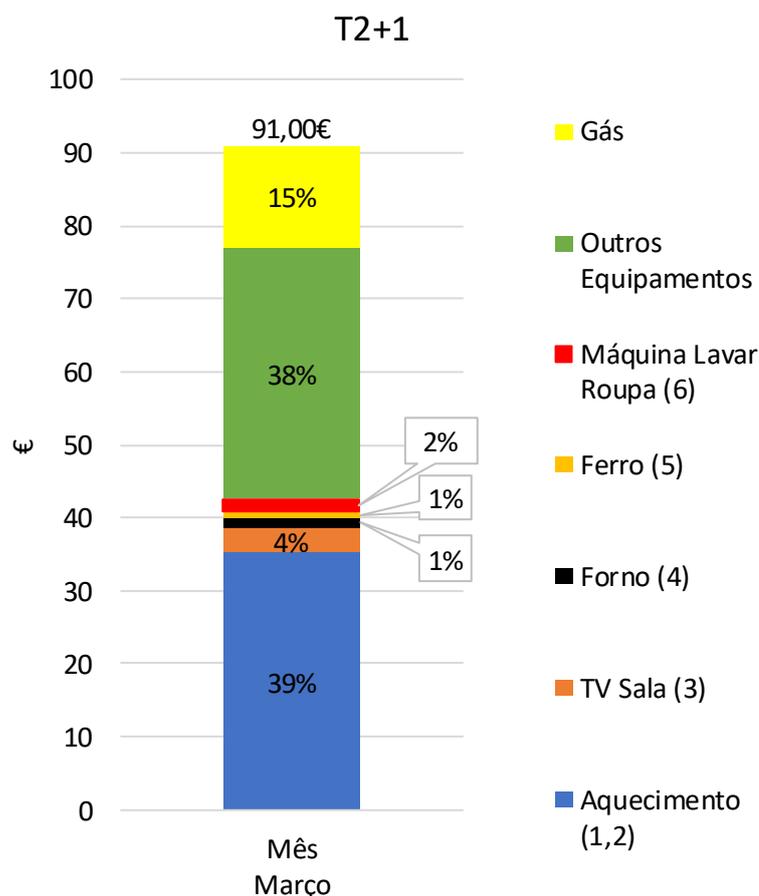


Figura 4.19. Despesa Mensal em Energia

Os consumos para aquecimento representam 39% da despesa mensal em energia, apesar de esta parcela representar 64% do consumo total Figura 4.16. Se compararmos este valor face à média nacional do estudo INE/DGEG 2010, pode-se perceber que esta família em apenas um mês, gasta metade do valor médio anual de energia para aquecimento (62 €, Quadro 1). Por outro lado, se comparar com a despesa média de eletricidade para aquecimento da Figura 3,5 os resultados são novamente dispersos, uma vez que as famílias portuguesas gastam em média 31€ ano em energia para aquecimento e esta família apenas num mês ultrapassa este valor (Figura 4.19). Conclui-se assim que a tarifa energética usada neste apartamento é adequada face aos elevados consumos de energia para aquecimento. Estes valores são muito superiores há média nacional o que revela à partida uma grande diferença nos hábitos de aquecimento das famílias portuguesas. Dos valores medidos destaca-se o valor de energia gasta para aquecimento da águas sanitárias que corresponde à parcela do gás na Figura 4.19 que se enquadra no valor da média nacional (Quadro 1).

#### 4.4.2. APARTAMENTO T2

##### 4.4.2.1. CONSUMOS ENERGÉTICOS

A caracterização do perfil mensal de consumos energéticos neste apartamento, foi realizada em dois períodos, precisamente pelos motivos do apartamento anterior. O primeiro período é entre 27 de fevereiro e 26 de março que corresponderá ao mês de março, á o segundo período entre 9 de abril e 9 de maio, que corresponderá ao mês de abril.

A Figura 4.20 mostra assim a repartição dos consumos energéticos em kWh do apartamento T2 nos dois períodos em estudo.

