



**Caracterização do Consumo de Energia no Sector Residencial em
Portugal**

Sara Mendonça Barbosa Jesus Fonseca

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientador: Professor Doutor Carlos Augusto Santos Silva

Júri

Presidente: Professor Doutor Tiago Delgado Domingos

Orientador: Professor Doutor Carlos Augusto Santos Silva

Vogal: Professor Doutor André Alves Pina

Novembro 2015

Ao meu Pai, presto-lhe aqui uma homenagem, e dedico-lhe este trabalho, pois para mim estará sempre presente.

Agradecimentos

Ao longo da realização da presente dissertação e, em geral, ao longo do meu percurso no IST, a presença e apoio de determinadas pessoas constituiu um auxílio fundamental. Por essa razão, gostava de expressar os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor Carlos Silva, pela sua disponibilidade para me orientar neste trabalho e pelo seu constante optimismo e entusiasmo em relação ao mesmo.

Ao Engenheiro Henrique Pombeiro, pela disponibilização, da melhor forma possível, dos dados relativos ao projecto *A Sua Casa, A Sua Energia*, que contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

À minha família, pois a eles devo, sobretudo, a minha formação como pessoa. À minha mãe e à minha avó, por todo o carinho e apoio incondicional. Aos meus tios, não apenas por terem sido bases fundamentais na minha formação, mas por serem responsáveis pela concretização desta graduação, e, sobretudo, por me terem proporcionado mais do que alguma vez poderia ser expectável.

Ao meu namorado, Tiago Freire, por todo o seu apoio, motivação e pela incessante confiança depositada em mim, que me ajudaram a superar os obstáculos pelos quais me fui deparando ao longo deste percurso. A sua presença tem sido de extrema importância.

Ao Pedro e à Sofia, meus amigos e colegas de curso, por terem sido uns autênticos companheiros no “*campo de batalha*”. Tudo se torna mais fácil quando temos alguém presente, lado a lado, com quem possamos partilhar todos os marcos deste percurso. Em especial, ao Pedro, por todo o apoio e prontidão para ajudar, nomeadamente nesta dissertação.

Aos restantes amigos que, mesmo apesar das minhas muitas ausências, sempre demonstraram o seu apoio ao longo de todo este percurso.

Abstract

In Portugal, the residential sector is responsible for 17% of the final energy consumption. Besides, it is also one of the major final-use contributors to greenhouse gas emissions (19% of the total emissions in the European Union).

Moreover, the increasing number of electronic appliances and their usage time, the increment of thermal comfort needs, the vulnerability to the main energy sources (such as natural gas and electricity) growing prices and the insecurity of being highly dependent on other countries for energy supply, are some of the reasons that have lead this sector to strive for energy efficiency monitoring measures.

Over the last decade, several reports have been published, with results provided by studies about energy consumption in the residential sector. However, some of them lack consistency between different information sources. This is mainly caused by different methodologies used in data collection and by different levels of information detail.

This thesis aims to contribute for a detailed characterization of the energy consumption in the Portuguese residential sector. Therefore, energy consumption values by end-use and energy source were estimated based on comparison and inter-validation between data collected from different information sources.

The results obtained with the fore mentioned detail level were projected to national consumption values, in order to be compared to the final energy consumption of the domestic sector, published in the National Energy Balance. Considering that the estimated results do not present significant variance, it is possible to assume them to be representative of a detailed characterization of the residential sector consumption in Portugal.

Key-words: residential sector, final energy consumption, useful energy, Portuguese households' energy profile

Resumo

Em Portugal, o sector residencial é responsável por 17% do consumo final de energia. Devido à dependência de combustíveis fósseis, este sector é também dos que mais contribui com emissões de gases de efeito de estufa, representando 19% do total das emissões dos países da União Europeia. O aumento do número de alojamentos, bem como o crescimento do número de equipamentos eléctricos e do tempo de utilização e a exposição à instabilidade atribuída à dependência energética de fontes exógenas destacam-se entre os diversos factores que têm tornado o sector residencial um sector-alvo em relação à implementação e monitorização de medidas de eficiência energética.

Assim, ao longo da última década, têm surgido diversos relatórios que abordam o consumo de energia nas habitações portuguesas. Contudo, devido a diferentes metodologias na recolha de dados, bem como diferentes níveis de desagregação da informação, os resultados obtidos carecem de coerência entre as diferentes fontes de dados.

Esta dissertação pretende contribuir para uma caracterização detalhada do consumo de energia no sector residencial. Desta forma, com base no cruzamento dos dados das diversas fontes de informação, estimou-se o consumo, por fonte energética, associado a cada tipo de utilização final.

Os resultados obtidos para as estimativas com o nível de detalhe referido foram projectados para o panorama nacional, de modo a serem comparados com os valores de consumo de energia final, relativo ao sector doméstico, publicados no Balanço Energético Nacional. Uma vez que não se verificaram discrepâncias significativas, é possível aferir-se que os valores estimados no âmbito deste trabalho são representativos de consumos detalhados do sector residencial em Portugal.

Palavras-chave: sector residencial, consumo de energia final, energia útil, serviços de energia, perfil energético de habitações

Índice

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objectivos	4
1.3	Contribuições	4
1.4	Estrutura	5
2	Contextualização	7
2.1	Contexto Europeu	7
2.1.1	Políticas energéticas	7
2.1.2	Consumo de energia na União Europeia	7
2.1.3	Dependência energética	8
2.1.4	Consumo de energia no sector residencial	9
2.2	Energia em Portugal.....	12
2.2.1	Instrumentos de eficiência energética	14
2.3	Importância da eficiência energética no sector residencial.....	18
2.3.1	Desafios à execução do potencial de eficiência energética	18
2.3.2	Recomendações de análise estatística de energia no sector residencial.....	20
2.4	Estudos sobre o consumo no sector residencial nacional	24
2.4.1	Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial (EEESE)	24
2.4.2	REMODECE	24
2.4.3	EcoFamílias	25
2.4.4	Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico (ICESD)	26
2.4.5	EnergyProfiler	27
2.4.6	A Sua Casa, A Sua Energia	29
2.4.7	FROnT	29
2.4.8	Caracterização do conforto térmico e da lacuna nominal de aquecimento do edificado residencial a partir de dados da EPBD: o caso de Portugal Continental	30
2.4.9	Projecções da procura de serviços de energia (ESD) nos edifícios residenciais: Introspecções de uma abordagem bottom-up	31
3	Caracterização do sector residencial em Portugal	32
3.1	Descrição do edificado nacional	33
3.1.1	Parque de equipamentos de aquecimento	35
3.1.2	Zonamento climático e requisitos térmicos da envolvente	37
3.2	Descrição e distribuição dos certificados energéticos	38
4	Desagregação dos consumos de energia	40
4.1	Consumo de energia final por fonte	42
4.2	Consumo por serviço de energia	46

4.2.1	Aquecimento ambiente.....	50
4.2.2	Arrefecimento ambiente.....	53
4.2.3	AQS.....	54
4.2.4	Iluminação.....	56
4.2.5	Cozinha.....	57
4.2.6	Equipamentos eléctricos.....	58
4.2.7	Consumos em modo <i>standby</i> e <i>offmode</i>	59
4.3	Sumário de resultados.....	60
4.3.1	Aquecimento ambiente.....	60
4.3.2	Arrefecimento ambiente.....	61
4.3.3	AQS.....	62
4.3.4	Iluminação.....	63
4.3.5	Cozinha.....	63
4.3.6	Equipamentos eléctricos.....	64
5	Caracterização dos consumos de energia no sector residencial.....	66
5.1	Consumo de energia por alojamento.....	67
5.1.1	Habitação perfil 1.....	67
5.1.2	Habitação perfil 2.....	68
5.1.3	Habitação perfil 3.....	68
5.1.4	Habitação perfil 4.....	69
5.1.5	Habitação perfil 5.....	70
5.1.6	Habitação perfil 6.....	71
5.2	Indicadores nacionais de consumo energético.....	72
6	Conclusões.....	74
	Referências.....	76
	ANEXOS.....	79
	Anexo A: Alojamentos familiares clássicos ocupados como residência habitual.....	79
	Anexo B: Eficiência dos sistemas de climatização e de AQS.....	80
	Anexo C: Dados <i>A Sua Casa, A Sua Energia</i>	81
	Anexo D: Dados de consumos de equipamentos.....	86
	Anexo E: Desagregação dos consumos de electricidade.....	90
	Anexo G: Factores de emissões de CO ₂	93

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Recomendações de elevada prioridade da <i>Task Force 2008</i>	22
Tabela 2 - Descrição e caracterização dos perfis de consumidores domésticos, com base em factores psicossociais (adaptado de [38]).....	28
Tabela 3 – Tipo de informação dos estudos sobre o consumo energético no sector residencial.....	41
Tabela 4 - Intervalo de valores do consumo médio anual por alojamento (kWh/aloj) por fonte de energia.	45
Tabela 5 - Dados do consumo médio anual por alojamento (kWh/ano) e peso (%) de cada tipo de utilização no consumo eléctrico.....	47
Tabela 6 - Estimativas do consumo associado à utilização de aquecimento eléctrico.	52
Tabela 7 - Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/aloj) dos sistemas de aquecimento.	60
Tabela 8 – Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/aloj) dos sistemas utilizados para arrefecimento.	61
Tabela 9 - Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/aloj) dos sistemas de produção de AQS.	62
Tabela 10 – Valores de energia fornecida e de energia útil (kWh) para alojamentos que utilizam o sistema solar térmico.....	63
Tabela 11 - Valores de consumo de energia por alojamento associado à iluminação.	63
Tabela 12 – Consumo anual de energia por alojamento, por tipo de fonte, associado à utilização de equipamentos para cozinhar.	64
Tabela 13 – Valores de consumos de energia por alojamento associados aos equipamentos eléctricos.....	65
Tabela 14 - Consumos médios anuais (kWh por alojamento) das principais fontes de energia.....	72
Tabela 15 – Valores de consumos nacionais projectados por tipo de fonte, emissões de CO ₂ associadas e a variação percentual (%) em relação aos valores do BEN.	73

Lista de figuras

Figura 1 – Uso de energia evitado através de eficiência energética em 11 países membros da AIE [2].	1
Figura 2 – Peso de cada fonte de energia na produção total de electricidade, EU-28 (% do total TWh) [4].	2
Figura 3 – Emissões de GEE por sector nos países membros da UE-27, 2010 (milhões de toneladas de CO ₂ equivalente) [8].	2
Figura 4 - Variação de preços da electricidade e do gás natural por componente no sector doméstico e no sector industrial, Portugal [4].	3
Figura 5 - Evolução do Consumo Interno Bruto de Energia na UE (adaptado de [19]).	8
Figura 6 - Distribuição do consumo de energia final nos Países Membros da UE, 2013 (adaptado de [14]).	9
Figura 7 - Emissões de GEE por sector (em Tg de CO ₂ equivalente) [8].	10
Figura 8 - Repartição de poupança energética por sector [27].	11
Figura 9 – Evolução do consumo de energia em Portugal (adaptado de [30]).	12
Figura 10 - Evolução dos indicadores Produção Doméstica e Saldo Importador em Portugal (adaptado de [10]).	13
Figura 11 – Consumo de energia final por sector de actividade (adaptado de [30]).	13
Figura 12 - Consumo de energia final por tipo de fonte no sector residencial em Portugal (adaptado de [30]).	14
Figura 13 - Edifícios por época de construção (adaptado de [36]).	33
Figura 14 - Necessidades de reparação dos edifícios de cada época de construção (adaptado de [36]).	34
Figura 15 - Principais materiais utilizados no revestimento por época de construção (adaptado de [36]).	35
Figura 16 - Principais materiais utilizados na cobertura de edifícios por época de construção (adaptado de [36]).	35
Figura 17 - Número de alojamentos por tipo de aquecimento e por fonte de energia utilizada (adaptado de [36]).	36
Figura 18 – Peso das fontes energia na proporção de alojamentos com aquecimento (adaptado de [36]).	36
Figura 19 - Alojamentos familiares por principal tipo de aquecimento e por NUTS II (adaptado de [36]).	37
Figura 20 - Zonas climática de Inverno (I1, I2 E I3) e de Verão (V1, V2 e V3) de Portugal Continental [47].	37
Figura 21 - Percentagem de edifícios existentes e edifícios construídos após a implementação do Regulamento SCE, por classificação energética, em 2012 (adaptado de [50]).	39
Figura 22 - Esquema ilustrativo das etapas de desagregação dos consumos de energia.	40
Figura 23 - Peso das fontes de energia nos alojamentos.	42
Figura 24 - Consumo anual de energia final por alojamento por tipo de fonte (kWh/aloj).	43
Figura 25 - Consumo médio anual de electricidade por alojamento (kWh/aloj).	44
Figura 26 - Representação esquemática da abordagem utilizada na desagregação do consumo por utilização final e por fonte de energia.	46
Figura 27 – Esquema do método iterativo utilizado na desagregação do consumo de energia utilizado para Aquecimento, Arrefecimento e AQS.	49
Figura 28 - Esquema do método iterativo utilizado na desagregação do consumo de Gás Natural, GPL Canalizado, Propano e de Butano Garrafa, por alojamento (a partir dos dados EFII).	50

Figura 29 – Peso (%) dos principais sistemas de aquecimento nos alojamentos.	50
Figura 30 - Peso das diferentes fontes de energia para produção de AQS.	54
Figura 31 – Peso (%) dos equipamentos utilizados para produção de AQS.	55
Figura 32 - Taxa de posse de cada tipo de lâmpada nos alojamentos.	57
Figura 33 - Taxa de posse (%) dos equipamentos utilizados para cozinhar.	57
Figura 34 - Taxa de posse dos equipamentos eléctricos por alojamento.	58
Figura 35 - Consumo (kWh por alojamento por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 1.	67
Figura 36 - Consumo (kWh por alojamento por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 1.	68
Figura 37 – Consumo (kWh por alojamento) por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 3.	69
Figura 38 - Consumo (kWh por alojamento) repartido por serviço de energia numa habitação perfil 4.	69
Figura 39 - Consumo de energia final (kWh por alojamento) de sistemas de caldeira.	70
Figura 40 - Consumo (kWh por alojamento) por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 5.	70
Figura 41 – Consumo (kWh por alojamento) repartido por serviço de energia numa habitação de perfil 6.	71

Lista de Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AIE	Agência Internacional de Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASCASE	A Sua Casa, A Sua Energia
BEN	Balanço Energético Nacional
CIBE	Consumo Interno Bruto de Energia
DGEG	Direcção-Geral de Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
EEESE	Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial
EF225	EcoFamílias225
EFII	EcoFamílias II
EEESE	Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial
FRONt	Fair Renewable Heating and Cooling Options and Trade
GEE	Gases de efeito de estufa
GPL	Gás de petróleo liquefeito
ICESD	Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico
INE	Instituto Nacional de Estatística
LED	Light Emitting Diode
LFC	Lâmpada Fluorescente Compacta
PIB	Produto Interno Bruto
REMODECE	Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
Tg	Teragramas
UE	União Europeia

1 Introdução

1.1 Motivação

O sector residencial representa uma proporção considerável do consumo energético; segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), este sector representa um quarto do consumo energético final total dos países-membros [1].

Por outro lado, o contributo da eficiência energética é hoje em dia um factor significativo no mercado da energia: permite não só reduzir a procura de energia primária mas, conjuntamente, contribuir para a poupança económica. De facto, o investimento em eficiência energética atingiu, em 2011, 300 mil milhões de dólares americanos, enquanto o consumo cumulativo de energia que foi evitado permitiu a poupança de cerca de 420 mil milhões na factura energética [2]. Na Figura 1 está representada a evolução das principais fontes de energia usadas nos países membros da AIE, assim como o uso hipotético de energia, em caso de ausência de melhorias na eficiência energética.

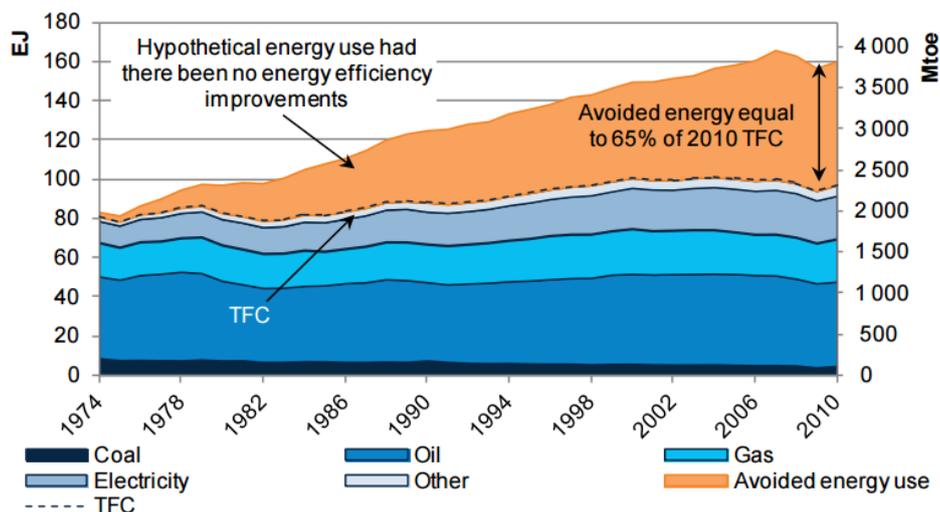


Figura 1 – Uso de energia evitado através de eficiência energética em 11 países membros da AIE [2].

A nível europeu, o sector dos edifícios representa cerca de 40% de energia primária e as medidas de eficiência energética poderão contribuir para a redução deste consumo em mais de 50%, diminuindo as emissões de dióxido de carbono até 400 milhões de toneladas anuais [3].

O consumo referido é responsável por 41.8% consumo de energia final do gás natural, 19.3% do uso de combustíveis fósseis e 30% no uso da electricidade [4]. O sector habitacional, em conjunto com o sector de serviços, é também dos que mais contribui para o aumento do consumo de electricidade na UE [5]. Na Figura 2 estão representadas as proporções de cada fonte energética para a produção total de electricidade na UE, onde se observa que metade é dependente de combustíveis fósseis.

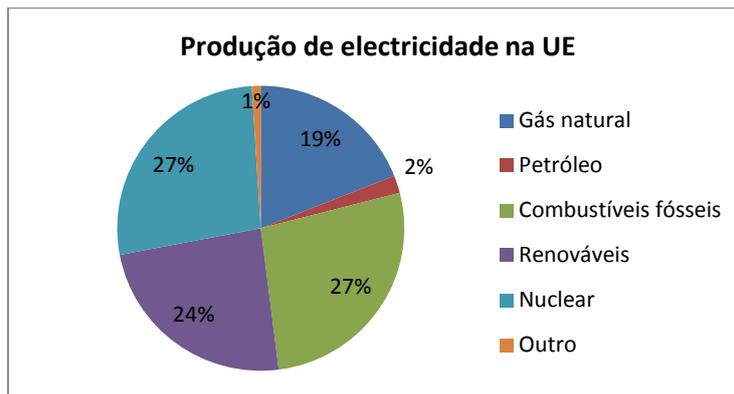


Figura 2 – Peso de cada fonte de energia na produção total de electricidade, EU-28 (% do total TWh) [4].

Por isso, a dependência de combustíveis fósseis continua a ser considerável, sendo que em Portugal representa 74% da energia primária e 70% da energia final [6]. As preocupações em torno deste aspecto focam-se não apenas no consumo de energia, mas também nas advenientes emissões de gases com contribuição para o efeito de estufa (GEE). Estas emissões têm associações directas na temperatura global e consequentes alterações climáticas, com diversos possíveis impactos negativos nos ecossistemas [7]. Na Figura 3 encontra-se representada a distribuição a quantidade de GEE associados aos diversos usos finais de energia dos países da UE-27, em 2010 [8].

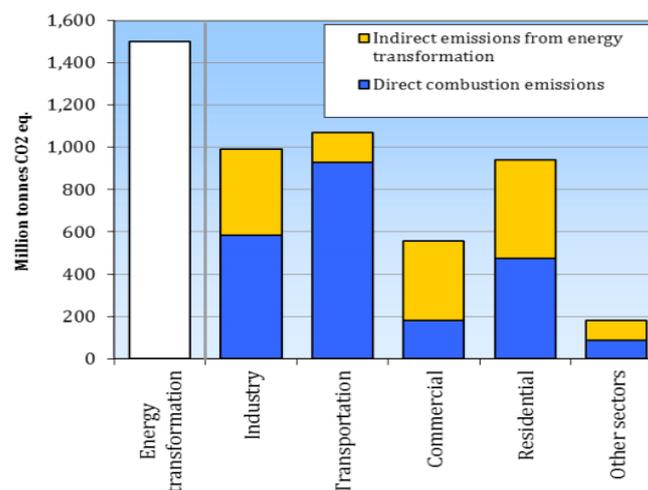


Figura 3 – Emissões de GEE por sector nos países membros da UE-27, 2010 (milhões de toneladas de CO₂ equivalente) [8].

Observa-se que o sector residencial é dos que mais contribui com emissões, sendo o sector que ocupa o terceiro maior peso, representando 19% do total das emissões de GEE dos países da EU-27 [9]. Não obstante, os combustíveis fósseis são considerados recursos não renováveis à escala humana, pelo que são susceptíveis de se esgotar num espaço de tempo de décadas. Como tal, têm sido efectuados diversos estudos e subsequentes planeamentos estratégicos no sentido de minimizar o consumo de energia e aumentar a eficiência energética, nomeadamente no sector residencial.

Em Portugal, o sector residencial representa o terceiro lugar (com uma contribuição de 17%) no consumo total de energia final, sendo que os sectores mais consumidores são os transportes (36%) e indústria (31%) [10]. A principal fonte de energia utilizada nas habitações portuguesas é a electricidade, com um peso de aproximadamente 43% [11]. Também a nível nacional, o investimento em fontes de energia renováveis tem

vido crescente mas o ritmo desacelerou nos últimos anos e a actual cobertura (em 2013 a contribuição foi de 24% do consumo da energia primária e 29% da energia final) [6] não é ainda suficiente para tornar o País independente de fontes energéticas exógenas.