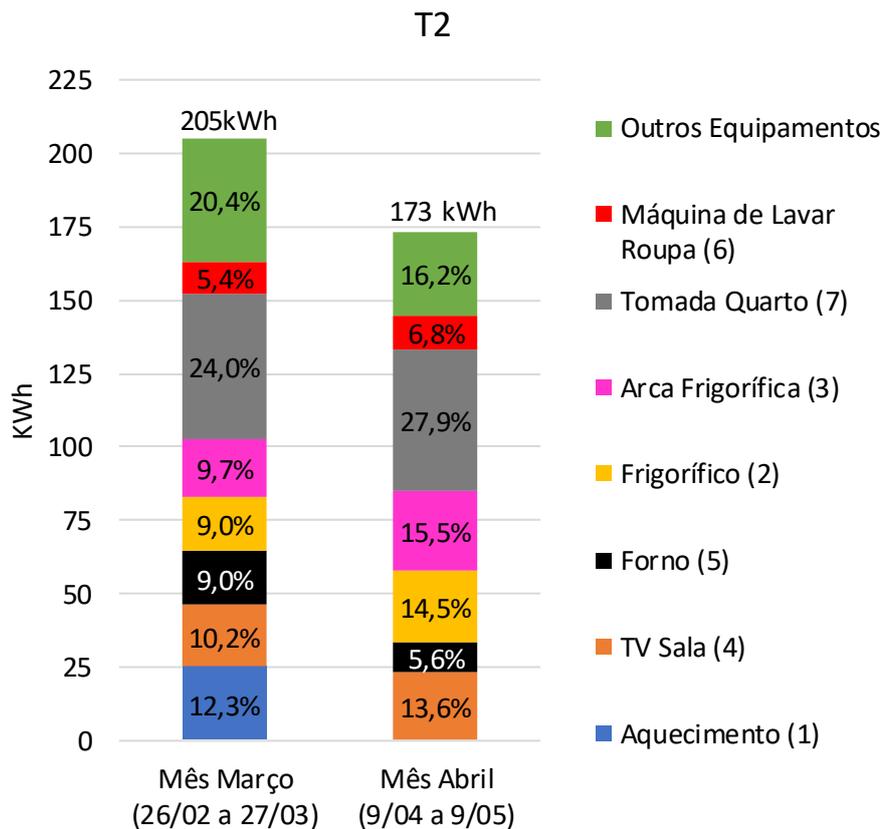


Figura. 4.20 Consumos Energéticos T2.

Ao analisar o gráfico, percebe-se que existe uma rotina diária certa com os consumos de equipamentos como máquina de lavar, televisão e forno a serem relativamente constantes durante os dois meses. O consumo de energia para aquecimento existe apenas no mês de março, cerca de 25kWh, o que corresponde a 12% do consumo da energia elétrica do mesmo, como se pode ver no gráfico.

Por outro lado, a maior discrepância surge na barra “Outros Equipamentos” com uma redução de 10 kWh do mês de março para o mês de abril.

## 4.4.2.2 PERFIL DE AQUECIMENTO E TEMPERATURAS

De forma a analisar o perfil de aquecimento deste apartamento a Figura 4.21, onde podemos ver por um lado as temperaturas médias diárias exteriores e as temperaturas médias interiores, ou seja, as temperaturas medidas pelo sistema Cloogy dentro do apartamento no período em estudo. Por outro lado, são mostrados os consumos em kWh da energia gasta para aquecimento diariamente na tentativa de encontrar um perfil de aquecimento na estação de aquecimento.

Analisando detalhadamente a Figura 4.21, pode-se concluir o seguinte:

- Em primeiro lugar, não existe um perfil linear de aquecimento. A família residente consome pouca energia para aquecimento. Aquece em curtos períodos de tempo de forma a existir uma mudança de sensação térmica na zona aquecida não aquecendo propriamente o apartamento. Por outro lado, termina o aquecimento no dia 8 de março apesar de as temperaturas médias se manterem baixas até ao mês de abril.
- Em segundo lugar, podemos realçar que as temperaturas médias interiores diárias tendem a andar abaixo da temperatura mínima de conforto térmico (18°C), sendo que atinge um mínimo de 14°C. Desta maneira pode-se concluir que esta família é tolerante ao frio, optando por se agasalhar mais quando as temperaturas interiores se situam abaixo do limiar de conforto.
- Em terceiro lugar, é de realçar o acompanhamento da curva da temperatura interior face à curva de temperatura exterior. Existe uma relação de um dia de diferença entre os máximos relativos da curva de temperaturas médias exteriores com os máximos relativos das temperaturas médias interiores. Por outro lado, existe uma diferença média de temperaturas entre as 2 curvas, sensivelmente de 5,5°C que tende a ser constante ao longo do período salvo algumas exceções.

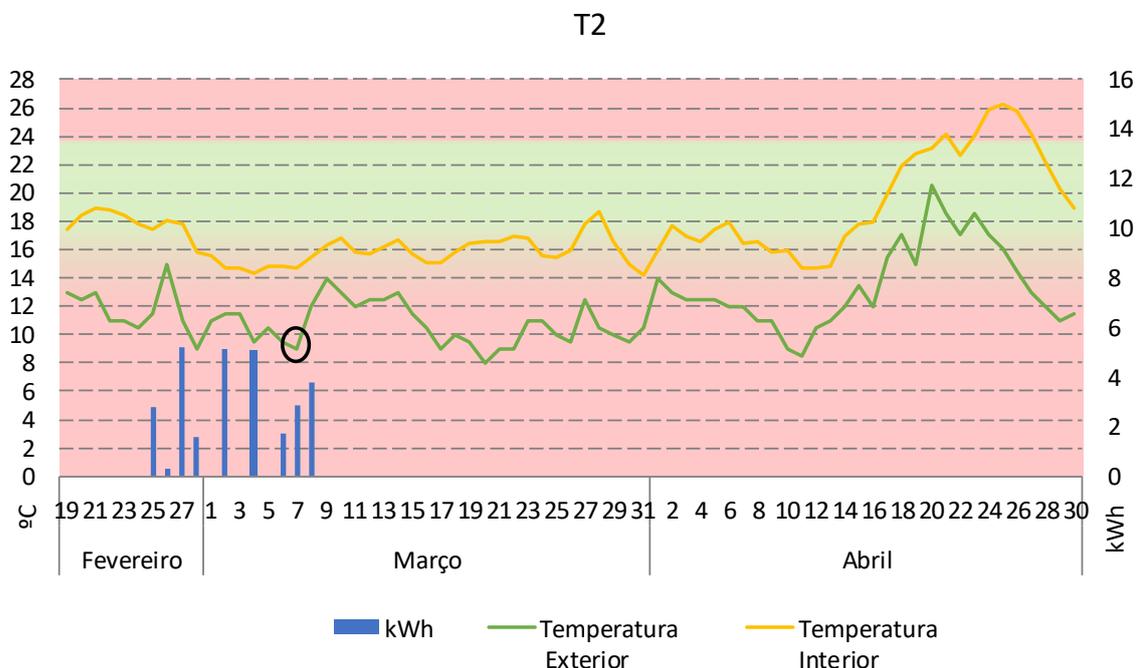


Figura. 4.21 Consumos de Energia para Aquecimento e Temperaturas.

Os dados permitem deduzir que o apartamento não possui isolamento térmico devido às flutuações da temperatura interior não se chegando a obter uma temperatura constante. Também se percebe que os vãos envidraçados não possuem grande resistência há passagem da radiação solar, uma vez que nos dias de grande insolação (ex:27 de março, 1 de abril e entre 17 a 20 de abril) é perceptível que a temperatura interior aumenta significativamente nos dias posteriores, chegando mesmo a causar sobreaquecimento como podemos ver na Figura 4.21, no espaço interior entre 23 a 27 de abril.