Além dos nefastos efeitos associados ao uso de combustíveis fósseis, Portugal carece deste tipo de recursos, o que estimula uma elevada dependência da importação de energia primária do exterior [10]. Embora tenha vindo a diminuir ao longo dos últimos anos [10], a dependência energética em 2014 é ainda de 71%, valor que se situa razoavelmente acima da média da UE [12]. A nível europeu, tem sido defendida a *moderação* da procura de energia como uma das ferramentas mais eficazes para atingir a redução da dependência energética externa e a exposição à subida de preços. [13]. Na Figura 4 estão representados os preços unitários da electricidade e do gás natural por componente no sector doméstico e no sector industrial em Portugal, em 2008 e 2012.

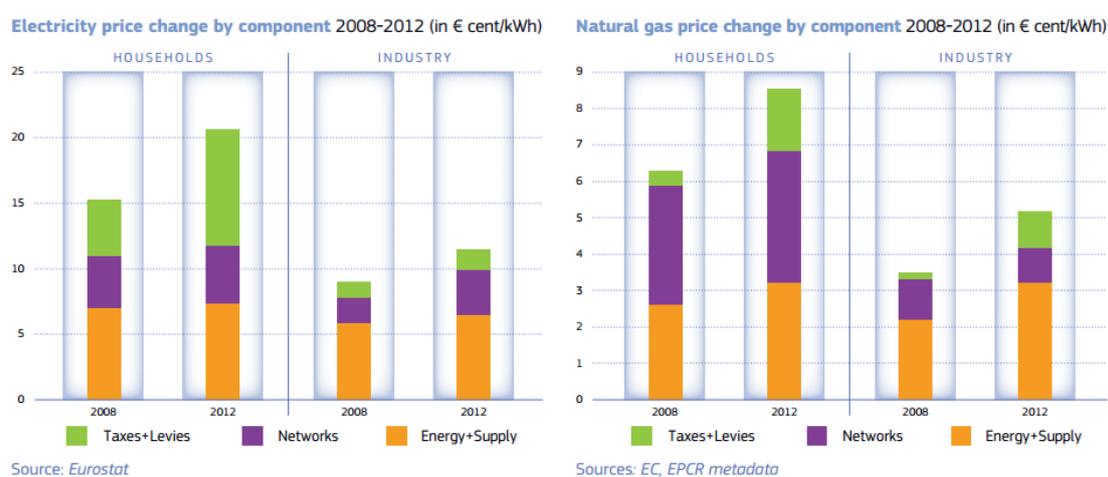


Figura 4 – Preços de electricidade e do gás natural, por componente, no sector doméstico e no sector industrial em Portugal, em 2008 e 2012 [4].

Os preços da electricidade e do gás natural para os consumidores portugueses têm aumentado consideravelmente nos anos recentes. No sector doméstico, o preço da electricidade sofreu um aumento médio anual de 7.8% entre 2008 e 2012; relativamente aos preços do gás natural, estes são dos mais elevados da Europa (0.0836 EUR/kWh) [4].

Apresentados os factos acima referidos, torna-se relevante o aumento da eficiência energética em Portugal, não apenas no sentido da racionalização dos recursos, devido à conjuntura económica e financeira do País, mas também para diminuir os impactos negativos no ambiente.

Até ao momento, diversos protocolos e acordos têm sido efectuados a nível internacional no sentido da incrementação de medidas para redução de emissões de GEE para a atmosfera e na eficiência energética. A UE tem investido em várias iniciativas com a finalidade de diminuir a procura de energia, bem como desassociar esta procura do desenvolvimento económico e aumentar a eficiência no uso de energia. Assim, foram implementados diversos instrumentos de regulamentação e medidas, como a promoção de co-geração, o desempenho energético dos edifícios e a etiquetagem energéticas dos equipamentos domésticos [14].

Por conseguinte, também a nível nacional têm sido divulgadas diversas políticas energéticas, onde são delineadas estratégias de modo a implementar medidas eficazes e são estipulados regulamentos que obrigam

a requisitos mínimos de eficiência. Contudo, para estabelecer estratégias e atingir as metas estabelecidas, é necessário ter conhecimento concreto da situação real e actual, de forma a propor e rever melhores medidas possíveis que possam levar ao cumprimento dos objectivos estabelecidos.

Globalmente, embora tenha sido considerável o interesse desenvolvido em torno da eficiência energética, o real impacto ficou aquém das expectativas, sendo que houve uma falha, em mais 50%, do impacto da eficiência energética previsto para a procura global de energia ao longo dos últimos 20 anos [1]. A maior razão apontada que justifica esta falha nos objectivos está na ausência de dados apropriados, nos quais possam ser construídos indicadores consistentes [1]. Assim, tem-se tornado imperativo o conhecimento exacto do consumo de energia em cada sector, com um nível de desagregação considerável.

Nos últimos anos têm surgido várias fontes de dados que abordam o consumo no sector residencial em Portugal, promovidos por entidades como Instituto Nacional de Estatística (INE), Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Agência para a Energia (ADENE), QUERCUS, entre outras. No entanto, a informação disponível nestas e outras fontes apresentam algumas inconsistências, sendo que muitas vezes os desvios encontrados poderão ser justificados por diferentes metodologias utilizadas, diferentes anos de realização e falta de representatividade de algumas amostras.

Assim, é necessário realizar um estudo sistemático de cruzamento entre as diversas fontes de informação de forma a tentar caracterizar de forma mais detalhada possível o consumo de energia no sector residencial que possa servir de instrumento para o planeamento das medidas de eficiência energética mais adequadas para o sector em Portugal.

1.2 Objectivos

Como referido, a informação disponível nas diversas fontes de recolha de dados relativa ao consumo de energia no sector residencial carece, na sua maioria, de consistência entre as mesmas. Desta forma, é difícil caracterizar efectivamente o potencial de eficiência energética e quantificar quais as melhores estratégias para a promoção de eficiência energética eficaz.

O objectivo desta dissertação é caracterizar detalhadamente o consumo de energia no sector residencial português com base no cruzamento de dados das diversas fontes, comparação e análise das mesmas.

1.3 Contribuições

Apesar da informação disponível de diversas fontes, os relatórios resultantes apresentam resultados distintos que levam muitas vezes a conclusões contraditórias. Estima-se que o sector dos edifícios, a nível europeu, é o que apresenta a maior lacuna entre potencial de eficiência realizado, em relação ao projectado para 2035 [15]. Assim, tem-se tornado imperativo o conhecimento exacto da quantidade de energia que é consumida em cada sector. No sector residencial, é necessário ter conhecimento da quantidade de energia requerida para uso final

dos equipamentos eléctricos, sistemas de climatização, aquecimento de água, iluminação e restantes subsectores, a partir dos quais possam ser construídos indicadores energéticos consistentes.

Esta dissertação pretende contribuir para a consolidação e homogeneização do conhecimento relativo ao consumo detalhado do sector residencial, especificando as categorias anteriormente designadas.

Desta forma, o trabalho desenvolvido contribui para a validação de dados relativos ao consumo de energia deste sector, incluindo os dados estipulados nas etiquetas energéticas de vários equipamentos.

1.4 Estrutura

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis principais capítulos:

- 1) O capítulo 1 apresenta a motivação para a realização desta dissertação, bem como o principal objectivo da realização do mesmo.
- 2) O capítulo 2 contextualiza o tema do trabalho no âmbito geral, como o consumo global de energia na Europa e respectivos impactos associados, as políticas de intervenção e, em particular, a importância do sector residencial bem como dos indicadores energéticos aferidos.
- 3) O capítulo 3 contém a caracterização do sector residencial em Portugal, focando-se a evolução das principais características do edificado nacional e a distribuição dos certificados energéticos.
- 4) No capítulo 4 inclui-se a descrição das metodologias utilizadas na desagregação de consumos, bem como um sumário de resultados para cada categoria.
- 5) O capítulo 5 apresenta os resultados finais da caracterização do consumo de energia no sector residencial, incluindo o consumo por serviço de energia e por tipo de fonte para habitações típicas;
- 6) O capítulo 6 apresenta as conclusões gerais deste trabalho.

2 Contextualização

Neste capítulo, é efectuada uma abordagem à importância do consumo de energia e dos principais constrangimentos associados. É seguida a contextualização do consumo de energia no sector residencial, assim como dos problemas associados à efectiva caracterização do mesmo que se pretendem ultrapassar. Não menos importante, são referidos e sintetizados os estudos que serviram como base à metodologia da presente Dissertação.

2.1 Contexto Europeu

2.1.1 Políticas energéticas

As políticas energéticas da União Europeia têm sido conduzidas por três objectivos dominantes: segurança no fornecimento de recursos energéticos, aprovisionamento dos mesmos de acordo com as necessidades e assegurar que os fornecedores de energia operem num ambiente competitivo e, não menos importante, o consumo de energia sustentável, através da redução da dependência dos combustíveis fósseis e emissões de GEE e outros poluentes [16].

Assim, uma das prioridades da União Europeia, assente na Estratégia Energia 2020, é alcançar o desenvolvimento sustentável através de uma economia hipocarbónica. Os objectivos desta Estratégia incluem a redução de, pelo menos, 20% de emissões de GEE em relação aos valores de 1990, uma contribuição de 20% das renováveis no consumo final bruto da UE e uma redução de 20% no consumo de energia primária relativamente à projecção do consumo para 2020 a partir do aumento de eficiência energética [17]. Recentemente, as prioridades energéticas foram revistas e foram estabelecidas novas metas para 2030, baseadas no *Pacote Clima e Energia* [16]:

- Pelo menos 40% de reduções nas emissões de GEE, em relação aos valores 1990;
- Pelo menos 27% de renováveis no mix de energia;
- Aumento da eficiência energética em pelo menos 27%, a ser revista em 2020;
- 15% de interconexão eléctrica entre os Países Membros, em relação à capacidade total de produção eléctrica instalada.

Entre as prioridades estabelecidas no âmbito da Estratégia 2020, refere-se o aumento da eficiência energética através do aceleramento de investimento em edifícios e produtos eficientes, que inclui as medidas de etiquetagem energética, renovação dos edifícios e requisitos de Eco-design no desenvolvimento de produtos [16].

As principais preocupações que conduzem ao estabelecimento dos objectivos, implementação de instrumentos de medidas e frequente monitorização e revisão dos mesmos focam-se na elevada dependência energética externa, na escassez de recursos fósseis face à crescente procura (que leva ao aumento de preços) e ainda à contribuição para as alterações climáticas e poluição associadas aos mesmos [16].

2.1.2 Consumo de energia na União Europeia

Os dados dos Estados Membros da UE relativos ao consumo interno bruto de energia (CIBE) não mostram alterações significativas nos últimos 10 anos, sendo que em alguns países tem mesmo vindo a sofrer uma

quebra contínua [14]. Contudo, esta evolução poderá reflectir a crise económica e financeira da qual tem resultado um baixo nível de actividade económica em detrimento de alterações no padrão de consumo de energia por via da implementação de medidas de eficiência energética [18]. De facto, verifica-se que os países em que se observa decréscimos consecutivos do consumo nos últimos anos têm apresentado igualmente reduções no Produto Interno Bruto (PIB) [18]. Por outro lado, os Estados Membros que contribuem com as percentagens mais elevadas do consumo de energia da EU-28 apresentam uma evolução positiva do PIB. Mais especificamente, em Portugal, verifica-se uma diminuição do consumo energético desde 2010 (uma redução de 6% na energia primária e de 14,3% na energia final) que poderá ser, em parte, atribuída à regressão económica manifestada nos últimos anos [10]. Na Figura 5 está representada a evolução do CIBE na UE, bem como das diversas fontes de energia.

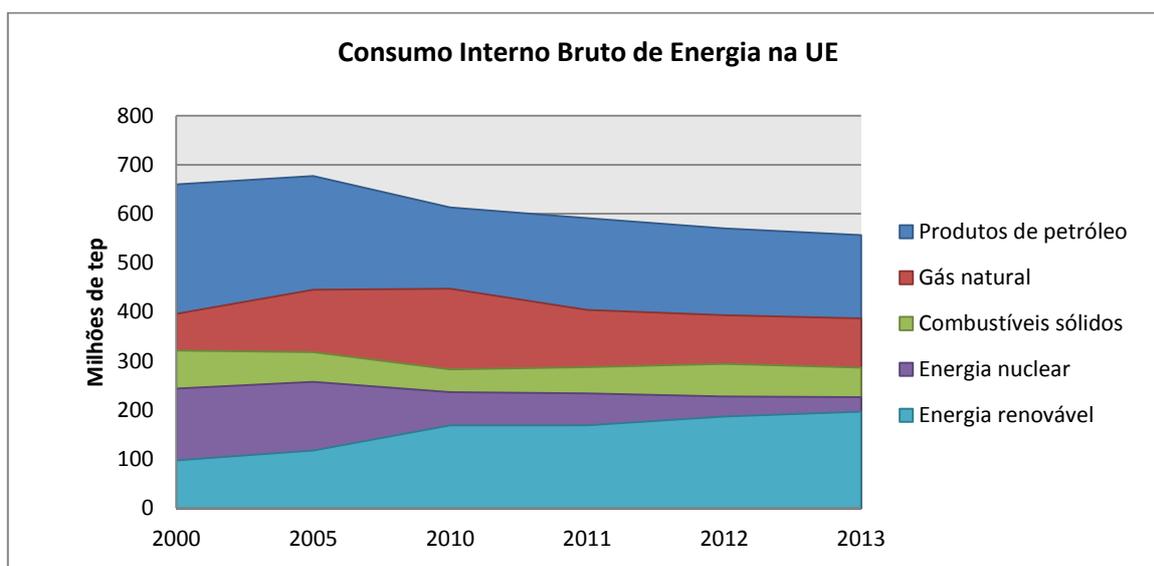


Figura 5 - Evolução do Consumo Interno Bruto de Energia na UE (adaptado de [19]).

O CIBE representa a quantidade de energia necessária para satisfazer o consumo interno de uma determinada entidade geográfica em consideração, incluindo o consumo do sector de energia, perdas de distribuição e transformação, consumo de energia final, uso não-energético e diferenças estatísticas [19]. Relativamente à evolução do consumo de produtos derivados do petróleo, observa-se um decréscimo gradual entre 1990 e 2013. É ainda verificada uma quebra na partilha combinada dos produtos de petróleo e combustíveis sólidos em cerca de 15% em relação ao ano de 1990, resultado da redução da dependência dos combustíveis mais poluentes. Inversamente, os recursos energéticos renováveis aumentaram quatro vezes a sua percentagem no CIBE também em relação a 1990, apresentando um peso actual de 11.8% [9].

2.1.3 Dependência energética

A dependência energética mede a proporção do valor de importações necessário em relação às necessidades energéticas. Os países da EU-28 apresentam uma dependência energética de 53% [12], o que significa que mais de metade da energia consumida é importada. O principal recurso responsável por estas importações é o petróleo (acima de 90% do seu consumo é importado), seguindo-se o gás natural (66%), combustíveis sólidos (42%) e combustíveis nucleares (40%) [13]. O total representa uma factura superior a mil milhões de euros por dia [20]. Esta elevada dependência de energia torna os países vulneráveis a disrupções causadas por razões

políticas ou económicas ou falhas de infra-estrutura, principalmente aqueles que dependem de apenas um fornecedor externo [17]. Dada a diminuição da produção doméstica de combustíveis fósseis da EU, a AIE prevê um aumento nas importações de gás entre 2020 e 2030 e uma estabilização da importação do petróleo [21]. Tendo em consideração os factores mencionados, a Comissão Europeia estipulou a Estratégia de Segurança Energética [13]. Entre as várias medidas propostas para garantir a segurança no fornecimento de energia, incentiva-se o cumprimento rigoroso da Directiva Eficiência Energética e da Directiva Desempenho Energético dos Edifícios (descritas na secção seguinte) bem como o reforço do apoio financeiro e regulamentar para acelerar a taxa de renovação dos edifícios e a melhoria da implementação dos sistemas de aquecimento urbano no âmbito da medida de moderação da procura energética. A implementação de um maior desenvolvimento das tecnologias energéticas também poderá beneficiar a eficiência energética dos edifícios, através da oferta de soluções mais eficientes e rentáveis [13].

2.1.4 Consumo de energia no sector residencial

O consumo de energia final (que exclui a energia usada para produção e perdas nos processos de transformação) dos Países Membros representa cerca de dois terços do CIBE, sendo que os sectores dominantes são o de transportes, residencial e indústria [14], como se pode observar na Figura 6.

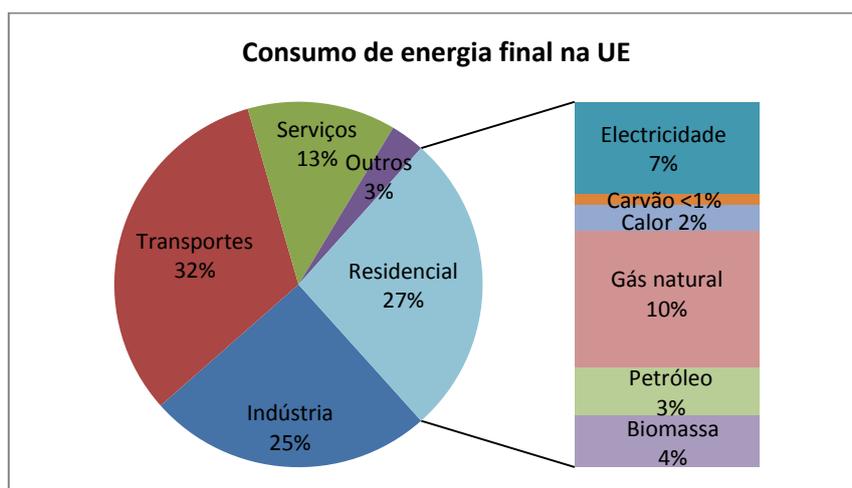


Figura 6 - Distribuição do consumo de energia final nos Países Membros da UE, 2013 (adaptado de [14]).

O sector residencial tem um consumo final de energia de 307.8 Mtep [22], sendo a electricidade e o gás as principais fontes energéticas. A maioria das medidas de redução da procura de energia e de promoção da eficiência energética têm como alvo os sectores de energia final, sendo 55-58% da redução do consumo de energia projectada nestes sectores [23]. Neste âmbito, as mais recentes legislações europeias são as seguintes:

- Directiva 2010/30/EU relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos (reformulação);
- Directiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação);
- Directiva 2012/27/EU relativa à eficiência energética que altera as Directivas n.ºs 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Directivas n.ºs 2004/8/CE e 2006/32/CE.

A primeira estabelece requisitos de rotulagem e de indicações uniformes relativas ao consumo de energia dos produtos e, em alguns casos, de outros recursos essenciais durante a utilização, com o objectivo de dar ao utilizador final a possibilidade de escolher os produtos mais eficientes [24]. A segunda veio complementar a promoção do desempenho energético dos edifícios, estabelecendo requisitos referentes à metodologia de cálculo do desempenho energético e à aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios [25]. A terceira tem como principal objectivo atingir 20% de eficiência energética até 2020, estabelecendo aos Países Membros requisitos para o uso de energia mais eficiente em toda a cadeia energética, desde a sua produção até ao consumo final [26]. Esta nova Directiva relativa à eficiência energética acoplou o *Plano de Acção para a Eficiência Energética 2011*, estabelecendo o objectivo fundamental da redução de energia primária em 20%. Este inclui um conjunto de medidas para a promoção de eficiência energética e estabelece que cada estado membro deverá igualmente estabelecer os seus próprios objectivos e submeter um Plano de Acção Nacional para a Eficiência em 2014, 2017 e 2020 [22]. Estes requisitos exigem um conhecimento aprofundado do uso final nos diversos sectores, por forma a monitorizar a evolução para os referidos objectivos.

Contudo, a informação detalhada relativa ao uso final de energia oscila consideravelmente entre vários países, nomeadamente em relação ao nível de detalhe de informação bem como das práticas estatísticas e metodológicas [22]. Esta questão é abordada em mais detalhe na secção 2.3.2.

Relativamente às emissões de GEE, a Agência Europeia do Ambiente observa que o sector residencial é um dos que mais contribui. Na Figura 7 observa-se a evolução de emissões de GEE dos países da UE de cada sector, entre 2005 a 2010 [8].

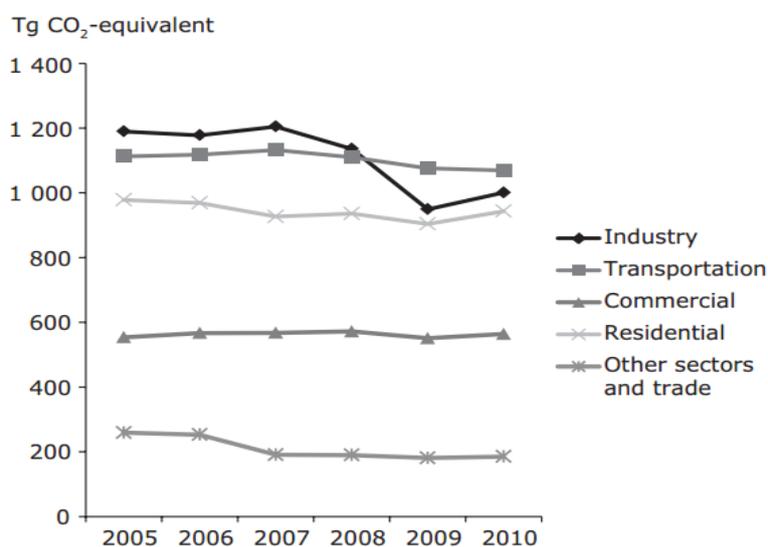


Figura 7 - Emissões de GEE por sector (em Tg de CO₂ equivalente) [8].

Em 2010, o sector residencial foi o segundo sector com maior taxa de crescimento de emissões desde 2009, logo atrás da indústria. Este acentuado aumento foi justificado pelas baixas temperaturas verificadas no Inverno de 2010, que contribuiu para o aumento da procura de energia para aquecimento das habitações. O

carvão e o gás foram os principais recursos utilizados para produção de energia primária e mais de 60% do aumento das emissões directas do sector residencial foram atribuídas ao uso do gás [8].

Como referido, o maior potencial de poupança energética projectado é para o sector dos edifícios. Um dos estudos que evidencia este potencial analisou a poupança energética proveniente de cada sector, inferida a partir das medidas políticas notificadas [27]. A Figura 8 mostra as percentagens de poupanças energéticas de cada sector.

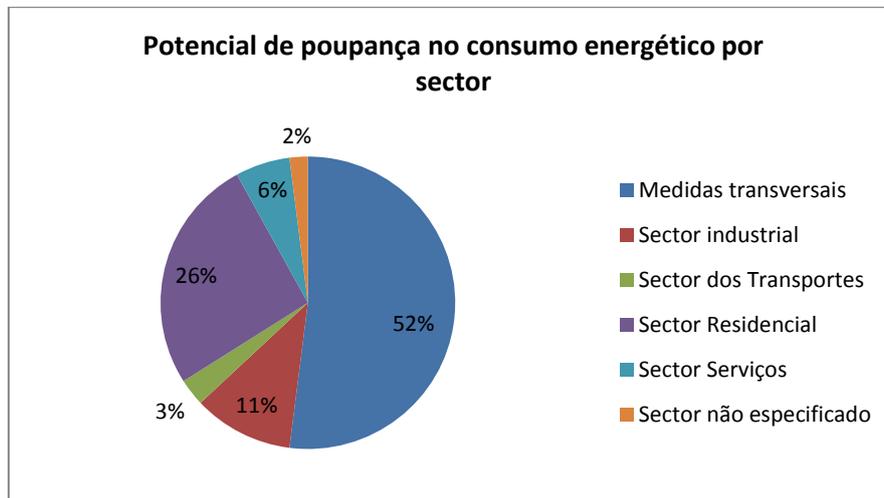


Figura 8 - Repartição de poupança energética por sector (adaptado de [27]).

A maior percentagem de poupança é obtida através de medidas transversais a mais do que um sector (por exemplo, taxas, regulamentos aplicados a edifícios domésticos e não-domésticos e incentivos financeiros a vários sectores). Em relação à poupança obtida a partir de medidas com apenas um sector-alvo, o sector residencial é o que tem mais peso no potencial de poupança energética global [27].

2.2 Energia em Portugal

O consumo de energia em Portugal tem vindo a diminuir gradualmente desde 2005, destacando-se uma redução mais acentuada em relação ao consumo de energia final a partir de 2010. Na Figura 9 observa-se a evolução do consumo de energia primária e de energia final, desde 2000 até 2014.

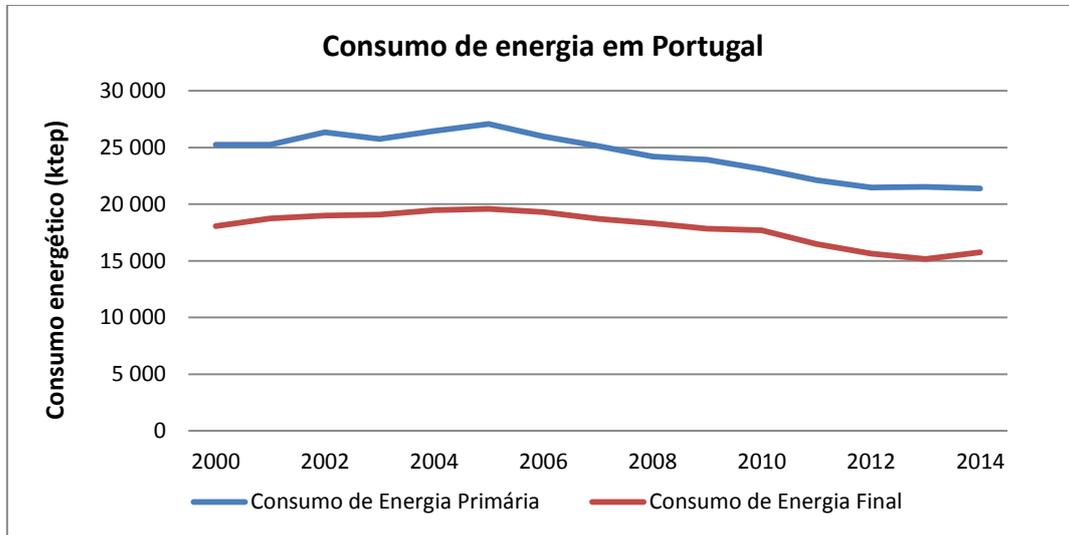


Figura 9 – Evolução do consumo de energia em Portugal (adaptado de [29]).

Em 2014, à semelhança de anos recentes, voltou a verificar-se uma queda no consumo, sendo que o decréscimo da energia primária é fundamentado, não só pela redução do consumo de energia final, mas também pelo aumento da produção hidroelétrica (na ordem de 11%) [30]. Em contraste, o pico máximo de energia primária em 2005 corresponde ao ano em que o Índice de Produtibilidade Hídrico (IPH) teve o valor mais baixo da década.

Relativamente aos recursos energéticos, destaca-se a redução do consumo de energia primária proveniente do petróleo e do gás natural, em cerca de 10% e 7.5% respectivamente [30]. Ainda assim, regista-se um valor superior a 70% no consumo de fontes de energia fósseis para energia primária. Este peso maioritário no consumo provoca uma elevada dependência energética, devido à inexistência deste tipo de recursos [10].

No entanto, tem sido verificada uma redução gradual da dependência energética [10], destacando-se o valor mais baixo (71%) registado no último ano (2014), obtido pela diminuição de 9% no saldo importador dos produtos energéticos (sobretudo gás natural e petróleo), em relação a 2013 [30]. Este decréscimo da dependência energética de recursos exógenos é fundamentado através da eficiência energética e do investimento em fontes de energia renováveis [10]. Além disso, as reduções nos consumos de energia primária e de energia final são também apontadas como resultado, não apenas do impacto das medidas de eficiência adoptadas, mas também da recessão económica que alterou os padrões nacionais de consumo [28].

Relativamente à produção doméstica, observa-se na Figura 10 a evolução da produção doméstica de energia bem como o seu peso no consumo de energia primária cuja evolução varia inversamente ao saldo importador.

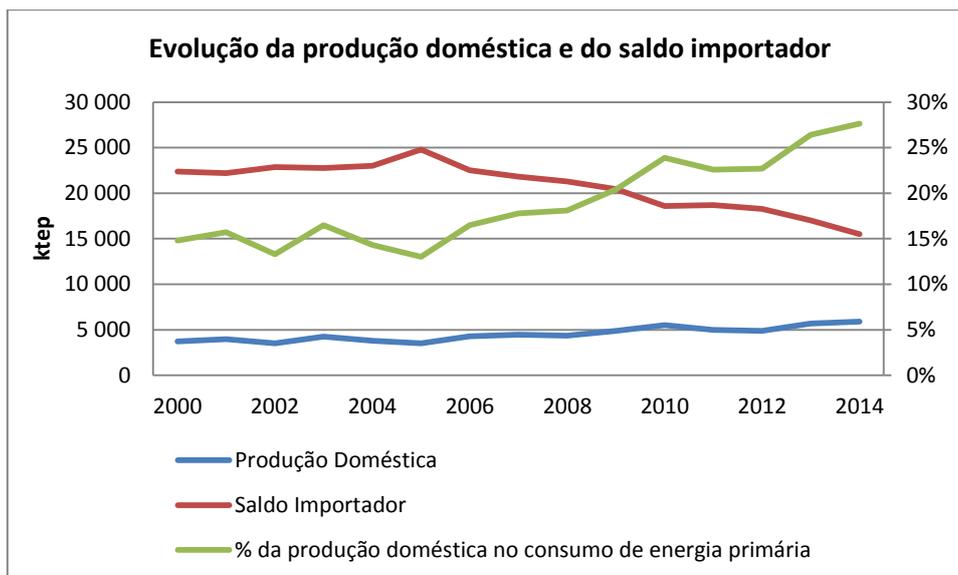


Figura 10 - Evolução dos indicadores Produção Doméstica e Saldo Importador em Portugal (adaptado de [10]).

A Produção Doméstica de energia tem evoluído positivamente nos últimos anos, como resultado de uma maior contribuição das energias renováveis endógenas, entre as quais se destaca a energia hídrica e eólica para a produção de electricidade [10]. Contudo, sendo a energia hídrica dependente do regime hidrológico, o mesmo pode influenciar negativamente a sua produção em anos secos, como já foi verificado [10].

Do mesmo modo, também se acompanha um decréscimo das emissões de GEE, sendo que em 2012 se verificou uma redução da intensidade carbónica (ton CO₂/tep) de 5.3% face ao valor de 1990. Este indicador é definido pelo rácio entre as emissões totais de GEE resultantes do consumo de energia e o consumo de energia primária [10].

Relativamente aos sectores de consumo final, observa-se na Figura 11 a predominância da indústria, transportes e residencial ao longo dos anos, sem alterações significativas das suas proporções. No entanto, salienta-se taxas de crescimento médias anuais negativas no período 2004-2013, para o sector dos transportes (-2,6%), indústria (-3,3%), doméstico (-2,0%) e serviços (-3,2%) [28].

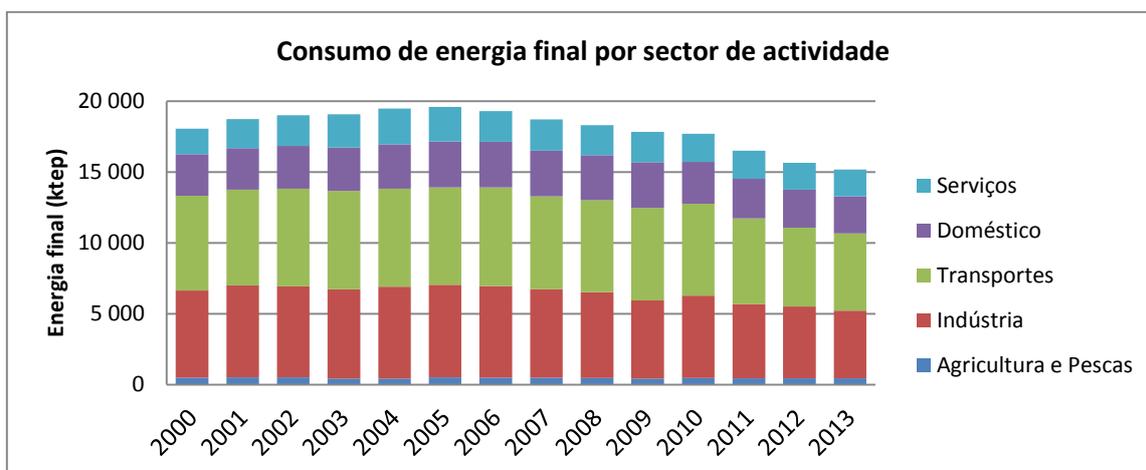


Figura 11 – Consumo de energia final por sector de actividade (adaptado de [29]).

Na Figura 12 consta a evolução do consumo de energia final no sector residencial por tipo de fonte. A construção do gráfico foi baseada em dados dos Balanços Energéticos Nacionais (BEN), disponibilizados pela DGEG.

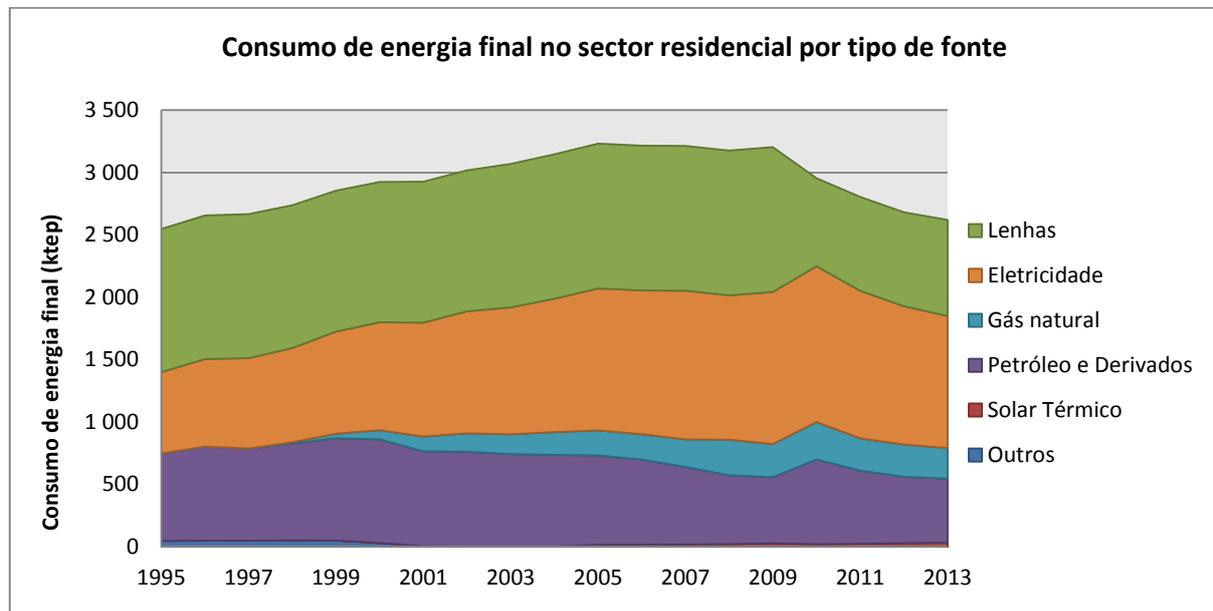


Figura 12 - Consumo de energia final por tipo de fonte no sector residencial em Portugal (adaptado de [29]).

É possível observar uma constante evolução do consumo de energia final no sector residencial, desde 1995 até 2009, sendo que o consumo de electricidade é o maior contributo dessa evolução. Destaca-se ainda a evolução do gás natural, cujo consumo atingiu 300 ktep em 2010. A partir de 2010 e até 2013, observa-se uma notável descida (superior a 500 ktep) do consumo total. Nesta diminuição do consumo global, destaca-se a lenha como a fonte de energia com o maior decréscimo (cerca de 400 ktep). É ainda de notar que, em 2010, ocorreu uma alteração na metodologia de contabilização de lenhas no consumo final do sector residencial, como resultado do estudo realizado abordando o consumo de energia neste sector [11].

2.2.1 Instrumentos de eficiência energética

Neste subcapítulo são referidos alguns instrumentos de eficiência energética tendo como alvo os sectores de energia final, nomeadamente o sector residencial. Estes instrumentos inserem-se nas estratégias europeias relativas à energia, bem como as metas estabelecidas a nível nacional. As prioridades neste âmbito, tanto a nível nacional como europeu, são a redução da dependência energética do exterior, garantir a competitividade económica e a segurança de abastecimento de recursos energéticos [29].

No âmbito das metas da estratégia europeia para 2020, foram estabelecidos para Portugal os seguintes objectivos: reduzir em 25% o consumo de energia primária; 31% de fontes renováveis do consumo final bruto de energia e de 10% na energia utilizada nos transportes. Em simultâneo, pretende-se reduzir a dependência energética do país e garantir a sua competitividade económica, bem como da segurança de abastecimento de recursos energéticos [29].

2.2.1.1 Etiquetagem energética

O principal objectivo da etiqueta energética é fornecer, no local de venda, a informação sobre a eficiência energética dos produtos, possibilitando a escolha mais eficiente por parte do consumidor. Desta forma, pretende-se incentivar a eficiência energética, através da promoção da utilização dos equipamentos eléctricos mais eficientes. A primeira legislação nacional com referência à etiquetagem energética foi o DL nº 41/94, de 11 de Fevereiro, que transpôs a Directiva do Conselho 92/75/CEE de 22 de Setembro relativa à indicação do consumo de energia dos aparelhos domésticos por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos. Assim, a etiquetagem energética desenvolvida pela União Europeia fornece informação sobre os aparelhos que estão nos pontos de venda, nomeadamente a classe do equipamento numa escala de A a G, sendo a letra A representativa do produto mais eficiente e G do pior, e a indicação do valor do consumo de energia do respectivo produto.

A Directiva 2010/30/UE de 19 de Maio, relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos, vem revogar a anterior Directiva, acima referida. As mudanças introduzidas destacam-se pela promoção dos produtos que têm um menor impacto no ambiente, em detrimento de outros da mesma categoria, através do fornecimento de informação aos consumidores e conselhos cientificamente validados acerca dos produtos. A nível nacional, a recente Directiva foi transposta, definindo-se etiquetas para cada tipo de equipamentos: Frigoríficos e Arcas Congeladoras, Máquinas de Lavar Roupas, Máquina de Secar Roupas, Combinados de Lavar e Secar Roupas, Máquinas de Lavar Louça, Aparelhos de Ar Condicionado, Fornos Eléctricos, Lâmpadas, Televisores. Ainda se encontra em estudo a Etiquetagem Energética para outro tipo de equipamentos, como as Caldeiras de Água Quente [29].

2.2.1.2 Certificação Energética dos Edifícios

O actual Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) aprovado pelo Decreto-lei 118/2013, de 20 de Agosto, transpôs para ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético nos edifícios. A transposição para o direito nacional actualizou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, e veio restabelecer condições que proporcionem uma melhor aplicação do sistema de certificação energética e respectivos regulamentos. Desta forma, a revisão da legislação nacional para o SCE conteve ainda a inclusão do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) no mesmo diploma. Os últimos substituem o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), respectivamente.

O principal objectivo é, com base nas várias medidas aprovadas, caminhar no sentido da melhoria da eficiência energética do edificado nacional e criar instrumentos e metodologias de suporte à definição de estratégias, planos e mecanismos de incentivo à eficiência energética.

No caso de edifícios de habitação, os objectivos focam-se no comportamento térmico e na eficiência dos sistemas. A nova versão SCE, além de rever os requisitos de qualidade térmica, introduz requisitos sujeitos a padrões de eficiência energética mínima para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, bem como os sistemas de climatização de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis e de gestão de energia.

No âmbito da promoção das fontes de energia renovável, a instalação de sistemas solares térmicos é obrigatória para fornecimento de águas quentes sanitárias (AQS), sempre que haja exposição solar adequada e também estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência. Foi também implementado o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, o qual passará a constituir o padrão para a nova construção, num futuro próximo (3 a 5 anos), no caso de edifícios novos de entidades públicas, ou para aqueles sujeitos a grandes intervenções.

É ainda de referir o reconhecimento do certificado SCE como certificação técnica e a sua obrigatoriedade para todos os edifícios novos ou edifícios ou fracções, em condições de venda, arrendamento ou sujeitos a grandes intervenções.

2.2.1.3 Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) foi revisto, para o período 2013 - 2016, com o fim de projectar novas acções e metas para 2016, integrando os novos objectivos da Directiva Eficiência Energética (Directiva n.º 2012/27/UE), relativamente à redução de energia primária para o horizonte de 2020. Este Plano substitui o primeiro PNAEE (para o período de 2008-2015), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio, em seguimento da Directiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. Neste âmbito, foi criado no primeiro PNAEE o Fundo de Eficiência Energética (DL nº 50/2010), com o objectivo de financiar os programas e as medidas previstas no referido Plano.

O novo PNAEE foi integrado em conjunto com o Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER), através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril, de forma a enquadrar o alinhamento dos respectivos objectivos. O PNAEE segue três eixos de actuação: acção, monitorização e governação. Desta forma, pretende-se adequar medidas, cujo efeito seja a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética, rever os métodos de monitorização de resultados seguindo as recomendações europeias e criar uma visão macro do impacto do programa nacional de eficiência energética, bem como operacionalizar o Fundo de Eficiência Energética e redefinir o modelo de governação do PNAEE.

O PNAEE 2016 abrange seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. A área de Residencial e Serviços integra os seguintes programas de melhoria da eficiência energética:

- a. *Renove Casa e Escritório*, que inclui um conjunto de medidas de modo a potenciar a eficiência energética na iluminação, electrodomésticos e reabilitação de espaços;
- b. *Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios*, que obriga a que os edifícios novos ou grandes reabilitações de edifícios alcancem quotas mínimas por classes eficientes (B- a A+);

- c. *Integração de fontes de Energia Renováveis Térmicas/Solar Térmico*, relativo às medidas dirigidas à promoção de uma maior integração de fontes de energia renovável nos edifícios e equipamentos residenciais e de serviços.

Em 2014, as poupanças de energia final e de energia primária eram de 371 147 tep e 267 008 tep, respectivamente, correspondendo a 42% das metas estabelecidas para 2016 [31].

2.2.1.4 PPEC

O Plano de Promoção Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica (PPEC), promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), teve como objectivo a promoção de medidas que contribuíssem para a eficiência no consumo de energia eléctrica, através da promoção de acções destinadas aos consumidores dos diferentes sectores [29]. As melhores medidas propostas pelos promotores são seleccionadas através das candidaturas em conformidade com as Regras do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica aprovadas no âmbito do Regulamento Tarifário. Estas medidas podem ser tangíveis (obtenção de reduções mensuráveis no consumo, através de, por exemplo, instalação de equipamentos com um nível superior ao *standard* do mercado) ou intangíveis (através da promoção de mudanças comportamentais, no sentido do uso mais eficiente da energia eléctrica). A ERSE e a DGEG efectuem uma avaliação da lista de medidas vencedoras nas perspectivas da regulação económica e da política energética, respectivamente.

O PPEC 2013-2014 aprovou 70 medidas, que estão a ser implementadas e permanecerão até 2034. O resultado esperado é evitar cerca 1 785 GWh de consumo acumulado.

2.2.1.5 Smart grids e smart metering

Smart grids são redes de energia em que se monitorizam automaticamente os fluxos de energia, com capacidade de se ajustar a alterações no fornecimento e na procura de energia [32]. Em conjunto com os *smart meters* (contadores electrónicos com características em conformidade com as Directivas 2009/72/CE e 2009/73/CE), conferem vantagens para consumidores e fornecedores, por providenciarem informação do consumo em tempo real, em detrimento das estatísticas mensais ou anuais, que são baseadas em valores estimados [33]. Assim, os consumidores podem adaptar o seu uso de energia de acordo com os diferentes preços ao longo do dia [32]. Desta forma, reduzem a despesa energética pelo facto de reduzirem o consumo dos períodos de pico [32]. Por outro lado, permite ao fornecedor fazer uma previsão da procura de energia baseada em dados reais, permitindo a prevenção de situações de excesso ou de baixa produção de energia em relação à procura [33]. Outra vantagem relevante, derivada da possibilidade de desagregação de consumos de água e gás, é a caracterização com um nível pormenorizado da eficiência dos equipamentos existentes nas habitações [33].