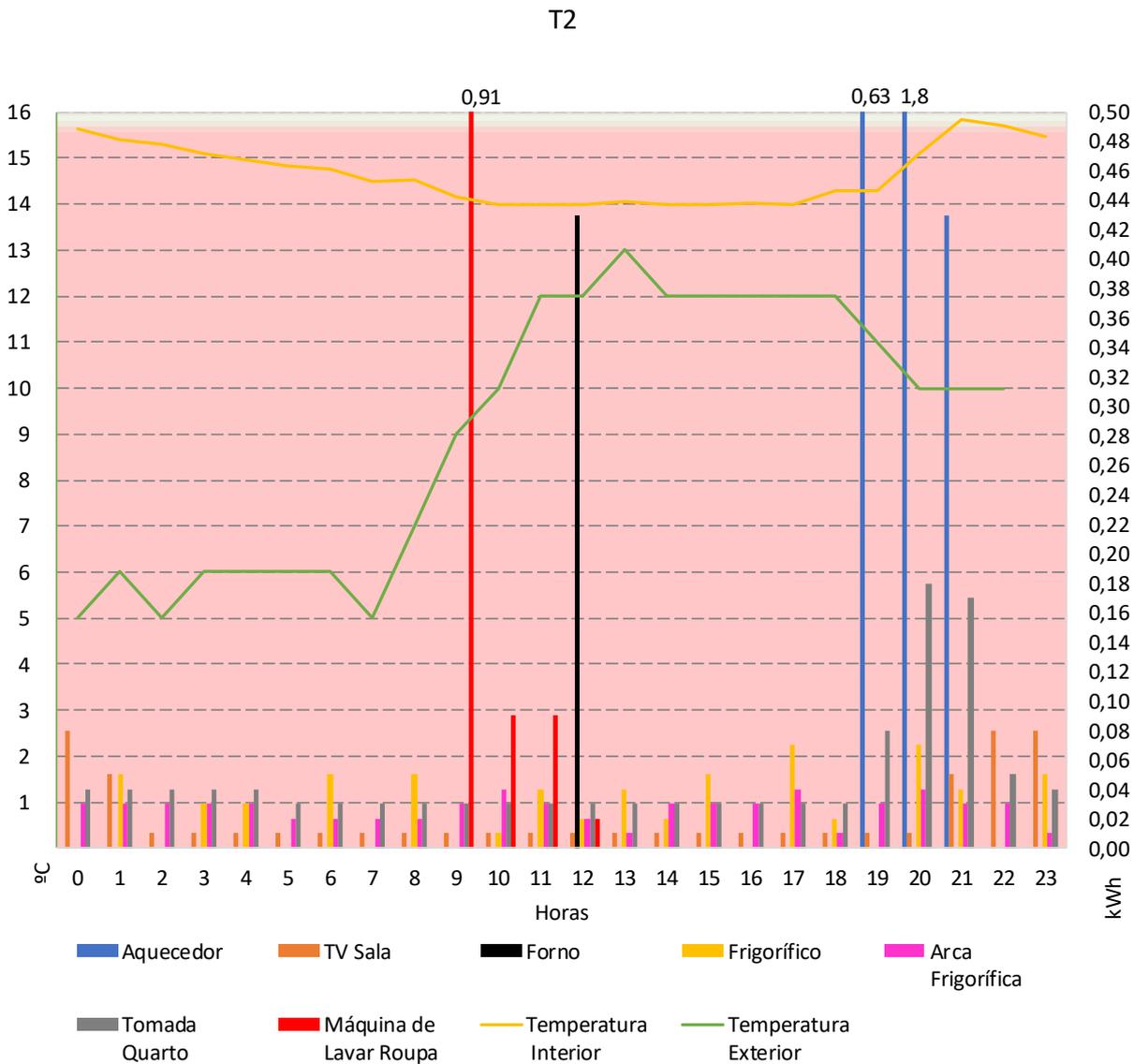


Figura 4.22 Consumos Hora a Hora e Temperaturas.

Para além desta análise mensal, é importante perceber em que horário esta família aquece mais o apartamento. Foi então elaborado um gráfico dos consumos hora a hora no dia 9 de março assinalado na Figura 4.22, de todos os equipamentos em estudo incluindo o consumo energético para aquecimento. Na Figura 4.22 podemos assim perceber não só os consumos em standby de alguns equipamentos co-

mo a televisão da sala, arca frigorífica, o frigorífico, bem como os consumos em pleno funcionamento dos equipamentos. Relativamente ao consumo de energia para aquecimento é de notar que a família aquece o apartamento durante o final da tarde ou seja, o após regresso a casa e mantem-se até as 21h, equivalente ao período antes de ir dormir.

Relativamente às temperaturas exteriores, podemos ver que existe uma grande amplitude térmica entre o dia e a noite, sendo que de noite as temperaturas rondam os 6°C e durante o dia as temperaturas chegam a atingir precisamente o dobro(12°C). Sendo um dia bastante frio podemos ver que existe uma descida gradual da temperatura durante a noite até de manha onde a temperatura se mantem constante nos 14°C até ao final de tarde onde volta a subir outra vez até aos 16°C muito provavelmente devido a insolação absorvida durante o dia e ao aquecimento estar ligado durante 2h neste mesmo dia.

#### 4.4.2.3. CUSTO TOTAL DE ENERGIA

Neste apartamento realizou-se a mesma análise do ponto de vista do custo total da energia. Para isso, analisaram-se as faturas mensais de eletricidade e gás (Garrafa Butano 13kg) de forma a obter o preço de cada fonte de energia. No caso da eletricidade, a família dispõe de um tarifário simples, com o preço de 0,1569€/kWh. Quanto ao gás de garrafa, durante o mês de março, esta família consumiu 1,2 botijas de gás (valor obtido através das medições ao longo do mês de março e abril) sendo que cada uma custa 25 €.