2.3 Importância da eficiência energética no sector residencial

Tendo em consideração os capítulos anteriores, o sector residencial é um sector-alvo a ser monitorizado em termos de desempenho de medidas implementadas, devendo-se principalmente ao seguintes factores [14], [17], [22], [34]:

- Peso corrente de quase 27% do consumo final de energia da EU;
- Crescimento do número de alojamentos e aumento da sua área;
- Aumento das exigências de conforto térmico interior;
- Crescimento do número de aparelhos electrónicos e do aumento do número de horas de utilização;
- Exposição ao aumento de preços das principais fontes de energia mais utilizadas (como o gás natural e electricidade) e influência no uso de energia, que afecta o fornecimento de recursos energéticos (a nível de dependência e de segurança) e impactes ambientais.
- Efeitos negativos na dependência e nível de segurança de abastecimento energético;
- Produção de energia a partir de recursos fósseis com consequentes impactes ambientais.

2.3.1 Desafios à execução do potencial de eficiência energética

Além dos factos referidos, o sector residencial é considerado um dos alvos principais de diversos instrumentos de promoção de eficiência energética devido ao seu estimado potencial. No entanto, apesar dos esforços manifestados de modo a diminuir a procura de energia e do aumento da eficiência, constata-se a existência de algumas barreiras que impedem a execução completa do potencial previsto. Desta forma, apresentam-se de seguida os principais obstáculos encontrados, a vários níveis [34], [35].

- Financeiro: período de retorno do investimento, incerteza da relação custo/benefício. De um modo geral, os equipamentos mais eficientes são mais caros e os consumidores não têm uma noção exacta do período de amortização.
- Técnico: qualidade de construção e de reabilitação do edificado existente. Este factor influencia consideravelmente as perdas de energia de um edifício ou de uma habitação, desempenhando um papel determinante no consumo energético e medidas neste âmbito têm, geralmente, períodos de retorno de investimento muito longos (décadas).
- Regulação: desenvolvimento e implementação de políticas e informação aos principais *stakeholders*.

Apesar da importância das políticas e medidas propostas ser reconhecida, no sector residencial distingue-se a relevância dos consumidores que influenciam directamente a procura de energia. Sendo reconhecido como um *stakeholder* complexo, principalmente devido à dificuldade de previsão de resposta a determinados factores, o comportamento dos consumidores e a melhor forma de o integrar nas abordagens de políticas tem sido alvo de diversos estudos. A falta de informação também é um dos factores apontados, implicando que a eficiência não seja suficientemente valorizada de forma a motivar a mudança de hábitos [34].

Têm sido analisadas várias possíveis soluções (a nível financeiro, técnico, comportamental e político), por diversos autores, para ultrapassar as barreiras mencionadas, das quais que são identificadas as seguintes [1], [34], [35]:

- Continuar a implementação da etiquetagem energética, por ter vindo a demonstrar resultados positivos;
- Uso de subsídios e sinais de preços para incentivar os investimentos em eficiência energética;
- Desenvolver e usar tecnologia de modo a incentivar o comportamento de poupança energética e combinar os avanços tecnológicos com incentivos aos consumidores, de modo a permitir uma entrada mais rápida no mercado das tecnologias mais eficientes;
- Diminuir os valores mínimos de *standby* permitidos nos novos equipamentos;
- Mobilização para uma cultura energeticamente consciente.

Contudo, de acordo com a AIE, uma das principais razões que explicam a lacuna entre as intenções e efectivas acções é a falta de dados adequados nos quais possam ser baseados indicadores apropriados [1]. A inexistência destes indicadores coloca então uma barreira a uma rigorosa avaliação da situação actual. Recursos, *know-how* e práticas inadequadas são, na maioria das vezes, apontadas como estando na base dessa falha [1].

Por vezes, a análise de eficiência energética é feita com base no indicador de intensidade energética (IE) dos países, que é definida como o rácio entre o consumo anual de energia primária e o PIB. Contudo, deverá ser tido em consideração o facto de que um valor reduzido de intensidade energética não significa necessariamente uma elevada eficiência energética [1], uma vez que factores como a estrutura da economia, dimensão geográfica do país e o clima influenciam consideravelmente este indicador [13]. Como tal, um país baseado em serviços com um clima ameno terá certamente uma IE inferior à de um país desenvolvido industrialmente com um clima frio, mesmo que o segundo seja mais eficiente no uso de energia [1]. Os indicadores de eficiência energética requerem um nível mais desagregado de informação, como por exemplo o consumo de energia para aquecimento por unidade de área [1]. O conhecimento estabelecido através de dados de qualidade tem sido considerado uma condição essencial para a definição de recomendações através da combinação de medidas de eficiência (a nível de equipamentos, por exemplo) bem como de práticas comportamentais.

Pelas razões mencionadas, tem sido efectuado investimento na recolha das melhores práticas usadas globalmente, de modo a auxiliar a recolha adequada de dados. Desta forma, destacam-se dois manuais, realizados no âmbito da AIE e da UE, respectivamente:

- *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics* (OCDE/AIE, 2014) aborda várias práticas de recolha de dados, aplicadas mundialmente, nos vários sectores de consumo energético, com a finalidade de recomendar os melhores indicadores a serem construídos;
- *Manual for statistics on energy consumption in households* (UE, 2013) incita o melhoramento do conhecimento e informação disponível acerca do sector residencial. Este estudo insere-se no trabalho desenvolvido pelo Eurostat no sentido de seguir as instruções do Regulamento Europeu, melhorando a informação disponível do consumo de energia nos vários sectores, cobrindo as fontes e usos principais.

Como foi abordado anteriormente, é necessária a existência de indicadores consistentes, baseados em dados estatísticos de qualidade. O reconhecimento deste aspecto não é recente e, por isso, a maioria dos países desenvolvidos possui dados estatísticos confiáveis, a partir do desenvolvimento da transparência dos balanços

de energia, com a finalidade de medição do fornecimento de energia e auxílio na monitorização das políticas [22] referidas na secção 2.1.1. Um dos principais objectivos das estatísticas de energia UE é a produção e fornecimento de informação de qualidade e precisa, incluindo a produção doméstica de energia para fornecimento ao utilizador final, bem como as balanças comerciais e transformação e distribuição de energia [22]. De um modo geral, a evolução das políticas incutem precisamente o acesso a informação detalhada sobre a eficiência energética, emissões associadas ao consumo e produção de energia, energias renováveis, custos com a energia, dependência energética e competitividade económica [22]. Estes requisitos estão especialmente presentes no âmbito da Estratégia Europeia 2020 e nos instrumentos associados, como a Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE, e a nova Directiva relativa à eficiência energética, referida na secção 2.1.4.

Além disso, de forma a colmatar as lacunas na informação estatística e melhorar a qualidade da mesma, o Regulamento (UE) 431/2014 da Comissão de 24 de abril de 2014 que altera o Regulamento (CE) 1099/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo às estatísticas da energia, no que se refere às estatísticas anuais sobre o consumo de energia no sector doméstico estabelece um quadro comum para a produção, transmissão, avaliação e disseminação das estatísticas da Comunidade Europeia. Os balanços energéticos nacionais seguem este regulamento. É ainda requerido que o Eurostat e os Estados Membros examinem em conjunto a possibilidade de melhorar o conhecimento acerca do consumo final de energia, através da análise da situação corrente, metodologias usadas a nível nacional e europeu de forma a providenciar relatórios de dados estatísticos de qualidade [22].

2.3.2 Recomendações de análise estatística de energia no sector residencial

2.3.2.1 *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics* [1]

O conceito de indicador de eficiência energética começa por ser abordado, tendo em consideração que a definição de eficiência energética usada é “*using less energy to provide the same service*”. Os indicadores de eficiência energética podem ser bastante agregados (por exemplo, consumo de energia dos equipamentos) ou desagregados (como o consumo médio de aquecimento por área de superfície de alojamentos que usam gás natural para aquecimento). Por exemplo, o peso do sector residencial no consumo final de energia é um indicador de elevado nível de agregação, bem como o consumo *per capita*, por alojamento ou por área de superfície. Estes permitem efectuar comparações entre países ao longo do tempo, mas não devem ser analisados como indicadores de eficiência energética.

Relativamente à recolha de dados, uma das sugestões é começar por identificar as prioridades na separação de consumos de energia final por sector, sendo esta informação facilmente extraída do BEN. Quanto mais detalhados forem os dados, melhor será a análise, uma vez que se obtém informação acerca dos subsectores, auxiliando a escolha das prioridades a focar. Não menos importante, é a identificação de dados já existentes antes de começar um programa de recolha de dados, que pode envolver custos consideráveis. Desta forma, o desenvolvimento dos indicadores de eficiência energética deve priorizar os sectores e respectivos usos finais. Como tal, é recomendado efectuar uma avaliação inicial baseada nos padrões de consumos energéticos do país e no tipo de questões políticas que precisam de ser respondidas.

De seguida, salientam-se as principais recomendações:

- 1) Como ponto de partida, os balanços energéticos deverão providenciar uma visão geral do consumo nacional. Ainda que a desagregação seja feita, na sua maioria, apenas ao nível dos sectores, os balanços fornecem informação acerca da estrutura do país e da evolução do consumo, tal como a evolução do consumo de energia no sector residencial ao longo do tempo.
- 2) A nível nacional, as percentagens de partilhas do consumo de energia são relevantes de modo a difundir os padrões de consumo energético e podem ser usados na construção de indicadores macroeconómicos (como o consumo residencial per capita), que são úteis em monitorizar tendências globais no consumo de energia.
- 3) Para construir um indicador de eficiência energética, é necessário uma desagregação mais extensiva de dados e avaliar quais os subsectores ou usos finais de energia que influenciam o consumo dentro de cada sector.
- 4) Os usos finais de energia do sector residencial incluem aquecimento e arrefecimento ambiente, aquecimento de água, iluminação, cozinha e equipamentos.
- 5) O consumo de energia relacionado com o transporte pessoal não deve ser considerado nas estatísticas do sector residencial, mas sim no sector de transportes.
- 6) As habitações consideradas como 'segunda residência' são excluídas dos indicadores. Contudo, quando este tipo de habitações constitui mais de 1% do total de habitações, deverá ter-se em atenção o facto de poder ter impactos na análise eficiência energética do *stock* de habitações ocupado. Em Portugal, este tipo de residência representa cerca de 19% do total de alojamentos [36].

Como referido, os indicadores de eficiência energética necessitam de um nível superior de desagregação suficientemente detalhado para terem significado. Como tal, os indicadores propostos são apresentados para cada subsector e para cada uso final. As tendências dos indicadores de eficiência energética, influenciadas por políticas, progressos tecnológicos, mudanças estruturais ou comportamentais terão impacto nos indicadores de energia mais agregados.

Assim, foram então sugeridos os seguintes indicadores, para o sector residencial e para cada subsector (ou serviço de energia):

- Consumo de energia no sector residencial - consumo de energia por habitação;
- Aquecimento/arrefecimento ambiente - consumo de energia no aquecimento/arrefecimento ambiente por área de superfície aquecida/arrefecida;
- AQS - consumo de energia no aquecimento de águas por habitação (e por habitação com aquecimento de águas);
- Iluminação - consumo de energia na iluminação por habitação;
- Cozinha (inclui apenas os equipamentos utilizados para cozinhar, como fogão e forno) - consumo de energia para cozinhar por habitação;
- Equipamentos (inclui todo o tipo de equipamentos presentes na habitação, incluindo os grandes electrodomésticos) - consumo de cada unidade por cada tipo de equipamento.

2.3.2.2 *Manual for statistics on energy consumption in households (UE) [21]*

O Eurostat propõe que os dados relativos ao consumo energético no sector residencial devem cobrir igualmente os seis serviços de energia recomendados pela AIE.

Como resultado do reconhecimento da falta de detalhe nos dados de consumo energéticos do sector residencial, o mesmo tem sido prioridade em termos de desenvolvimento das estatísticas correspondentes, por forma a melhorar o conhecimento acerca do mesmo. Por essa razão, foi introduzida em 2008 uma *Task Force* específica com requerimentos de informação com elevado nível de detalhe neste sector. Como resultado, foram feitas recomendações classificadas de acordo com a sua prioridade, destacando-se as classificações com o mais elevado nível de prioridade na

Tabela 1. A categorização de prioridades foi feita de acordo com a relevância para o conhecimento do uso de energia, bem como da utilidade para monitorização de eficiência energética do sector residencial.

Tabela 1 - Recomendações de elevada prioridade da *Task Force* 2008.

<i>Características do edificado</i>	Informação do tipo de posse da habitação, idade do edifício, insolação, área aquecida.
<i>Características dos alojamentos</i>	Características que afectam o consumo de energia (área útil, intensidade de ocupação).
<i>Consumo/despesa energética</i>	Consumo e custo associado por tipo de energia.
<i>Unidade/consumo específico</i>	Informação acerca do consumo por serviço de energia, em relação ao indicador de actividade (como por exemplo o número de equipamentos, área de superfície aquecida/arrefecida).
<i>Consumo de energia por uso final</i>	Uso de energia por alojamento, de forma a fornecer um determinado serviço (aquecimento e arrefecimento ambiente, AQS, iluminação, equipamentos e cozinha são os principais).
<i>Aquecimento ambiente</i>	Informação acerca dos principais sistemas de aquecimento (tipo de combustível, tipo de equipamento e idade); disponibilidade e tipo de instrumento de controlo de temperatura.
<i>AQS</i>	Informação acerca do equipamento utilizado (tipo de combustível, capacidade do equipamento e idade) e do uso de caldeiras combinadas; informação acerca do principal equipamento para AQS bem como do equipamento secundário.
<i>Tecnologias energeticamente eficientes</i>	Penetração dos equipamentos com etiqueta energética (por tipo de aparelho e classe); melhorias efectuadas nos alojamentos e nos sistemas de aquecimento e arrefecimento com vista à poupança de energia.
<i>Cozinha</i>	Informação dos equipamentos (tipo de combustível, idade); disponibilidade dos equipamentos por tipo de combustível utilizado.
<i>Ar condicionado</i>	Informação do tipo de equipamento e idade; disponibilidade do

equipamento de ar condicionado (sistema central, número de unidades) e disponibilidade de termóstato por sistema.

A abordagem aos vários tipos de técnicas de recolha de dados é feita nos dois guias mencionados e ambos referem que todos apresentam as suas vantagens e desvantagens, considerando-se a combinação de informação proveniente de diversas metodologias como a ideal. De um modo geral, as diferentes metodologias utilizadas na recolha de dados de uso final podem ser agrupadas em quatro categorias: fontes administrativas, inquéritos, medição *in situ* e modelação. Uma vez que todas apresentam prós e contras, o conjunto de indicadores deve ser construído com base em dados obtidos por mais do que um tipo de metodologia. Na secção 2.4 encontra-se uma descrição dos estudos feitos relativos ao consumo de energia no sector residencial a nível nacional, a partir de diferentes metodologias.

2.4 Estudos sobre o consumo no sector residencial nacional

2.4.1 Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial (EEESE)

O relatório, publicado em 2004 pela DGEG, teve como objectivo a caracterização dos consumos eléctricos no sector residencial, sendo que este era já bastante significativo em relação ao consumo eléctrico total. Além disso, foi verificado ao longo dos últimos anos, o seu constante incremento. Este crescimento tem por base motivações então previstas, como a procura pelo aumento do conforto e da disponibilidade de equipamentos no parque habitacional [37].

Aquando da realização do relatório, os equipamentos com maior peso no consumo de electricidade eram os de grandes dimensões, como os equipamentos de frio e as máquinas de secar roupa. Segundo dados mais recentes, esta predominância mantém-se. Em relação aos consumos em modo *standby*, representavam cerca de 12% do consumo total (equivalente a 380 kWh/ano por unidade de alojamento).

O consumo médio estimado de energia eléctrica de uma “família *standard*” (com equipamentos de classes energéticas mais baixas, de C a G) foi de 2 982 kWh/ano enquanto para uma “família ecológica” (com equipamentos apenas da classe mais eficiente e um perfil de utilização racional de energia), o mesmo seria de 1 534 kWh/ano.

Na avaliação dos potenciais de economia de energia, foi destacada a iluminação, seguida dos equipamentos audiovisuais e de frio, onde se particularizou a substituição por equipamentos de classes energéticas superiores. Além disso, foi sugerida a estratégia *Demand Side Management*, para uma utilização mais racional de energia. Os principais objectivos seriam a redução de consumos e deslocamento de cargas. As medidas para a redução de consumo consistiam essencialmente na utilização de equipamentos mais eficientes e numa maior racionalização na utilização dos equipamentos. Com a substituição total dos equipamentos então existentes no parque habitacional por outros mais eficientes, a redução no consumo total de electricidade no sector residencial seria na ordem de 30%. O deslocamento de cargas, através da adopção da tarifa bi-horária, consiste na utilização dos equipamentos (nomeadamente as máquinas de lavar e secar e equipamentos de frio) em determinados períodos em que a cobrança do consumo é menor. Estes períodos são designados por horas de vazio, ao invés das horas de ponta.

2.4.2 REMODECE

O projecto *Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe* (REMODECE) [32] analisou o consumo de electricidade de doze países europeus, incluindo Portugal, com o objectivo de contribuir para um aumento do conhecimento das principais utilizações de energia eléctrica. A metodologia do projecto consistiu na realização de uma campanha de monitorização, medição por telecontagem e de inquéritos aos consumidores. A monitorização ocorreu em 1300 alojamentos (cerca de 100 por país) e o total de inquéritos foi de 6000 (542 em Portugal), durante um período de dois anos e meio (2006 – 2008). Também foram efectuadas medições pontuais, por forma a contabilizar os consumos em *standby* e *offmode*.

O consumo médio anual de electricidade estimado por família foi de 2700 kWh, excluindo os equipamentos de aquecimento ambiente e de produção de AQS. O potencial de redução do consumo de electricidade foi

estimado em 268 TWh por ano para um conjunto de países estudados, que resultaria numa redução de 116 milhões de toneladas de CO₂.

Em Portugal, a selecção da amostra foi feita a partir de uma base de dados de clientes da EDP (aleatório), de quatro regiões com diferentes climas e níveis de qualidade de vida e a partir de critérios estruturais (tipo de residências rural/urbano, níveis de consumo). A estimativa do consumo médio anual de electricidade, de acordo com os diagramas de carga monitorizados, foi de 3000 kWh por habitação. A partir da amostra do inquérito (542 alojamentos), foi aferido um consumo médio mensal de 359kWh por habitação (4308 kwh/ano). De acordo com os resultados das medições por telecontagem (319), o resultado foi de 12.4 kWh/dia (4526 kWh/ano) por habitação e o consumo em modo *standby* representou cerca de 15.3% do consumo médio total.

O potencial global de poupança foi estimado em 5 TWh, o que equivale a 2.18 milhões de toneladas de CO₂ evitadas. As principais medidas apontadas para atingir este valor englobaram a utilização da melhor tecnologia disponível no mercado (como por exemplo a escolha de equipamentos mais eficientes, de classe A+ e A++ e de lâmpadas fluorescentes e LEDs), em combinação com modificações no comportamento dos consumidores.

2.4.3 EcoFamílias

O programa *EcoFamílias* foi desenvolvido pela Quercus e o objectivo fulcral consiste na avaliação da capacidade de redução do consumo energético no sector residencial, bem como o melhoramento do conforto higrotérmico (relacionado com a temperatura e humidade relativa) nas residências de habitação permanente das famílias participantes [38]. As mais recentes edições (dos períodos 2007-2008 e 2009-2010) obtiveram amostras de 206 e 968 famílias participantes, das diferentes zonas climáticas do país (definidas pelo RCCTE) [38].

Durante as visitas dos técnicos às habitações, foi efectuado um levantamento através dos questionários de monitorização, medições de consumos de *standby* e *offmode*, registo de consumos de água, gás e electricidade e análise do desempenho dos grandes electrodomésticos e na caracterização da construção.

O projecto apostou, sobretudo, no contacto directo entre consumidores e técnicos, que por sua vez induziram medidas de alterações de hábitos de consumo, através do aconselhamento personalizado. As medidas consistiram principalmente em planear a gestão de procura, promover a eficiência e redução do consumo de energia, e sensibilizar os cidadãos para as características da construção que influenciam directamente os consumos energéticos.

O consumo médio anual em 2007 foi de 3 333 kWh. A maioria das habitações estudadas eram moradias (53%) e a tipologia mais encontrada foi o T3 (36%). Foi, contudo, referido o facto de a amostra de famílias inquiridas estar sobrevalorizada em termos de habilitações académicas (com predominância do grau de ensino superior em áreas científicas) e em termos etários (com predominância de faixas intermédias) dos participantes. Estes factores poderão ter influenciado os resultados obtidos, em detrimento da representatividade do padrão da população portuguesa. Além disso, foi verificada uma relativa coerência ente os valores medidos e a percepção de consumo mais significativos, como dos equipamentos de frio e máquinas de lavar e secar. Relativamente às áreas de iluminação e entretenimento, esta são as que representam maiores discrepâncias entre a percepção e

consumo real. Na iluminação também foi identificada a predominância das lâmpadas incandescentes (46% do total), seguindo-se a utilização das lâmpadas de halogéneo (22%) e lâmpadas fluorescentes compactas (22%). Importa ainda notar que o menor número de equipamentos de climatização foi identificado no leque de famílias com classe de rendimentos superior, o que pode ser justificado por menores necessidades de aquecimento devido à qualidade de construção das habitações.

Em geral, foram identificadas potenciais reduções significativas no consumo de energia, principalmente através da anulação de consumos *standby* e *offpower* dos equipamentos de entretenimento (33%), seguida pela substituição da iluminação (31%) e dos equipamentos de frio (18%) por outros de classe energética superior. Adicionalmente, a inclusão de energias renováveis e melhoramentos nos aspectos construtivos foram sugeridos para incremento do potencial de poupança.

Na campanha de 2011, a representatividade da amostra cobriu todos os distritos de Portugal Continental, embora tenha sido identificada uma adesão maioritária das famílias localizadas nos grandes centros urbanos do litoral (72%). As famílias da amostra são maioritariamente constituídas por 2 a 4 elementos (84%) e cerca de 57% das famílias eram constituídas por um casal com um (30%) ou dois filhos (27%). A tipologia de habitação mais frequente é o T3. Estas características encontram-se de acordo com os dados dos censos, significando que a amostra tem uma boa representação neste aspecto. Contudo, em relação às habilitações académicas, foi identificado pelo menos um elemento com o ensino superior universitário em 76% das famílias, enquanto a representação dos níveis de escolaridade mais baixos é muito reduzida (inferior a 5%). Estes dados não se encontram em concordância com a média nacional, o que levou a ser concluído que a adopção a projectos deste carácter é feita por pessoas mais instruídas. Relativamente à época de construção das habitações abrangidas pelo projecto, a maioria é de anos posteriores a 1990 (cerca de 70%), o que também não está em conformidade com a maioria das habitações portuguesas caracterizadas no âmbito do Censos 2011. O consumo médio de electricidade das famílias participantes nesta edição foi de 4002 kWh/ano, valor 20% superior ao registado em 2007. Contudo, foi identificado que a maioria das famílias já tinha aderido à tarifa bi-horária (58,4%) e que 40% destas aproveita os períodos de vazio para efectuar os consumos mais elevados. O consumo de gás também foi analisado, sendo de 2 344 kWh/ano. Em relação à edição anterior, o tipo de gás predominante deixou de ser o de botija, que foi substituído pelo canalizado (48,3%).

As principais medidas propostas para atingir reduções no consumo incluíram a alteração de comportamentos em relação aos modos *standby* e *offmode* dos equipamentos e a substituição de lâmpadas, máquinas e equipamentos de frio, implementação de painéis solares térmicos para a produção de AQS a redução do tempo de torneira aberta durante o duche (evitando o consumo de gás corresponde a 474 MWh/ano), reforço do isolamento térmico e substituição dos vãos envidraçados e introdução de sombreamento.

Igualmente promovido pela Quercus, o projecto Família Oeiras Ecológica (FOE) partilha os mesmos objectivos estabelecidos para o projecto EcoFamílias, sendo que o FOE se concentra nas famílias do Concelho de Oeiras.

2.4.4 Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico (ICESD)

Este inquérito, da responsabilidade da DGEG, foi realizado no período de Outubro de 2009 a Setembro de 2010, a partir do qual foram obtidos dados acerca das fontes de energia utilizadas no sector residencial, a sua desagregação por tipo de uso final, bem como das despesas com o consumo energético dos agregados

familiares [11]. É de referir que foram apenas considerados os alojamentos familiares de residência principal, sendo que o universo de amostras contou com um total de 7468 alojamentos.

O consumo total de energia no sector doméstico, com exclusão do consumo dos veículos utilizados no transporte individual dos residentes nos alojamentos considerados, foi estimado em 2 915 600 tep, representando 49.4% do consumo (e 45.5% em relação à despesa total).

Quanto à caracterização do consumo por fonte de energia, a principal fonte utilizada é a electricidade, sendo esta a fonte de energia que teve uma maior evolução em termos de representatividade, em comparação com os resultados dos últimos inquéritos. A lenha e o GPL (Butano e Propano) encontram-se em segundo e terceiro lugar nas principais fontes de energia utilizadas nas habitações. Em contraste com a electricidade, estas duas fontes de energia têm registado uma evolução negativa, quando comparadas com os inquéritos anteriores.

A importância da fonte de energia eléctrica destaca-se pelo facto de a maioria dos equipamentos presentes nas habitações requerer este tipo de fonte de energia. A tendência de aumento da proporção da electricidade devido ao incremento de equipamentos eléctricos foi projectada no estudo de 2004 [39].

Com menos peso na proporção de fontes de energia, surgem o gás natural (9%), o gasóleo de aquecimento (4%), a energia solar térmica (0.7%) e o carvão (0.2%).

Na desagregação por tipo de utilização, o consumo por serviço de energia foi superior na cozinha (39%), seguindo-se o aquecimento de águas (23%). No entanto, como é expectável, a fonte de energia predominante difere conforme o tipo de uso, sendo que na cozinha se salientou o peso da electricidade, enquanto para a produção de AQS, as principais fontes de energia foram o GPL garrafa e Gás Natural e no Aquecimento do Ambiente, é a lenha a fonte de energia dominante.

No que se refere à despesa com energia, foi na cozinha que se verificou o gasto energético mais elevado, seguindo-se o AQS e os equipamentos eléctricos. Seguiram-se o aquecimento do ambiente, a iluminação e o arrefecimento do ambiente, respectivamente. À excepção dos equipamentos eléctricos e do aquecimento do ambiente, os gastos foram coerentes com o consumo de energia. Os equipamentos eléctricos são o terceiro tipo de utilização mais dispendioso mas no que se refere ao consumo estão em quarto lugar; o aquecimento do ambiente ocupa o quarto lugar das despesas embora relativamente ao consumo em tep por alojamento dista apenas 0.006 tep comparativamente ao aquecimento das águas, que é o segundo tipo de utilização mais consumidor de energia e com maior despesa.

2.4.5 EnergyProfiler

Em 2011, foi publicado o EnergyProfiler, um estudo relativo ao comportamento dos portugueses em relação ao consumo de energia no sector residencial [40]. O objectivo era identificar os perfis de consumo de energia neste sector, bem como as condicionantes dos mesmos, de modo a aumentar a eficácia das estratégias de promoção à eficiência energética no consumo doméstico.

De um modo geral, foi concluído que os inquiridos demonstram uma atitude positiva em relação à poupança energética, não se reflectindo, contudo, em algumas acções. Foi então efectuado, através dos resultados obtidos, um levantamento de propostas de determinadas medidas, de acordo com os vários perfis delineados. Os perfis foram categorizados em duas variáveis: psicossocial, a partir da qual são formadas orientações a nível nacional, e psico-socio-demográfica, com carácter local/regional. Com base em factores psicossociais, foram

definidos 5 perfis, desde “receptivos à eficiência energética” até “energeticamente eficientes”, sendo estes os portadores de uma atitude mais positiva em relação ao ambiente e com maior responsabilidade relativa ao consumo de energia, reflectindo-se em medidas concretas de conservação de energia. O resumo da caracterização dos referidos perfis encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição e caracterização dos perfis de consumidores domésticos, com base em factores psicossociais (adaptado de [40]).

<i>Receptivos à Eficiência Energética</i>	Opinião favorável face à conservação de energia e que se sentem muito responsáveis no uso desta; no entanto, não traduzem essa sensibilidade em comportamentos nem em conhecimento sobre medidas de conservação de energia.
<i>Orientados Para a Acção</i>	Muito favoráveis face à conservação de energia e que sentem responsabilidade pela acção a esse nível; poucos conhecimentos sobre medidas de conservação de energia mas referem realizar muitas vezes comportamentos ecológicos em geral; em relação aos <i>receptivos à eficiência energética</i> , apesar de menos responsáveis, estão mais predispostas para agir, visto terem mais comportamentos ecológicos.
<i>Difusores de Responsabilidade</i>	Muito favoráveis face à conservação de energia mas que se sentem pouco responsáveis face ao uso desta; conhecimento médio-alto sobre medidas de conservação de energia e em geral realizam comportamentos ecológicos algumas vezes; são pessoas informadas e predispostas a agir mas provavelmente consideram que as medidas de conservação de energia devem do “exterior”, deste modo passando a sua responsabilidade a este nível para aspectos que não se relacionem directamente com elas.
<i>Energeticamente Responsáveis</i>	Perfil semelhante aos dos <i>difusores de responsabilidade</i> , com uma opinião favorável face à conservação de energia, um conhecimento médio-alto sobre medidas de conservação desta e realizam comportamentos ecológicos algumas vezes; diferenciam-se do perfil anterior por uma responsabilidade superior no uso de energia; atribuem mais responsabilidade a si próprios do que a aspectos externos.
<i>Energeticamente Eficientes</i>	Perfil de pessoas com opinião muito favorável face à conservação de energia; muito responsáveis face ao uso de energia; elevado nível de conhecimento sobre medidas de conservação de energia e em geral, realizam muitas vezes comportamentos ecológicos.

O factor económico foi tido em conta como o mais importante como motivador para a poupança de energia, seguindo-se a motivação ambiental.

No relatório constam ainda as medidas de sensibilização projectadas com base nos resultados do inquérito, focando-se em programas de promoção de conhecimento relativo a acções concretas de poupança de energia,

na promoção da responsabilidade social, bem como na procura activa de informação. São ainda incluídas medidas promovidas pelo PPEC e programas com base em incentivos fiscais, incentivando investimentos nos electrodomésticos de classes mais eficientes. Não menos importante, são sugeridos programas de promoção de conhecimento dos consumos, uma vez que a maioria dos inquiridos não sabe indicar o valor do consumo ou gasto energético.

2.4.6 A Sua Casa, A Sua Energia

A Sua Casa, A Sua Energia é um projecto desenvolvido no âmbito do PPEC, que pretende contribuir para a redução do consumo eléctrico no sector residencial. O projecto consiste na recolha de dados (fornecidos pelos participantes) acerca dos consumos energéticos, características das habitações e dos principais equipamentos de consumo eléctrico. Estes dados são combinados com dados estatísticos socioeconómicos, provenientes do INE, e variáveis climatéricas, provenientes das estações meteorológicas, com o objectivo de fornecer informação acerca de medidas de eficiência energética conforme o perfil de consumo de cada habitação. É então disponibilizada informação específica sobre medidas de melhoria na habitação, assim como de alterações comportamentais que possam melhorar a eficiência energética [41].

Os dados recolhidos foram disponibilizados para a concretização desta dissertação, onde foram integrados na metodologia de desagregação de consumos (capítulo 4). A amostra inclui dados de alojamentos de várias regiões geográficas do país, sendo maioritárias as zonas climáticas I1 e I2, de Inverno, e V1 e V2, de Verão. Em média, uma habitação é ocupada por 3 pessoas e a área média útil é de 172 m². Em relação à tipologia, verifica-se uma predominância do T4 (38%) e a grande maioria das construções são de anos posteriores a 1990 (64%).

A análise dos consumos médios anuais demonstra uma evolução desde 2012 a 2015, sendo o consumo anual médio na ordem de 4 300 kWh por alojamento. Estes dados incluem valores de consumos específicos dos grandes electrodomésticos (máquinas de lavar e equipamentos de frio), que representam cerca de 40% do consumo total, e de consumos em modo *standby*, que variam entre 20 a 30% (de 2012 a 2015).

Adicionalmente, estimou-se o consumo médio anual atribuído à utilização de sistemas de aquecimento e de arrefecimento, a partir dos valores de consumos médios mensais (desenvolvido na secção 4.2.1).

2.4.7 FRONt

FRONt (*Fair Renewable Heating and Cooling Options and Trade*) é um projecto promovido pela Comissão Europeia, financiado pelo programa *Intelligent Energy Europe*, que pretende desenvolver estratégias de implementação de sistemas de energia renovável, focando-se no aquecimento e no arrefecimento [42]. Os principais objectivos consistem em aumentar o conhecimento de como integrar estas tecnologias no mercado, promovendo as suas potencialidades e a comparação de custos entre a utilização de sistemas de energia renovável e de recursos fósseis.

De modo a atingir os objectivos mencionados, têm sido realizados estudos no âmbito dos sectores residenciais, não-residencial e indústria. Estes são desenvolvidos por agências de cada país (ADENE e Quercus em Portugal), com a finalidade de identificar factores de decisão dos principais *stakeholders* na escolha de equipamentos de aquecimento e de arrefecimento.

Desta forma, foi realizado um inquérito pela empresa Equação Lógica (sob coordenação da ADENE), que englobou 900 amostras do sector residencial em Portugal Continental e teve a duração de um mês (23 de Abril a 22 de Maio de 2015). O conjunto de amostras encontra-se bem representado pelas diferentes regiões do país, sendo a maioria localizada no centro das cidades (42%), seguindo-se as áreas urbanas (36%) e, com menor peso, as áreas rurais. A tipologia das casas também se encontra bem representada face à média a nível nacional, bem como as características dos habitantes inquiridos.

Os resultados mostram uma percentagem de alojamentos sem sistema de aquecimento consideravelmente elevada (43%), sendo estes, na sua maioria, apartamentos. O tipo de aquecimento divide-se, de modo semelhante, em sistemas individuais (51%) e sistemas de aquecimento central (49%). Esta distribuição apresenta uma discrepância considerável em relação aos dados do último Censo, em que o sistema de aquecimento central representa apenas 12% dos alojamentos com sistemas de aquecimento.

Relativamente ao aquecimento de águas sanitárias, o sistema mais utilizado é o esquentador (38%), seguido do sistema eléctrico (23%) e caldeira (11%). Com menor expressão, seguem-se o sistema solar térmico, bomba de calor e biomassa. A proporção de sistemas centralizados e individuais é semelhante à dos sistemas de aquecimento.

Em relação a sistemas de arrefecimento, estes estão presentes em 20% dos alojamentos e dividem-se principalmente em sistemas de ar condicionado (60%) e ventiladores (35%).

No que concerne a integração de sistemas de energia renovável para aquecimento e produção de AQS, a grande maioria (72%) responde afirmativamente à ponderação de aquisição e a tecnologia preferida é o sistema solar (58%). Em relação a sistemas de arrefecimento, 45% dos inquiridos não consideram a aquisição de tecnologias de energia renovável. A ideia de que “seria dispendioso” é apontada como a razão maioritária (62%).

2.4.8 Caracterização do conforto térmico e da lacuna nominal de aquecimento do edificado residencial a partir de dados da EPBD: o caso de Portugal Continental

Magalhães S. & Leal V. (2013) propõem a caracterização do desempenho energético dos edifícios e da lacuna entre as necessidades de energia nominais e uso efectivo de energia extraído dos balanços energéticos nacionais do sector residencial português, a partir dos pressupostos estabelecidos na directiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD - *Energy Performance of Buildings Directive*) [43]. Foi efectuada uma análise a 259 277 certificados energéticos e, a partir de uma metodologia *bottom-up*, foram estimadas as necessidades de energia útil a partir das condições de referência estabelecidas no Regulamento RCCTE. Estes foram comparados com os resultantes da desagregação de energia final para aquecimento, a partir do BEN.

Comparando os valores obtidos, foi concluído que a lacuna entre a necessidade de energia útil e a energia utilizada é na ordem de 95% para aquecimento ambiente e de 78% para aquecimento de águas. Dados os resultados obtidos, é referido que as condições nominais poderão estabelecer um nível de conforto excessivo (20°C no Inverno e 25°C e 50% de humidade relativa no Verão) no interior das habitações. Por outro lado, o elevado valor calculado para a lacuna nas necessidades de aquecimento pode estar associado à ausência de conforto térmico, atendendo ao elevado índice de mortalidade durante o período de Inverno.

Além disso, foi observado o facto de os valores de necessidade de energia útil para aquecimento para os novos edifícios se encontrarem ainda distantes dos requisitos da nova directiva europeia relativa ao desempenho energético nos edifícios, implícitos no conceito *Edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB - Net Zero Energy Building)*. Contudo, foram verificadas melhorias no desempenho energético dos edifícios, especialmente evidentes a partir de 2006, ano em que o RCCTE foi actualizado.

2.4.9 Projecções da procura de serviços de energia (ESD) nos edifícios residenciais: Introspecções de uma abordagem bottom-up

Com o objectivo de identificar os parâmetros de incerteza que conduzem a procura de serviços de energia, Gouveia *et. al.* (2012) apresentou uma metodologia *bottom-up* de modo a projectar detalhadamente a procura de uso final das residências dos portugueses até 2050 [44]. Os autores defendem que a procura de serviços de energia (designados por ESD) deve ser um dos elementos de prioridade a ter em consideração no sistema energético, uma vez que a mesma condiciona directamente o consumo final de energia.

O ponto de partida das projecções do estudo começa no estabelecimento da procura de energia útil para os diferentes usos finais num ano base (2005), a qual é estimada como função da energia final e da eficiência das tecnologias. O estudo revela que a incerteza associada a alguns usos finais de serviços de energia, derivada da informação desagregada e da necessidade de simplificações, pode ter impactos significativos em futuras projecções, dependendo do intervalo dos parâmetros. Desta forma, os parâmetros merecedores de maior atenção serão aqueles relacionados com o comportamento dos ocupantes das habitações, particularmente associados ao aquecimento e equipamentos eléctricos.

Relativamente à evolução dos serviços de energia, foi projectado um aumento (principalmente no arrefecimento e iluminação) devido ao expectável incremento do nível de conforto térmico e do uso de equipamentos. Como tal, a introdução da regulação da climatização de edifícios, incluindo regras de insolação, compilação de políticas de eficiência energética e a substituição de uma proporção significativa dos equipamentos poderão ser determinantes para que o aumento de ESD não implique directamente um aumento similar no consumo de energia final.

Além disso, foi estimado que o aumento do consumo de energia nas habitações portuguesas (0,1%/ano) é inferior ao de ESD (1,3%/ano).

Ainda que os valores estimados de necessidades de energia útil apresentem uma elevada disparidade em relação aos valores obtidos em [43] ambos propõem valores de necessidade de energia útil consideravelmente superiores à energia útil realmente fornecida. Estas diferenças devem ser tidas em consideração aquando da definição de políticas de eficiência energética, bem como da avaliação do impacto das medidas implementadas, uma vez que a indicação de existência de necessidades de energia não correspondidas poderá constituir futuros *rebound effects* [43]. Não obstante, o facto dos registos Censos demonstrarem que cerca de 14% dos alojamentos não possui qualquer tipo de sistema de aquecimento poderá fundamentar, pelo menos em parte, a elevada lacuna estimada entre as necessidades de energia útil e a energia utilizada.

3 Caracterização do sector residencial em Portugal

Neste capítulo pretende-se caracterizar o sector residencial em Portugal, começando pela descrição do edificado nacional, a partir dos dados incluídos no relatório dos Censos de 2011. A partir dos mesmos, pretende-se caracterizar um alojamento típico característico de Portugal.

As características dos edifícios são cruciais para a determinação das necessidades de energia e advenientes consumos, razão pela qual as mesmas influenciam os parâmetros no cálculo das necessidades nominais de energia estabelecidas no regulamento SCE. Nesse sentido, são analisados também os dados dos certificados energéticos.

3.1 Descrição do edificado nacional

Esta caracterização é importante na medida em que possibilita a identificação de pontos específicos que possam vir a ser alvos de melhorias em proveito da eficiência energética, dado o enorme potencial de reabilitação urbana apresentado pelas habitações portuguesas. Este potencial de eficiência poderá representar entre 25% a 50% [45]. As características exteriores, como a forma, orientação e localização do edifício, as características da própria construção, os sistemas de ventilação e de aquecimento/arrefecimento vão influenciar consideravelmente o consumo de energia e as perdas de calor.

De acordo com os dados do INE, verifica-se um acentuado crescimento do parque habitacional desde a última edição realizada. Em 2011, foram contabilizados um total de 3 544 389 edifícios que englobam 5 859 540 alojamentos familiares clássicos. Do total de alojamentos contabilizados, 19.39% são de residência secundária e 12.55% encontram-se vagos. Deste modo, o total de alojamentos familiares clássicos ocupados como residência habitual é de 3 991 112.

Do conjunto de alojamentos ocupados como residência habitual, o número médio de famílias por residência é uma e cada família inclui, em média, 2.6 indivíduos. Relativamente aos alojamentos familiares clássicos, o número médio de divisões por alojamento é de, aproximadamente, 5 e a área média útil de 109 m². Tendo em consideração que o número total de população residente aumentou e o número de indivíduos por alojamento decresceu, assume-se que a área ocupada por cada indivíduo aumentou, uma vez que a área média útil dos alojamentos familiares clássicos também aumentou. Na Figura 13 observa-se a evolução dos edifícios por época de construção.



Figura 13 - Edifícios por época de construção (adaptado de [36]).

A partir da Figura 13, identifica-se claramente que a maioria do edificado nacional foi construída nas décadas de 70 e 80, sendo as habitações desta época as que apresentam o maior potencial de eficiência energética, especialmente em combinação com a análise da Figura 14.

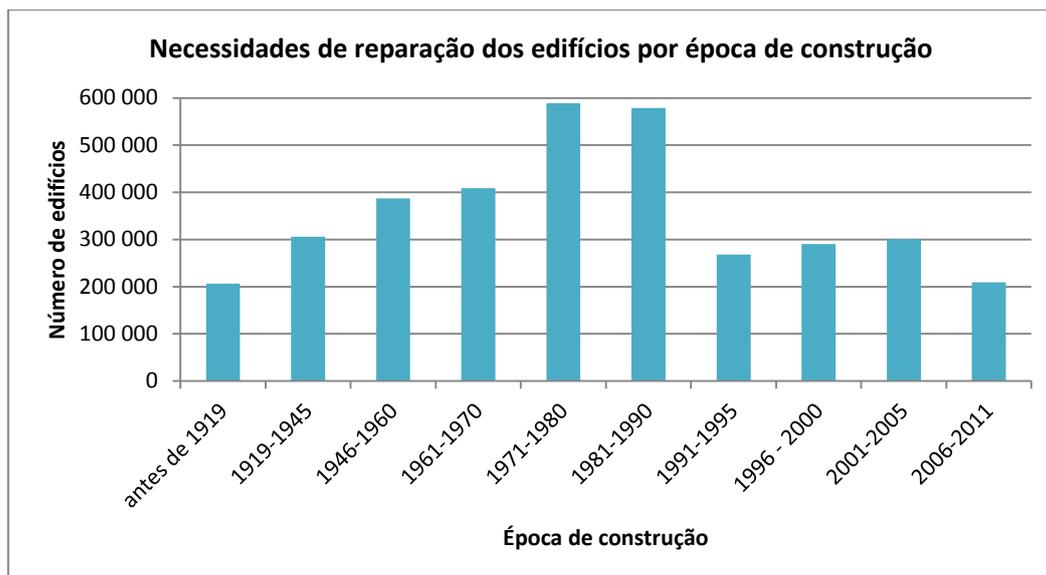


Figura 14 - Necessidades de reparação dos edifícios de cada época de construção (adaptado de [36]).

É então possível constatar que os edifícios construídos no período 1971-1990 são os que apresentam o maior peso de necessidades de reparação, sendo também este leque de edifícios o que apresenta maior potencial a nível de intervenção e reabilitação energética. Importa ainda referir que o número de novas construções por ano tem decrescido continuamente desde 2002. Por sua vez, as alterações e reconstruções no sector residencial também têm vindo a diminuir, mas numa proporção muito inferior à verificada nas construções novas, indicando a possibilidade de promoção da eficiência energética nesta vertente [30].