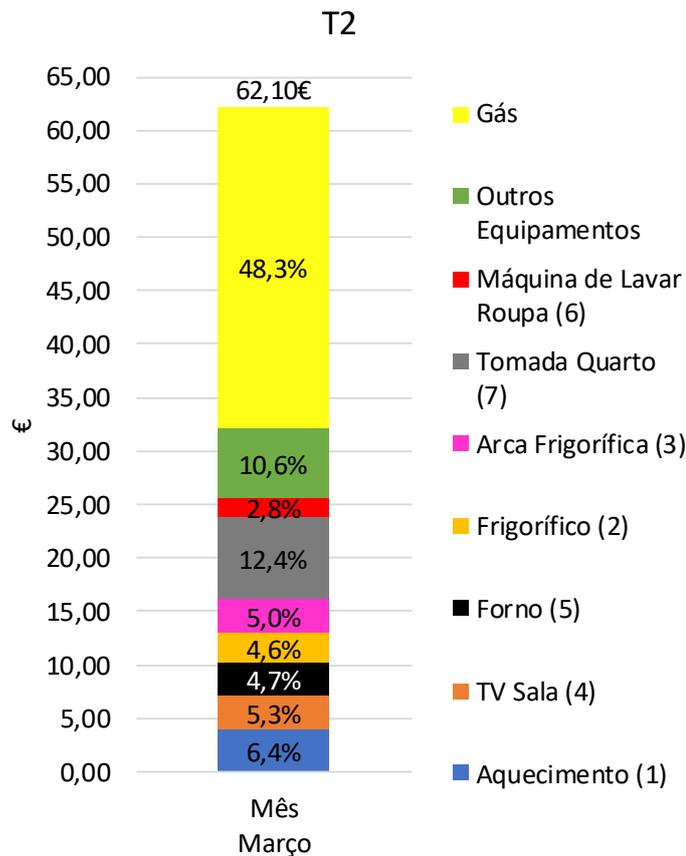


Figura 4.23. Despesa Mensal em Energia.

Os consumos para aquecimento representam 6,4% da despesa mensal em energia, ou seja, metade do consumo total Figura 4.20. Se compararmos este valor face à média nacional do estudo INE/DGEG 2010, pode-se perceber que esta família se situa bastante abaixo da média nacional de despesas para aquecimento (62 €/ano, Quadro 1), o que é uma situação completamente oposta à família do T2+1. Por outro lado, se comparar com a despesa média de eletricidade para aquecimento da Figura 3,5 os resultados são novamente dispersos, uma vez que, as famílias portuguesas gastam em média 31€ ano em energia para aquecimento, e esta família apenas num mês consome apenas um oitavo desse valor (Figura 4.23). Conclui-se assim, que a tarifa energética usada neste apartamento é adequada uma vez que os consumos são feitos durante o período diurno. Os valores de despesa para aquecimento, são inferiores há média nacional, o que volta a revelar diferenças nos hábitos de aquecimento das famílias portuguesas. Dos valores medidos, destaca-se o valor de energia gasta para aquecimento da águas sanitárias e placa do fogão que corresponde à parcela do gás na Figura 4.23 que representa metade da despesa total no apartamento.

#### 4.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

O “*Cloogy*” sistema desenvolvido pela VPS, apresenta uma série de potencialidades que se revelam bastante interessantes face às nossas necessidades do dia a dia. A monitorização do consumo global e individual (equipamento) de energia e controlo individual de cada equipamento, bem como a visualização da temperatura interior através do monitor e interface web, foram duas potencialidades exploradas ao longo do estudo realizado. Apesar do sistema se mostrar inovador e versátil também apresenta algumas desvantagens como o custo de obtenção.

Relativamente aos apartamentos em estudo, ambos se localizam na cidade de Santo Tirso de forma a manter as mesmas condições exteriores de temperatura e humidade. Durante o estudo foram medidos seis aparelhos no T2+1, e sete aparelhos no T2 durante o período entre o final do mês de fevereiro e o início do mês de maio.