O tipo de materiais utilizados no edificado é de considerável relevância, uma vez que, dependendo da técnica de construção e do nível de isolamento térmico associado, poderão determinar um bom ou mau desempenho energético, qualidade do ar interior e subsequente conforto ambiente, bem como as economias de consumo da energia associadas às condições de conforto. Assim, as principais características na forma de construção e tipo de materiais são o nível de isolamento e a inércia térmica [37]. Dependendo do nível de isolamento térmico, varia a quantidade de energia despendida para aquecimento ou arrefecimento do ambiente interior. Um bom isolamento do exterior do edifício irá prevenir a transferência de calor por condução pelas fronteiras. Por sua vez, a inércia térmica, característica própria dos materiais com maior massa e maior densidade, contraria os picos de temperatura do meio exterior, mantendo a temperatura equilíbrio do meio interior. Atendendo à qualidade dos materiais e do isolamento, é possível obter economias energéticas consideráveis, face à redução de custos com aquecimento e refrigeração de edifícios [37].

No que diz respeito à época de construção e tipo de materiais de construção, as proporções de edifícios por época de construção e por tipo de revestimento e cobertura encontram-se representados na Figura 15 e na Figura 16, que se seguem.

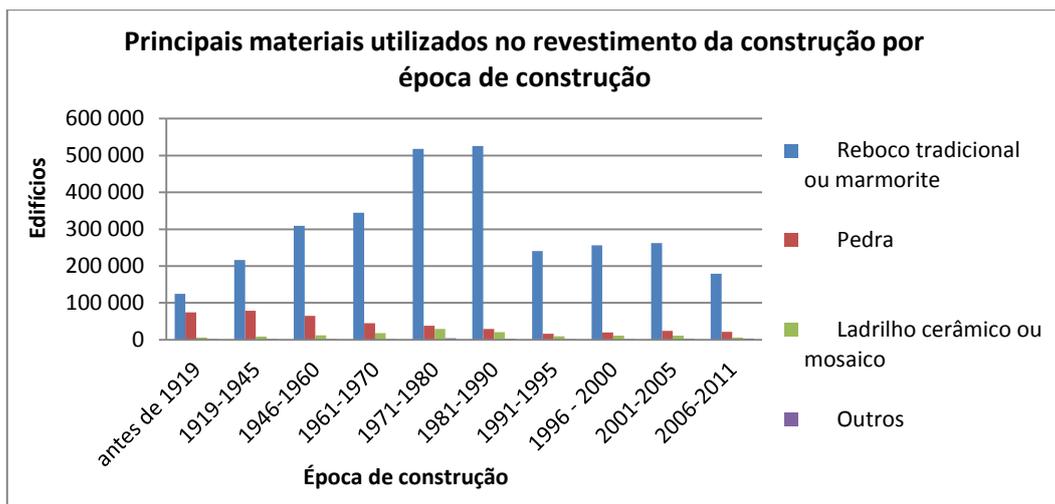


Figura 15 - Principais materiais utilizados no revestimento por época de construção (adaptado de [36]).

Relativamente aos materiais utilizados no revestimento dos edifícios, verifica-se que a grande maioria são revestidos por reboco tradicional ou marmorite, independentemente da época de construção.



Figura 16 - Principais materiais utilizados na cobertura de edifícios por época de construção (adaptado de [36]).

Também a nível de cobertura dos edifícios é possível constatar uma uniformidade no tipo de materiais utilizados. Edificações revestidas a telhas cerâmicas representam a esmagadora maioria.

As coberturas apresentam um ponto crítico para o conforto térmico interior, já que em caso de isolamento deficiente, ocorrerão perdas de calor por ascensão do ar quente interior (durante o Inverno) e aumento da temperatura interior (durante o Verão) devido à exposição à radiação solar [45].

Relativamente à tipologia dos alojamentos familiares em Portugal, observa-se que a maioria dos alojamentos é de tipologia T3 (representando 23% dos alojamentos familiares ocupados como residencial habitual), seguindo-se o T2, com apenas 2 pontos percentuais de diferença [46].

3.1.1 Parque de equipamentos de aquecimento

Em relação ao parque de equipamentos presente nos alojamentos, constata-se que aproximadamente 86% dos alojamentos familiares clássicos possui aquecimento. Na Figura 17 encontra-se representado o número de alojamentos com certo tipo de aquecimento e por fonte de energia utilizada.

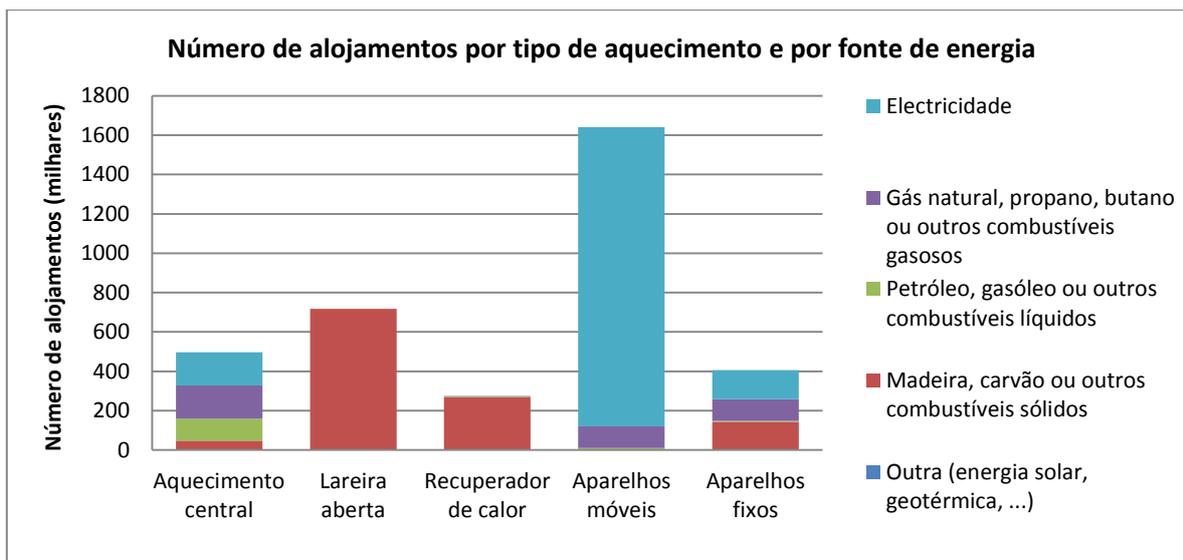


Figura 17 - Número de alojamentos por tipo de aquecimento e por fonte de energia utilizada (adaptado de [36]).

É então possível observar que o tipo de aquecimento com maior peso são os aparelhos móveis, usando como principal fonte de energia a electricidade. A Figura 18 mostra o peso de cada fonte de energia no aquecimento.

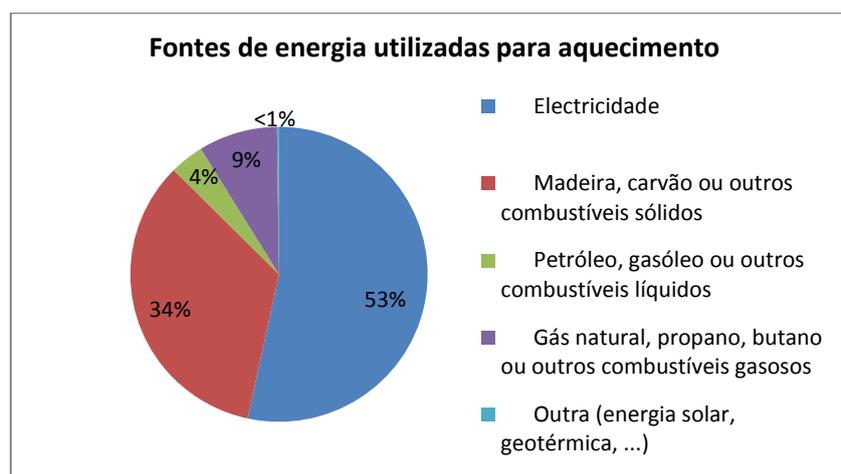


Figura 18 – Peso das fontes energia na proporção de alojamentos com aquecimento (adaptado de [36]).

Pela observação da Figura 18 que mais de metade provém da energia eléctrica, seguindo-se a proporção considerável (mais de um terço) da utilização de combustíveis fósseis, como a madeira ou o carvão. Na Figura 19 encontra-se representado o número de alojamentos por tipo de aquecimento principal, distribuído pelas regiões do país.

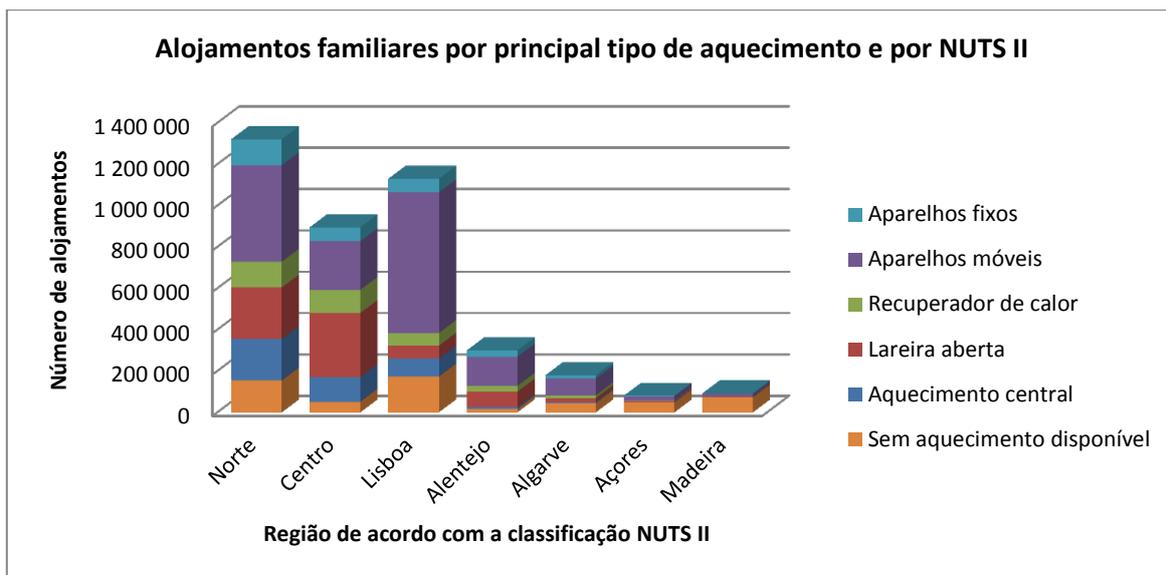


Figura 19 - Alojamentos familiares por principal tipo de aquecimento e por NUTS II (adaptado de [36]).

O maior valor observado de alojamentos com aquecimento situa-se na região do Norte, seguida da região de Lisboa, em conformidade com facto de serem as regiões com maior número de população residente.

3.1.2 Zonamento climático e requisitos térmicos da envolvente

Com a finalidade de determinar as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento (e requisitos mínimos de eficiência energética) no âmbito do REH, foi definido o zonamento climático do território de acordo com Despacho n.º 15793-F/2013, de 3 de Dezembro [47]. Assim, foram definidas três zonas climáticas de Inverno e três zonas climáticas de Verão, como se observa na Figura 20.

As zonas climáticas de inverno foram definidas a partir do número de graus-dias (GD) na base de 18°C, ou seja, foi determinada a soma das diferenças entre a temperatura de base (18°C) e a temperatura do ar exterior, durante o período de Inverno (estação de aquecimento) [48].

De modo similar, as zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior, correspondente à estação convencional de arrefecimento.

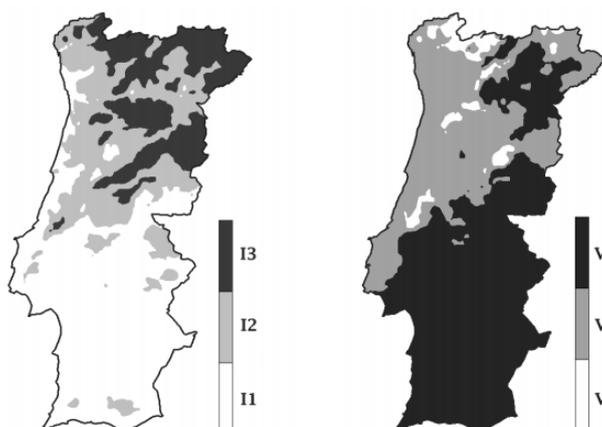


Figura 20 - Zonas climática de Inverno (I1, I2 E I3) e de Verão (V1, V2 e V3) de Portugal Continental [47].

Relativamente aos requisitos térmicos da envolvente, os mesmos são determinados de acordo com as zonas climáticas em que se divide o território continental e acresce-se requisitos específicos às regiões autónomas. Desta forma, são estabelecidos coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência (U_{ref}) de elementos opacos e de vãos envidraçados para as zonas climáticas do verão, bem como os factores solares máximos admissíveis ($g_{Tmáx}$) de vãos envidraçados para as zonas climáticas do verão.

Os valores-U são especificados pela transmissão de energia por unidade de área e por grau Celsius ($\text{kWh/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) e caracterizam o desempenho energético, face às perdas de calor (por condução, radiação ou convecção) ocorrentes através das fronteiras do alojamento [49]. Os requisitos mínimos variam entre 0.5 e 2.8, dependendo do elemento de construção considerado, do meio em contacto com o mesmo e da zona climática (de Inverno) em que se insere o edifício. Por sua vez, os valores solares máximos admissíveis são classificados de acordo com a classe de inércia do material e da zona climática (de Verão) em consideração.

3.2 Descrição e distribuição dos certificados energéticos

Os Certificados Energéticos são obrigatórios para todos os edifícios ou fracções novos ou sujeitos a grande intervenção de reabilitação, ou ainda em caso de venda, dação ou locação. A ADENE é a entidade gestora do sistema de certificação enquanto DGEG e a APA são entidades fiscalizadoras relativamente à eficiência energética e à qualidade do ar interior, respectivamente. O prazo de validade dos certificados para o edifícios de habitação é de 10 anos.

No certificado energético de um edifício de habitação são identificados, entre outros, os seguintes elementos:

- 1) Indicadores de desempenho, que determinam a classe energética do edifício e eficiência na utilização de energia relativa ao aquecimento e arrefecimento ambiente e águas quentes sanitárias, comparativamente a valores de referência;
- 2) Classe energética classificada numa escala de A⁺ (mais eficiente) a F (menos eficiente);
- 3) A percentagem de energia renovável utilizada no consumo e as emissões de CO₂ estimadas;
- 4) Descrição do edifício ou fracção, onde são referidas a localização, altitude, tipologia, área útil, o número de pisos, o ano de construção, os sistemas de aquecimento das águas sanitárias e para aquecimento/arrefecimento ambiente e de ventilação;
- 5) Comportamento Térmico dos elementos construtivos mais representativos da habitação (paredes, coberturas, pavimentos e janelas), sendo que a classificação máxima (de 5 estrelas) correspondente à referência adequada para os mesmos;
- 6) Localização e contributo de perdas e ganhos de calor;
- 7) Propostas de medidas de melhoria do desempenho energético, incluindo o local de aplicação, descrição da medida, estimativas do custo do investimento e da redução anual da factura energética e classe energética após aplicação da medida;
- 8) Recomendações sobre sistemas técnicos, em particular os equipamentos de produção de águas quentes sanitárias e de climatização;

- 9) Informação acerca da classificação da classe energética, que é determinada em comparação do desenvolvimento energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência;
- 10) Resumo dos principais indicadores com os respectivos valores da habitação avaliada e dos valores referência, bem como dados climáticos e descrição dos elementos constituintes da habitação (paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas), as respectivas áreas totais e orientação e os coeficientes de transmissão térmica (os respectivos e de referência).

Do total de edifícios residenciais certificados, a maioria é de tipologia T2 (36.7%) ou T3 (36.4%). Esta proporção encontra-se em conformidade com a maioria das habitações portuguesas, registadas nos Censos de 2011.

Na Figura 21 estão representadas as proporções das classificações energéticas para os edifícios existentes e para os edifícios novos, construídos após a implementação da regulamentação de 2006 [50].

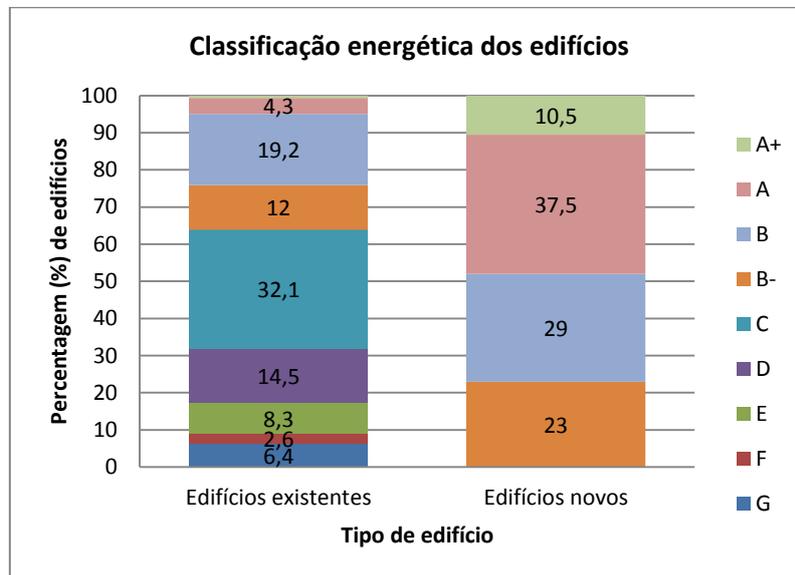


Figura 21 - Percentagem de edifícios existentes e edifícios construídos após a implementação do Regulamento SCE, por classificação energética, em 2012 (adaptado de [50]).

Observa-se que a maioria dos edifícios existentes (cerca de 30%) pertence à classe energética C enquanto a classe A cobre a maioria dos novos edifícios, para os quais as classes de desempenho energético variam apenas entre B- e A+ [50]. De acordo com o Decreto-lei 118/2013, a classificação dos edifícios estabelece-se através de uma escala de A+ a F. No entanto, os resultados representados na Figura 21 antecedem o referido DL. Assim sendo, a representação da classificação dos edifícios existentes encontra-se distribuída numa escala de A+ a G.

4 Desagregação dos consumos de energia

No presente capítulo, são apresentadas as metodologias abordadas na desagregação de consumos de energia, bem como os valores estimados a partir das várias fontes de informação. O primeiro subcapítulo incide sobre a caracterização do consumo final de energia por tipo fonte. No segundo subcapítulo, apresentam-se valores mais detalhados, por fonte de energia e por tipo de utilização. A Figura 22 representa, de forma esquemática, as etapas procedidas no âmbito do presente capítulo.

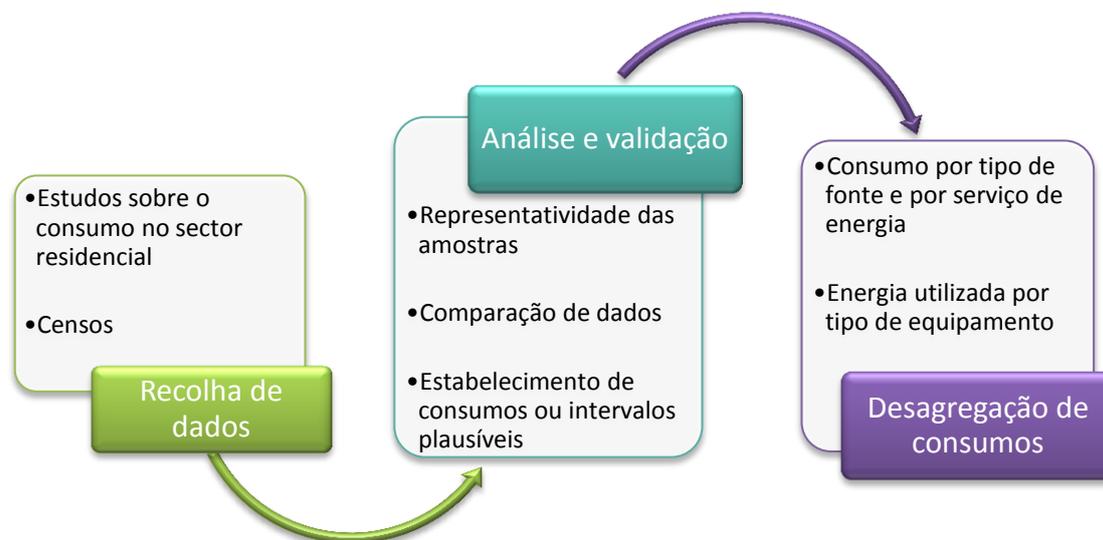


Figura 22 - Esquema ilustrativo das etapas de desagregação dos consumos de energia.

Em primeiro lugar, procedeu-se à recolha de dados a partir das fontes de informação disponíveis. Numa fase posterior, compararam-se os dados recolhidos e validaram-se os mesmos, tendo como finalidade a obtenção de valores coerentes e representativos à escala nacional. A Desagregação de Consumos, etapa mais relevante para o cumprimento do principal objectivo deste trabalho, é descrita em detalhe nos subcapítulos subsequentes.

Todas as estimativas foram obtidas após comparação entre os resultados provenientes dos estudos realizados neste âmbito, referenciados na secção 2.4. Todos os valores apresentados são referentes ao consumo de energia (unidades em *kilowatt-hora*) por alojamento familiar clássico¹ ocupado como residência habitual. De modo a simplificar a escrita e o seguimento do texto, sempre que se refere apenas o termo *alojamento*, é esta a definição designada.

Na Tabela 3 encontram-se identificados os principais elementos dos estudos que serviram como base à metodologia da presente dissertação. De um modo resumido, identifica-se o período de realização, o número de alojamentos analisados no âmbito de cada estudo, o tipo de metodologia utilizada bem como as categorias das quais se encontra informação disponível.

¹ Alojamento que se destina apenas a alojar uma família, constituído por uma divisão ou conjunto de divisões e seus anexos num edifício de carácter permanente ou numa parte estruturalmente distinta do edifício, devendo ter uma entrada independente que dê acesso directo ou através de um jardim ou terreno a uma via ou a uma passagem comum no interior do edifício (INE, 2011).

Tabela 3 – Tipo de informação dos estudos sobre o consumo energético no sector residencial.