Sobre os resultados observados podemos concluir do ponto de vista de interesse para o presente trabalho que é importante repetir o estudo com uma amostra maior de habitações, uma vez que os resultados são muito dispares. No apartamento T2+1, apresenta-se uma família com um perfil contínuo de aquecimento, mantendo a temperatura interior na zona de conforto térmico. Durante o mês de março esta família pagou trinta e cinco euros só para aquecimento ambiente, o que é um valor bastante superior à média nacional cerca de 9,25 €/mês, (Quadro 1). No apartamento T2, apresenta-se uma família com um perfil de aquecimento descontínuo aquecendo pontualmente. As temperaturas interiores situam-se ligeiramente abaixo da zona de conforto térmico quando os existem períodos frios, no entanto quando existe muita insolação verifica-se que a temperatura interior sobe bastante ultrapassando a zona de conforto térmico. Durante o mês de março esta família pagou quatro euros para aquecimento ambiente, valor significativamente baixo face à média nacional (9,25€/mês, Quadro 1). Relativamente ao objeto de estudo, ou seja, o consumo de energia para aquecimento numa habitação não foi possível encontrar qualquer relação nos dois apartamentos estudados. Isto revela não só os diferentes hábitos de aquecimento das famílias portuguesas, existindo famílias que toleram mais o frio do que outras bem como a disponibilidade monetária para o fazer uma vez que o preço kWh é dos mais caros da Europa. Desta forma seria importante refazer este estudo com uma amostra maior de habitações de forma a obter resultados que permitissem um tratamento estatístico do perfil de aquecimento nas habitações Portuguesas. Isto seria útil uma vez que permitiria em primeiro lugar avaliar o conforto das pessoas dentro das suas habitações, e por outro lado avaliar a eficiência energética do sistema de aquecimento usado.

# 5

## CONCLUSÕES

### 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo, são apresentadas todas as conclusões obtidas e as dificuldades encontradas ao longo da realização do presente estudo. São também referidos possíveis desenvolvimentos futuros, que permitem a continuação deste trabalho, e que contribuirão para o aumento do conhecimento científico desta área de estudo.

### 5.2. CONCLUSÕES

Depois de concluído o presente estudo, verifica-se que foram cumpridos os objetivos iniciais. Desde logo o conhecimento da momentos chave no grau de exigência imposto pela legislação de térmica a nível nacional. O conhecimento da informação disponibilizada pelos certificados energéticos destacando a meta de serem atingidos quase 1,5 milhões de certificados desde o início da implementação dos mesmos em 2007. O conhecimento dos consumos de energia no sector doméstico na Europa e Portugal, onde se conclui que Portugal é o segundo país da Europa que consome menos energia para aquecimento ambiente. Verificou-se que para regiões onde as temperaturas médias mensais nos períodos mais frios são baixas ( $<10$  °C), existe um aumento de mortalidade considerável face a zonas onde temperaturas médias mensais são amenas ao longo de todo o ano.

Em Portugal, o setor doméstico é responsável por consumir 17% da energia total, sendo que 21,5% destes 17 % correspondem à energia utilizada para aquecimento, representando assim 4% da energia total consumida. Existe uma elevada discrepância entre o consumo de energia esperado calculado através dos valores das necessidades nominais de energia para aquecimento, com os consumos reais de aquecimento.

O “*Cloogy*” permite a monitorização do consumo global e individual (equipamento) de energia e controlo individual de cada equipamento, bem como a visualização da temperatura interior através do monitor e interface *web*, revelando-se uma ferramenta futurista no mercado da internet das coisas. Relativamente às medições “*in situ*”, destaca-se o apartamento T2+1 com um perfil contínuo de aquecimento, mantendo a temperatura interior na zona de conforto térmico em que o consumo de energia no mês de março representa 64% da energia total consumida, valor coincidente com média Europeia. Sobre o apartamento T2, não existe um perfil de aquecimento contínuo, uma vez que a família residente aquece pontualmente, sendo que as temperaturas interiores se situam abaixo da zona de conforto térmico nos períodos frios. Existe assim uma grande heterogeneidade nos resultados obtidos, indicando diferenças consideráveis nos hábitos de aquecimento das famílias portuguesas. Para desenvolvimentos futuros, seria importante aumentar a amostra deste estudo, de forma, a obter resultados que

permitted a more in-depth statistical treatment of the heating profile in Portuguese dwellings. This would be useful, since it would first allow the assessment of the comfort of people in their dwellings by relating these values to those from the study carried out in the second chapter, and on the other hand to assess the energy efficiency of the heating system used, allowing precise conclusions to be drawn from the values of  $(N_{ic})$  analysed in the third chapter.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 800px-Europe\_Köppen\_Map.png (800×509) - 2018. Disponível em WWW:<URL:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9c/Europe\_K%C3%B6ppen\_Map.png/800px-Europe\_K%C3%B6ppen\_Map.png>.
- AdEPorto - 2011. Disponível em WWW:<URL:http://www.adeporto.eu/noticia\_detalhe.php?id\_noticia=163>.
- ANDRE MENDES - Diretiva 2018/844 altera as anteriores diretivas relativas à eficiência energética. Disponível em WWW:<URL:http://www.oelectricista.pt/2018/06/28/diretiva-2018-844-altera-as-antecedentes-diretivas-relativas-a-eficiencia-energetica/>.
- BOEMI, Sofia-Natalia; IRULEGI, Olatz; SANTAMOURIS, Mattheos - Energy Performance of Buildings: Energy Efficiency and Built Environment in Temperate Climates. [S.l.] : Springer, 2015. ISBN 978-3-319-20831-2.
- Cloogy - 2018. Disponível em WWW:<URL:https://www.facebook.com/cloogy/app/519984624691308/>.
- Cloogy - 2018. Disponível em WWW:<URL:https://www.cloogy.pt/pt-faq>.
- Cloogy - Fotos - 2018 . Disponível em WWW:<URL:https://www.facebook.com/pg/cloogy/photos/?ref=page\_internal>.
- CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - Francisco Passos - Adene, 2012. Disponível em WWW:<URL:https://pt.slideshare.net/construcaosustentavel/francisco-passos-adene-13305452>.
- Consumption of energy - Statistics Explained -2017. Disponível em WWW:<URL:http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption\_of\_energy#End-users.>.
- CURADO, António - Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados. Porto : FEUP, Jan. 2014
- DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia . Disponível em WWW:<URL:http://www.dgeg.gov.pt/>.
- DGEG - 2012. Disponível em WWW:<URL:http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?js=0&codigono=636364488499AAAAAAAAAAAA>.
- Energy - European Commission - 2017. Disponível em WWW:<URL:https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy.>.
- Weatherbase - 2018. Disponível em WWW:<URL:http://www.weatherbase.com/weather/country.php3?r=EUR&regionname=Europe>.
- Eurostat - 2017. Disponível em WWW:<URL:http://ec.europa.eu/eurostat>.
- FERREIRA, Lurdes - Rússia. Europa trabalha para ser menos dependente do gás russo e da Ucrânia 2014. Disponível em WWW:<URL:https://www.publico.pt/2014/03/16/mundo/noticia/europa-trabalha-para-ser-menos-dependente-do-gas-russo-e-da-ucrania-1628437>.

FONSECA, Sara - Caracterização do Consumo de Energia no Sector Residencial em Portugal.: IST, Nov. 2015

FRAGOSO, Rui - EU Energy Performance of Buildings Directive Implementation in Portugal Altis Grand Hotel Lisbon, Jun. 2015.

Google Maps - Disponível em WWW:<URL:<https://www.google.com/maps>>.

LOURENÇO, Deonilde - Certificação energética dos edifícios. Proteste 401 • maio 2018. 2018).

MARCO AIRES - Viabilidade da Aplicação do Conceito NZEB à Reabilitação de Conjuntos Habitacionais em Países do Sul da Europa. FEUP, Jun. 2015 Mestre em Engenharia Civil-Especialização em Construções.

MARTINS, Publicado Por Carlos, 2013. Disponível em WWW:<URL:<https://abertoatedemadrugada.com/2013/08/cloogy-disponivel-na-worten.html>>.

NUNES, Flávio - Sabugueiro. Uma aldeia futurista no topo da Serra da Estrela 2016. Disponível em WWW:<URL:<https://observador.pt/2016/03/02/sabugueiro-aldeia-inteligente-no-topo-da-serra-da-estrela/>>.

PACHECO, Sara - Avaliação Pós-Ocupação do Conforto Térmico em Edifícios sob Gestão Municipal: FEUP, 2017

QUERCUS - Os portugueses vivem com frio dentro de suas casas 2017. Disponível em WWW:<URL:<http://www.quercus.pt/comunicados/2017/dezembro/5489-os-portugueses-vivem-com-frio-dentro-de-suas-casas>>.

Statistics Explained -2016. Disponível em WWW:<URL:[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main\\_Page](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page)>.