Estudo		EEESE	REMODECE	EF225	ICESD	EFII	Censos	M&L ²	FROnT	ASCASE	BEN
Período		2000-2002	2006 - 2008	2007-2008	2009-2010	2009-2011	2011	2013	2015	2012-2015	1986 - 2014
Amostra (número de alojamentos)		150	642	206	7 468	968	3 991 112	259 277	900	53	NA ³
Metodologia	Inquéritos		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
	Fonte Administrativa				✓		✓				✓
	Medição <i>in situ</i>	✓	✓	✓		✓				✓	
	Modelação		✓					✓			
Categorias	Características da construção e tipologia da habitação		✓	✓		✓	✓		✓	✓	
	Características dos consumidores		✓	✓		✓	✓		✓	✓	
	Consumo/ Despesa com a energia por tipo de fonte	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓
	Consumo por serviço de energia	✓	✓	✓	✓			✓			
	Aquecimento Ambiente				✓	✓	✓		✓		
	Arrefecimento Ambiente				✓	✓			✓		
	AQS				✓	✓			✓		
	Electrodomésticos				✓	✓				✓	
	Equipamentos eléctricos	✓	✓	✓	✓	✓					
	Iluminação		✓	✓	✓	✓					

² S. M. C. Magalhães and V. M. S. Leal, "Characterization of thermal performance and nominal heating gap of the residential building stock using the EPBD-derived databases: The case of Portugal mainland," *Energy and Buildings*, vol. 70, pp. 167–179, 2014.

³ Não aplicável

4.1 Consumo de energia final por fonte

A partir da recolha dos dados de consumos globais, disponibilizados nos diversos relatórios dos estudos referenciados em 2.4, efectuou-se uma comparação dos consumos de energia por tipo de fonte, analisados no presente capítulo.

A Figura 23 mostra a percentagem do número de alojamentos das amostras dos dois estudos com as diferentes fontes de energia. A electricidade não foi considerada pelo facto de estar presente em praticamente 100% das duas amostras.

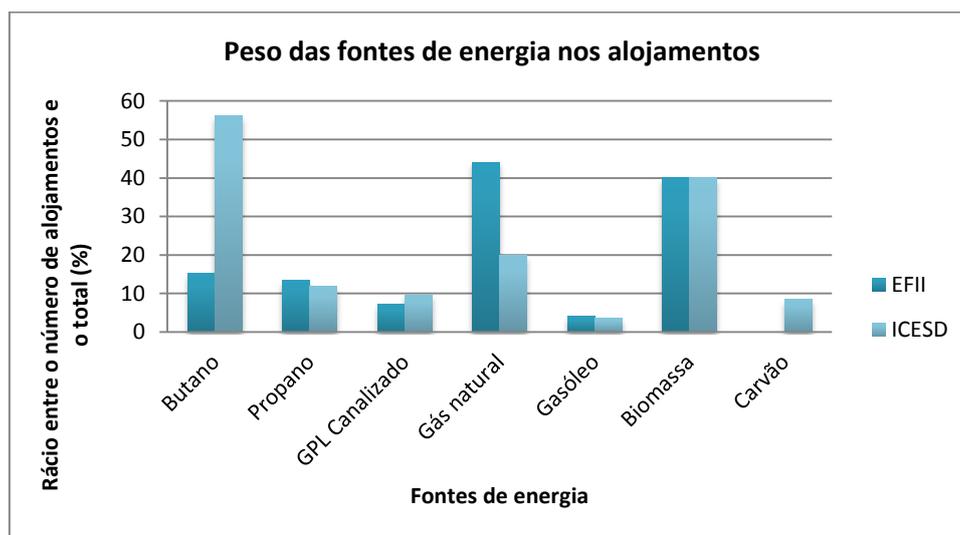


Figura 23 - Peso das fontes de energia nos alojamentos

As maiores discrepâncias identificadas são relativas ao peso do gás butano e do gás natural. Relativamente à amostra do EFII, esta apresenta um maior número de alojamentos com gás canalizado, por se tratar de alojamentos predominantemente urbanos, pertencentes a famílias com níveis de rendimento superiores, com habitações mais modernas. No entanto, relativamente às restantes fontes de energia, os dados provenientes dos dois estudos são congruentes (à excepção do carvão, sendo que nenhum alojamento analisado pelo EFII utiliza este fonte de energia).

Os consumos médios anuais de energia final por tipo de fonte, por alojamento, obtidos com base em dados do ICESD, BEN, EFII e FOE de 2013, estão representados na Figura 24, onde é possível identificar algumas discrepâncias, especialmente em relação ao consumo proveniente de algumas fontes. Os valores do consumo de energia final das diferentes fontes de energia do BEN foram desagregados em valores de consumo por alojamento, tendo como base o número de alojamentos com determinada fonte de energia. Desta forma, o consumo anual de cada fonte de energia por alojamento (kWh/ano.aloj) foi obtido a partir da equação 1:

$$Ef_{(i)} = \frac{E_{(i)}}{A_{(i)}} \quad (1)$$

onde $E_{(i)}$ corresponde ao consumo de energia final da fonte i , publicado no BEN, e $A_{(i)}$ corresponde ao número de alojamentos que utilizam a fonte de energia i .

Para cada ano, o número de alojamentos que utilizam a fonte de energia i , foi obtido a partir da equação 2:

$$A_{(i)} = P_{(i)} \cdot x A_t \quad (2)$$

onde $P_{(i)}$ representa o rácio entre o número de alojamentos que utilizam a fonte de energia i e o número total de alojamentos existentes em Portugal no ano em consideração (valores no Anexo A) e A_t representa o total de alojamentos existentes em Portugal nesse ano. Os valores atribuídos a $P_{(i)}$ foram baseados nos valores representados na Figura 23, sendo que os valores utilizados foram o resultado de uma média ponderada entre os valores provenientes do ICESD e do EFII.

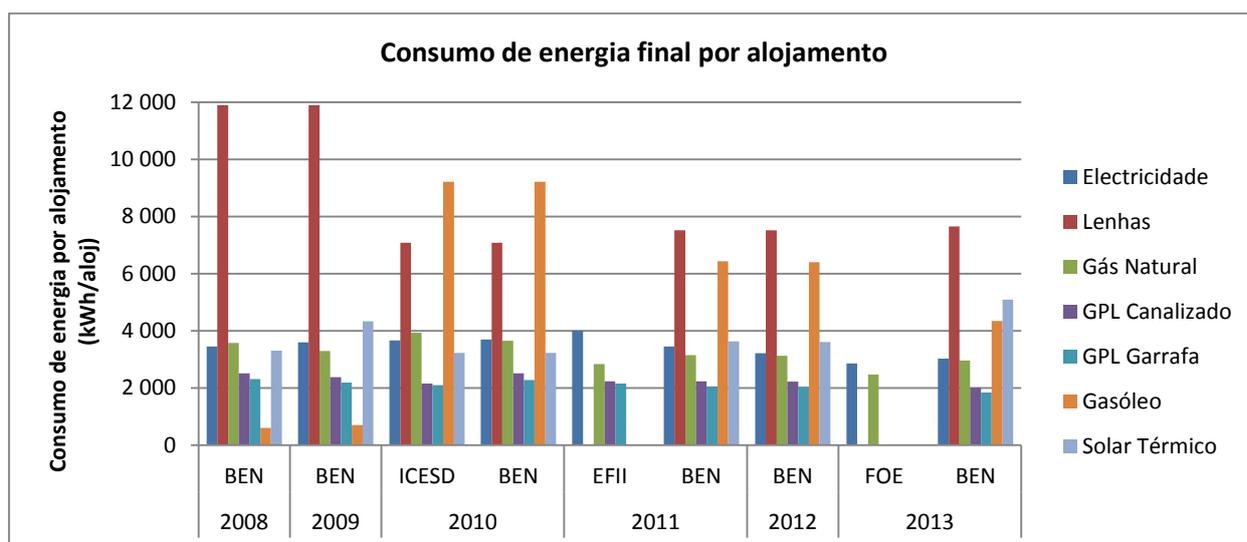


Figura 24 - Consumo anual de energia final por alojamento por tipo de fonte (kWh/aloj).

Em destaque, os valores do consumo de gasóleo, provenientes do ICESD e do BEN de 2010, são os que mais sobressaem, não apenas pelo facto de apresentarem um valor de consumo energético por alojamento superior à média, mas também devido ao notável aumento em relação a valores relativos a 2008 e a 2009.

Contudo, desde 2010 a 2013, verifica-se uma redução significativa deste consumo. Pelo contrário, nota-se uma evolução positiva da utilização de energia solar. É de salientar que estes valores são obtidos através da divisão do consumo final de determinada fonte de energia pelo número de alojamentos que são aprovionados pela fonte em consideração. Assim sendo, poderão existir valores inflacionados ou subestimados, não apenas devido aos consumos de energia, mas também associados a possíveis disparidades no número de alojamentos que utilizam determinada fonte de energia.

Os valores provenientes do ICESD, relativos a todas as fontes de energia, são similares aos do BEN de 2010, o que é expectável uma vez que os dados do ICESD serviram de base à projecção do consumo de energia final no sector doméstico do BEN do mesmo ano.

Relativamente aos dados provenientes do EFII, quando comparados com os valores extrapolados do BEN de 2009, 2010 e 2011 constata-se que o consumo médio de electricidade por alojamento é ligeiramente superior (8 a 16%) aos valores extraídos do BEN de 2010 e 2011. Esta diferença pode ser justificada, em parte, pelo facto de 8.7% da amostra analisada no âmbito do EFII não dispor do fornecimento de outra fonte energética além da electricidade. Como tal, todos os serviços de energia utilizados nessas habitações são providenciados exclusivamente pela energia eléctrica.

Por outro lado, o valor do consumo do gás natural por alojamento do EFII é inferior aos valores extraídos do BEN. Embora a diferença seja de uma ordem reduzida (entre 10 a 22%), a mesma pode ser baseada na sobrevalorização da amostra relativamente ao zonamento climático. Mais de metade da amostra deste estudo (51%) utilizam gás natural e a grande maioria localiza-se no litoral (72%), sendo que a zona climática maioritária é I1, deduz-se que a necessidade de energia para aquecimento destes alojamentos é inferior à média nacional, podendo influenciar o valor estimado para a média do consumo de gás natural, inferior ao aferido a partir do BEN. Não obstante, foi referido que a amostra do estudo EFII se encontrava sobrevalorizada em relação a outros aspectos, tais como as características das famílias bem como das habitações. A formação académica, nível de rendimentos do agregado familiar e a época de construção das habitações analisadas são algumas das variáveis que podem ter condicionado a representatividade de alguns factores.

Os valores de consumos médios de energia eléctrica encontram-se disponíveis em todos os relatórios dos estudos mencionados em 2.4 e, a partir dos mesmos, obteve-se o gráfico da Figura 25.

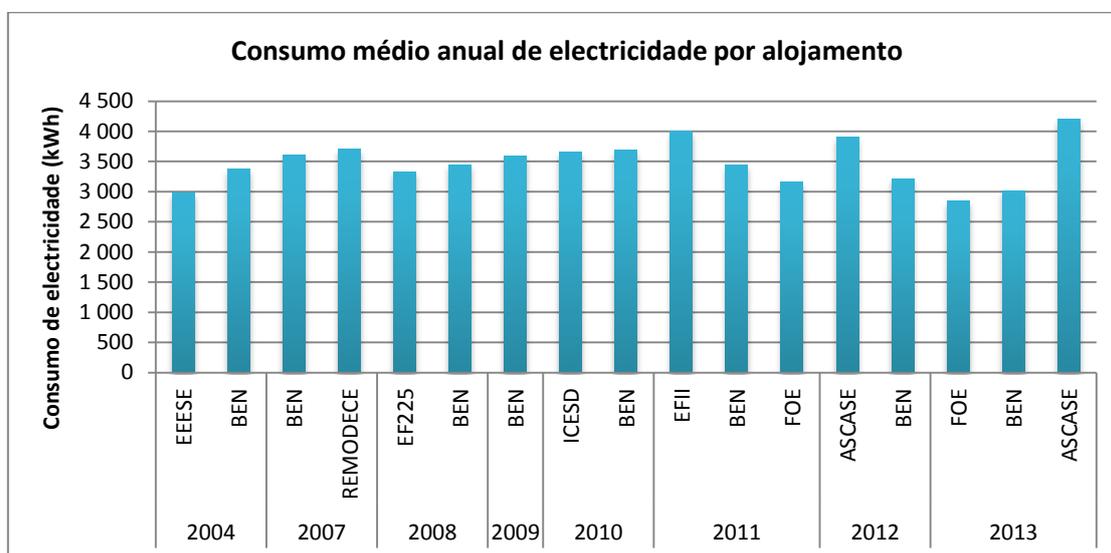


Figura 25 - Consumo médio anual de electricidade por alojamento (kWh/alój.).

De um modo geral, observa-se que os valores provenientes de diversas fontes de informação não diferem significativamente, sendo que entre 2004 e 2010 os valores se mantêm numa média de 3500 kWh por alojamento. Entre 2010 e 2013 os valores do BEN indicam um decréscimo, na ordem dos 18%. O estudo FOE apresenta valores de consumos médios anuais próximos (embora ligeiramente inferiores) dos valores extrapolados do BEN. Contudo, este estudo representa apenas um concelho de Portugal.

Por outro lado, os valores provenientes do EFII e de ASCASE são superiores (em cerca de 17%) aos valores do BEN. O EFII indica um consumo médio anual de electricidade de 4002 kWh por alojamento (anteriormente mencionado). Os dados provenientes da monitorização das habitações no âmbito do projecto *A Sua Casa, A Sua Energia* (ASCASE) indicam um consumo médio de 4209 kWh por alojamento em 2013, significando uma diferença de 28% superior face ao valor extrapolado do BEN para o mesmo ano. O valor médio proveniente do mesmo estudo para o ano de 2012 também é superior ao valor do BEN (em cerca de 20%).

Tendo em consideração os dados obtidos da amostra do projecto, existem alguns factores que poderão fundamentar uma possível sobrevalorização da mesma: a forma de medição dos consumos, efectuada com um

contador que mede a energia aparente e algumas características dos alojamentos analisados (como a área média útil, de 172 m², ser superior em mais de 50% à média dos alojamentos portugueses, de 109 m², e a maioria dos alojamentos da amostra serem de construções superiores a 1990).

Na **Tabela 4** incluem-se os intervalos de valores de consumo de energia por alojamento, por tipo de fonte, provenientes das diversas fontes de dados analisadas.

Tabela 4 - Intervalo de valores do consumo médio anual por alojamento (kWh/alobj) por fonte de energia.

Fonte	Consumo de energia (kWh/alobj)
Lenha	7 700 – 12 000
Electricidade	3 000 – 4 000
Gás Natural	2 500 – 3 900
GPL Canalizado	2 000 – 2 500
GPL Garrafa	1 800 – 2 300
Gasóleo	600 – 9 200

4.2 Consumo por serviço de energia

Neste segundo subcapítulo, relativo à caracterização do consumo por serviço de energia, efectuou-se a comparação dos valores relativos a diversos parâmetros, obtidos através dos dados disponíveis nos diferentes estudos mencionados em 2.4. Assim, para cada serviço de energia, validaram-se os dados provenientes das várias fontes de informação, sempre de forma a obter uma desagregação de consumos consistente, representativa à escala nacional e, ao mesmo tempo, um nível de informação o mais detalhado possível.

A Figura 26 representa, de forma hierárquica, os vários tipos de informação utilizados ao longo deste subcapítulo, particularmente ao nível dos serviços de energia, de forma a atingir-se um grau suficientemente detalhado do consumo de energia, por fonte e por tipo de utilização.

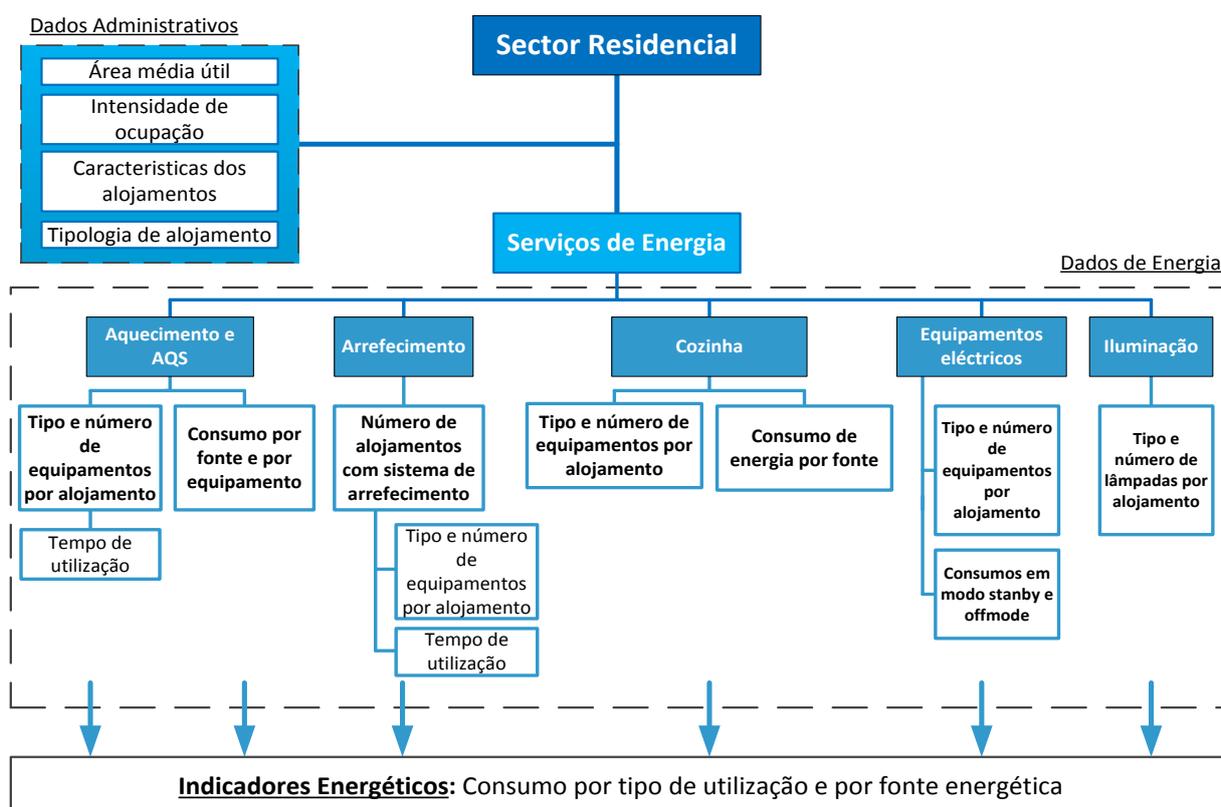


Figura 26 - Representação esquemática da abordagem utilizada na desagregação do consumo por utilização final e por fonte de energia.

Posteriormente, no capítulo 5, relativo à caracterização dos consumos de energia no sector residencial, os resultados da desagregação de consumos do presente capítulo serão conjugados com os dados relativos às características dos alojamentos, analisados no capítulo 3.

Note-se ainda que a desagregação do consumo por serviço de energia teve em consideração as recomendações da IEA e do Eurostat relativo às estatísticas do consumo de energia no sector residencial. Assim, os vários tipos de utilizações finais foram englobados nas respectivas categorias de serviços de energia, de acordo com essas orientações.

Na Tabela 5 incluem-se os dados referentes ao consumo médio anual de electricidade por alojamento, bem como do peso no consumo eléctrico associado a cada tipo de utilização.

Tabela 5 - Dados do consumo médio anual por alojamento (kWh/ano) e peso (%) de cada tipo de utilização no consumo eléctrico.

Tipo de utilização	EEESE		REMODECE		EF225		ICESD		ASCASE	
	%	Consumo (kWh/ano)	%	Consumo (kWh/ano)	%	Consumo (kWh/ano)	%	Consumo (kWh/ano)	%	
<i>Equipamentos de frio</i>	32	740	17	600	18			923	20	
<i>Máquinas de lavar loiça</i>	3	148	4	250	8			333	7	
<i>Máquinas de lavar roupa</i>	7	259	6	300	9	967	41	360	8	
<i>Cozinhar</i>	1	74	2	-	-			-	-	
<i>Aquecimento</i>	15	592	14	300	9	391	8	480	10	
<i>Arrefecimento</i>	2					168	3	135	2	
<i>Iluminação</i>	12	333	8	267	8	329	14			
<i>AQS</i>	6	185	4	-	-	535	2			
<i>Entretenimento</i>	9	518	12	223	7	798	33	1106	23	
<i>Informática</i>	2			500	15					
<i>Outros/ Não medido</i>	11	851	20	893	26	-				
<i>Standby</i>		555	13	-	-	-	-	1378	30	
Total (kWh/ano)		4255		3333		3188		4715		
Consumo médio global (kWh/ano)		3700		3333		2860		4367		

É de notar que o facto de a soma dos valores dos consumos atribuídos aos diversos tipos de utilização difere, na maioria dos casos, do consumo médio global, pelo facto do consumos de electricidade relativo ao aquecimento e arrefecimento corresponder apenas a 50% e 20% (respectivamente) do total dos alojamentos. A primeira observação a destacar é a inconsistência entre a soma dos consumos de energia eléctrica para os diferentes tipos de utilização do ICESD e o consumo global anual de electricidade (3663 kWh) estimado no mesmo estudo, representado anteriormente na Figura 25. Trata-se de uma disparidade com uma dimensão considerável, diferindo em mais de 800 kWh/ano por alojamento. Esta diferença é explicada pelo INE com base nas diferentes metodologias de cálculo utilizadas: o consumo total anual foi extrapolado a partir das facturas mensais, enquanto o consumo por tipo de utilização foi estimado a partir das características dos equipamentos e do perfil de utilização dos mesmos. Contudo, verifica-se que o valor obtido a partir das despesas revela um nível de coerência superior quando comparado com os valores de outras fontes de anos próximos (nomeadamente os valores publicados no BEN). Desta forma, procedeu-se ao ajuste dos valores estimados para o consumo dos diferentes tipos de utilização (detalhado no Anexo E), a partir das estimativas das restantes fontes de dados.

Numa segunda abordagem, observa-se que os valores para o consumo das categorias dos grandes electrodomésticos (onde se incluem os equipamentos de frio e máquinas de lavar) provenientes do

REMODECE, EF225 e ASCASE não diferem consideravelmente (representando cerca de 40% do consumo total de electricidade), fixando-se um intervalo que varia entre 1133 e 1616 kWh por alojamento.

Além disso, observa-se que o REMODECE e o EF225 incluem consumos superiores a 800 kWh/ano categorizados como *outros* ou *não medidos*, representado entre 20% e 26% do consumo total.

Relativamente aos dados de ASCASE, note-se que os valores apresentados em itálico foram obtidos através de estimativas de consumos médios mensais, sendo estas descritas nos respectivos subcapítulos relativos ao Aquecimento (4.2.1) e Arrefecimento (4.2.2).

Não obstante, nos subcapítulos que se seguem, efectuou-se uma abordagem detalhada à validação dos valores da Tabela 5, onde se engloba os vários tipos de utilização por serviços de energia (identificados na Figura 26).

De modo a desagregar os consumos de energia por cada tipo de equipamento utilizado, efectuou-se uma abordagem comum na caracterização do consumo para aquecimento, arrefecimento e AQS. Esta abordagem consistiu nos seguintes passos:

- 1) Repartiram-se os tipos de equipamentos por fonte de energia utilizada;
- 2) Assumiram-se valores de energia útil idênticos para alojamentos com equipamentos do mesmo tipo (e, portanto, com a mesma ordem de eficiência na conversão de energia final em energia útil);
- 3) Introduziram-se valores de energia útil e calculou-se o valor de energia final por alojamento (ver hipóteses assumidas nas respectivas secções relativas ao aquecimento 4.3.1, arrefecimento 4.3.2 e AQS 4.3.3);
- 4) Calculou-se o valor de energia final total, pela multiplicação do valor obtido no ponto anterior pelo número de alojamentos com o tipo de equipamento em consideração;
- 5) Efectuou-se a soma dos valores de energia final calculados (de todos os equipamentos) de determinada fonte de energia;
- 6) Calculou-se a margem de erro do valor calculado no ponto 4 em relação ao valor referência de energia final do tipo de fonte em consideração e, caso este fosse superior a 10%, o processo era retornado a partir do ponto 3.

A energia final por alojamento (kWh/aloj.ano) utilizada pelos equipamentos foi calculada a partir da seguinte equação:

$$Ef_{(s,i)} = \frac{Eu_{(s,i)}}{\eta_{(s,i)}} \quad (3)$$

onde $Eu_{(s,i)}$ corresponde à energia útil fornecida pelo sistema s alimentado pela fonte de energia i (kWh/aloj.ano) e $\eta_{(s,i)}$ representa a eficiência do sistema s alimentado pela fonte de energia i . Os valores de eficiência utilizados são os que constam no REH (incluídos no Anexo B). Para o sistema de lareira aberta, admitiu-se uma eficiência de 10% [51].

A margem de erro referida no ponto 6 foi calculada com base na seguinte equação:

$$Erro(\%) = \frac{\sum_{(s)}^{n} Eft_{(s)} - Ef_{(i)}}{Ef_{(i)}} \times 100 \quad (4)$$

onde $Eft_{(s)}$ é o valor obtido pela equação 1, multiplicado pelo número de equipamentos que utilizam o sistema em consideração, e $Ef_{(i)}$ é o valor de referência para a energia final da fonte i (kWh/ano).

Assumiram-se como o número de alojamentos com determinado tipo de equipamento e a referência de energia final (Ef_i) os valores que constam no relatório do ICESD (na maioria dos casos), com algumas exceções que são mencionadas nos subcapítulos seguintes.

A Figura 27 representa, de forma esquemática, os procedimentos do método iterativo utilizado para estimar os valores de consumo de energia referentes aos vários tipos de equipamentos utilizados para aquecimento e arrefecimento ambiente e AQS.

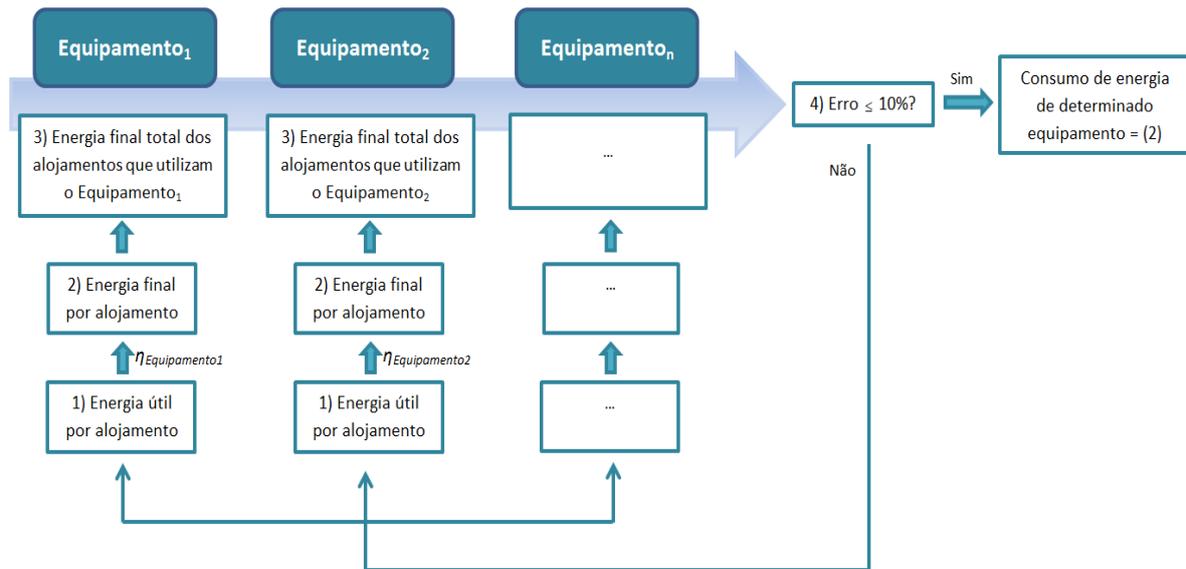


Figura 27 – Esquema do método iterativo utilizado na desagregação do consumo de energia utilizado para Aquecimento, Arrefecimento e AQS.

Ainda relativamente à desagregação do consumo de energia para aquecimento ambiente e para produção de AQS, estimou-se o consumo (de Gás Natural, GPL Canalizado, de Propano e de Butano), por alojamento, e por tipo de utilização através dos dados do EFII. Estes dados incluem o número de alojamentos com determinado tipo de equipamento, bem como o consumo global de cada fonte de energia por alojamento.

Desta forma, a metodologia aplicada a estes dados consistiu nos seguintes passos:

- 1) Calculou-se o consumo total de energia por fonte (kWh/ano), multiplicando o consumo médio anual por alojamento (kWh/aloj.ano) de determinada fonte de energia pelo número de alojamentos providos pela fonte em consideração;
- 2) Assumiu-se o valor obtido no ponto anterior como o valor de referência (Ef_i) de determinada fonte de energia;
- 3) Como estes dados não incluem o consumo desagregado por serviço de energia, fixou-se o consumo da categoria Cozinha (a partir do valor estimado pelo ICESD) e introduziram-se valores de energia útil, seguindo-se um processo iterativo idêntico ao descrito anteriormente;
- 4) Na conversão de energia útil em energia final, assumiu-se um rácio de eficiência de 0.75, dado que este método foi aplicado apenas a dados relativos ao consumo de gás;
- 5) Estimou-se o consumo por alojamento por fonte de energia e por tipo de utilização (kWh/aloj.ano).

Na Figura 28 encontra-se representado um esquema dos procedimentos descritos, aplicados a dados provenientes do estudo EFII.

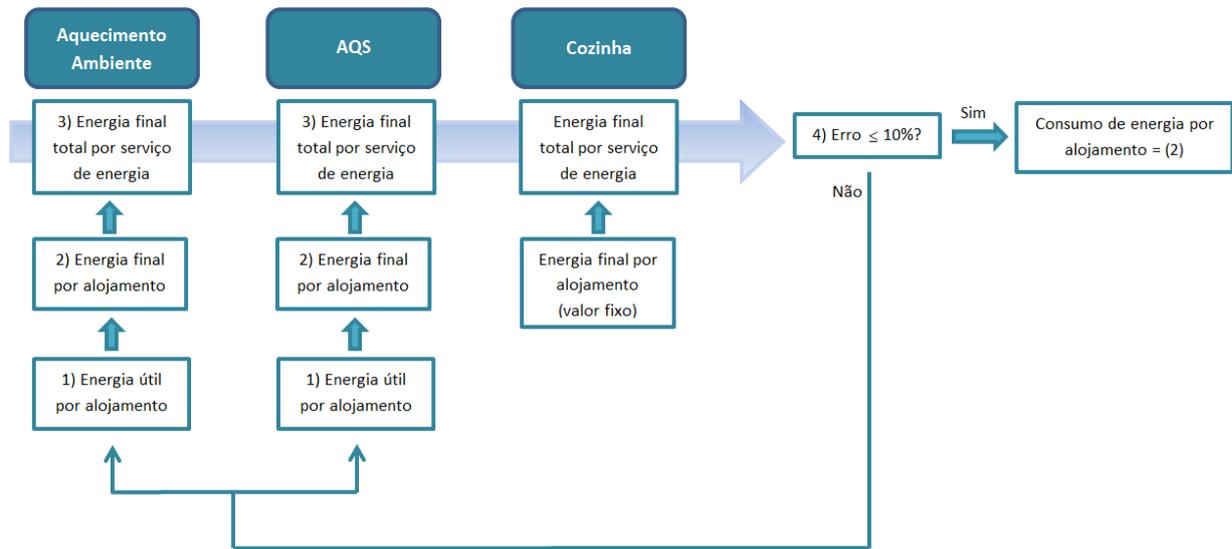


Figura 28 - Esquema do método iterativo utilizado na desagregação do consumo de Gás Natural, GPL Canalizado, Propano e de Butano Garrafa, por alojamento (a partir dos dados EFII).

Nos subcapítulos referentes aos resultados para o aquecimento ambiente e para AQS, são incluídos os resultados das duas metodologias abordadas.

4.2.1 Aquecimento ambiente

De modo a seleccionar os dados relativos ao tipo de equipamentos utilizados para aquecimento que melhor representam a média nacional, compararam-se os valores obtidos pelo ICESD, EFII e FROnT com os valores do último relatório dos Censos publicado pelo INE. Na Figura 29 observa-se a proporção dos alojamentos com os principais sistemas de aquecimento em relação às amostras analisadas em cada estudo.

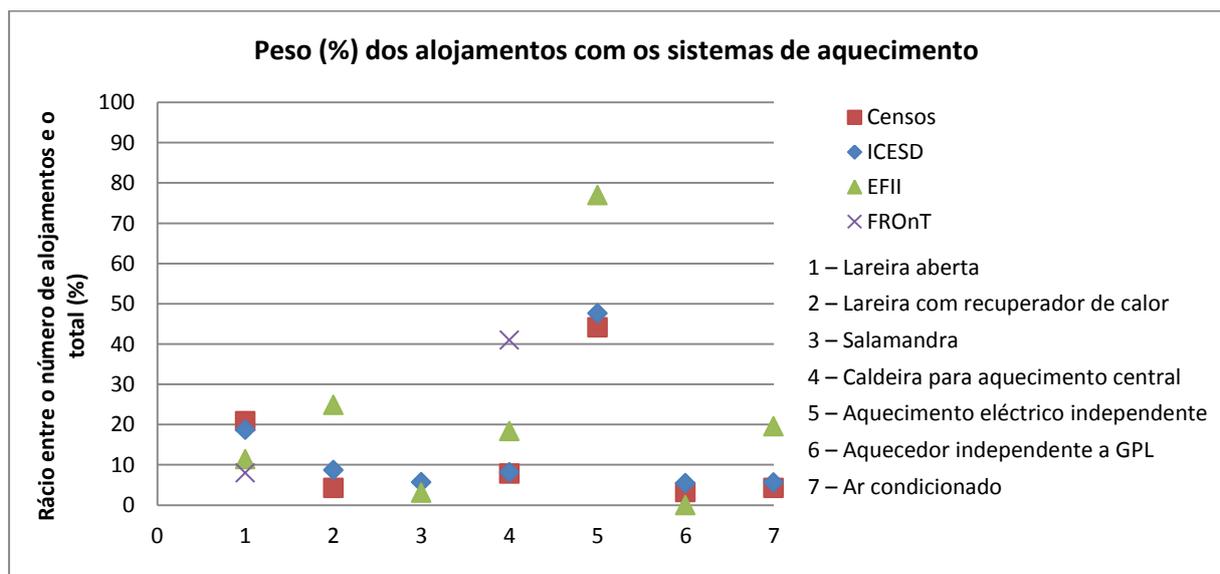


Figura 29 – Peso (%) dos principais sistemas de aquecimento nos alojamentos.

Pela análise da Figura 29, verificou-se que os dados provenientes do ICESD são os mais próximos dos dados do INE, referentes aos resultados dos últimos Censos. Por este motivo, e pelo facto de não se dispor do conhecimento de mais parâmetros para comparação (como por exemplo, o consumo de energia para aquecimento por fonte de energia) provenientes de outras fontes, assumiu-se que os dados do ICESD são os que melhor representam a média nacional.

Assim, procedeu-se ao primeiro método iterativo anteriormente enunciado, sendo que os valores de referência atribuídos à energia final de cada fonte de energia (E_{fj}), com excepção da electricidade, são os que constam no relatório do ICESD.

Como mencionado anteriormente, o valor do consumo de electricidade para os diversos tipos de utilização foi susceptível de ser comparado através de dados provenientes de fontes de informação distintas. De um modo geral, o peso do aquecimento no consumo eléctrico situa-se entre 9 a 15%, significando um consumo anual que varia entre 300 e 595 kWh por alojamento. O valor obtido no ICESD encontra-se dentro deste intervalo de valores. Contudo, é importante ter em consideração que este valor poderá estar subestimado, devido à disparidade verificada entre o consumo global de electricidade e a soma dos consumos por tipo de utilização.

Através dos dados provenientes do projecto *A Sua Casa, A Sua Energia*, estimou-se o consumo de energia eléctrica para aquecimento, a partir de duas metodologias, descritas de seguida.

- Estimativa pelos consumos médios mensais dos meses da estação de aquecimento: calculou-se o valor médio do consumo para cada mês em que se assume a utilização de aquecimento (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março) e o valor médio das amostras com valores superiores às médias mensais. Calculou-se a diferença para cada mês considerado e assumiu-se a soma dessas diferenças como o valor associado ao aquecimento ambiente.
- Estimativa associada à variação dos consumos ao longo do ano: Para cada ano, calculou-se o coeficiente de variação associado à média dos consumos mensais de electricidade. Num passo seguinte, seleccionaram-se os alojamentos com coeficientes de variação elevados (acima de 40%). Procedeu-se desta forma, assumindo que os alojamentos que apresentariam uma variação superior do consumo de electricidade ao longo do ano seriam aqueles nos quais se verificaria a diferença do consumo entre o período de Inverno e o período de Verão, associada ao aquecimento ambiente.

Nos meses de Inverno, além do aumento do consumo de energia para aquecimento, também ocorre o incremento do número de horas de utilização da iluminação, como resultado da diminuição do número de horas de radiação solar. No entanto, na segunda metodologia utilizada, desprezou-se uma possível variação do consumo para iluminação, por se considerar que esta será de uma dimensão inferior à variação do consumo desencadeada pela utilização dos equipamentos eléctricos para aquecimento.

Além disso, estimou-se o consumo de aquecedores independentes eléctricos e de bombas de calor a partir do Simulador de Potência e Consumo disponibilizado no site da EDP [52] (valores incluídos no Anexo D).

Na Tabela 6 estão representados os valores das estimativas provenientes das fontes de dados mencionados, incluindo as duas estimativas obtidas a partir de diferentes metodologias aplicadas aos dados de ASCASE. Note-se ainda que a estimativa do EF225 também inclui dois valores, por abranger a seguinte hipótese: o valor de 300 kWh por alojamento, incluído na Tabela 5, pode corresponder ao consumo eléctrico para aquecimento

tendo em conta todos os alojamentos; se se considerar que este valor corresponde a 50% dos alojamentos (que utilizam aquecimento eléctrico) então o valor do consumo por alojamento é de 600 kWh.

Tabela 6 - Estimativas do consumo associado à utilização de aquecimento eléctrico.

Fonte	Consumo de energia eléctrica para aquecimento (kWh/alojamento)
REMODECE	595
EF225	300 - 600
ASCASCE	437 - 523
EDP	1 107
Valor médio estimado	658

Desta forma, estimou-se o valor do consumo eléctrico para aquecimento (658 kWh por alojamento). Este valor foi multiplicado pelo número de alojamentos que utilizam aquecimento eléctrico e o resultado foi utilizado como referência para a energia final (E_{fi}) da electricidade, no processo de desagregação dos consumos de energia eléctrica por tipo de equipamentos (método iterativo esquematizado na Figura 27).

Não obstante, assumiram-se as seguintes hipóteses para os restantes sistemas de aquecimento:

- Como foi referido na metodologia utilizada para este serviço de energia, considerou-se que alojamentos com sistemas semelhantes utilizam valores de energia (energia útil) por metro quadrado semelhantes. Desta forma, um alojamento com sistema de caldeira para aquecimento central utiliza um valor de energia útil (kWh/m²) semelhante ao de um alojamento com sistema de ar condicionado e o mesmo sucede entre alojamentos com aparelhos independentes.
- Nos alojamentos com lareira ou salamandra também se utiliza aquecedores móveis independentes (a electricidade ou a gás). Este pressuposto é particularmente relevante para o caso da lareira aberta, em que a energia útil fornecida pela queima de lenha, com uma ordem de rendimento muito reduzida (dado que 90% do calor é perdido pela chaminé), é complementada pela energia térmica fornecida por outro tipo de equipamentos. Além de ter sido baseada nos dados estatísticos provenientes de diversas fontes de informação, a partir das quais se construiu o gráfico da Figura 29, esta hipótese é também confirmada com dados do relatório *EnergyProfiler*.
- Em relação aos sistemas de ar condicionado, 40% dos equipamentos têm classe de eficiência A (segundo dados do ICESD). Deste modo, no processo iterativo anteriormente mencionado, assumiu-se um COP (*coefficient of performance*) de 3.8 correspondente a 40% dos alojamentos com este tipo de sistema. Para os restantes 60%, assumiu-se o valor de 2.5, como estipulado no REH para este tipo de sistemas.
- Do total de caldeiras, 15% utilizam biomassa, 40% utilizam gasóleo e 45% utilizam gás canalizado (GPL ou gás natural).

Os valores referidos na última hipótese foram obtidos através de uma estimativa do INE, já que os dados referentes aos diferentes tipos de caldeiras não se encontram disponíveis no relatório do ICESD. De modo a obter-se um esclarecimento, este facto foi questionado à entidade responsável. A resposta incluiu os valores mencionados e o motivo da ausência destes dados na publicação, devida à impossibilidade de indicação acerca

de medidas estatísticas que lhes estão associados (tal como o número de ocorrências e dispersão de valores obtidos). Contudo, estes valores são coerentes com os dados aferidos no Censo de 2011.

É ainda de notar que para as caldeiras a GPL, gasóleo ou gás natural e para os aquecedores independentes a GPL, executou-se o procedimento de modo inverso ao mencionado no processo iterativo. Para estes casos, o número de alojamentos que utilizam cada tipo de equipamentos mencionados, bem como o consumo de cada uma destas fontes são conhecidos e, por isso, procedeu-se pela seguinte ordem:

- 1) Calculou-se o consumo de energia final por alojamento (kWh/aloj) com determinado equipamento, através da divisão do valor do consumo de energia final da fonte i pelo número de alojamentos que utilizam o equipamento s com fonte i .
- 2) Calculou-se a energia útil por alojamento (kWh/aloj) obtida pela utilização do equipamento, através da multiplicação do valor da eficiência do sistema em questão pelo resultado obtido em 1).
- 3) Comparam-se os valores de energia útil obtidos pelo mesmo tipo de equipamentos.
- 4) Estabeleceram-se intervalos de valores de energia útil e de energia final para os referidos equipamentos.

4.2.2 Arrefecimento ambiente

Os equipamentos utilizados para arrefecimento apenas dependem da energia eléctrica. Relativamente à validação de dados de fontes de informação distintas, foi possível comparar valores de dois parâmetros: o consumo de electricidade para arrefecimento e a proporção de alojamentos com sistemas de arrefecimento face ao total.

Verificou-se que os valores provenientes de todas as fontes de informação demonstram coerência entre os mesmos: a percentagem de alojamentos com sistemas de arrefecimento é na ordem dos 20%.

Nos dados disponíveis pelo REMODECE e EF225, incluem-se estimativas do consumo para climatização, mas as parcelas correspondentes ao aquecimento e arrefecimento não são especificadas. No entanto, o EESE e o ICESD indicam valores para o peso do arrefecimento no consumo eléctrico que variam entre 1.6% e 2%.

O consumo associado ao arrefecimento também foi estimado a partir dos dados do projecto ASCASE, a partir dos valores dos consumos médios mensais, através de uma metodologia idêntica utilizada para a estimativa do consumo associado ao aquecimento ambiente. Calculou-se o valor médio do consumo nos meses de Junho, Julho e Agosto e a média dos valores de alojamentos com consumos mensais superiores ao valor médio. De seguida, calculou-se a diferença entre os dois, assumindo-se que esta esteja maioritariamente associada ao arrefecimento. Desta forma, o valor estimado para o consumo associado ao arrefecimento ambiente foi de 135 kWh por alojamento.

O valor total indicado pelo ICESD para o consumo dos equipamentos utilizados para arrefecimento é de 13 107 tep, implicando um consumo médio anual de 168 kWh por alojamento. Além disso, a razão entre o número de alojamentos com sistemas de arrefecimento e o total de alojamentos (23%), indicado pelo mesmo estudo, é concordante com a proporção indicada pelas outras fontes de informação.

Assim, optou-se por utilizar os dados provenientes do ICESD relativos aos números de alojamentos com cada tipo de equipamento, bem como do consumo eléctrico para arrefecimento como o consumo de energia final de referência (E_f) no processo iterativo para determinação da utilização de energia de cada equipamento.

Adicionalmente, também se estimaram os consumos de energia dos diferentes equipamentos a partir do valor médio obtido dos dados de ASCASE (135 kWh por alojamento), isto é, multiplicou-se este valor pelo número de alojamentos com sistemas de arrefecimento e assumiu-se o resultado como o valor de energia final de referência (E_{fj}).

Desta forma, nos resultados destas abordagens, apresentados na secção 4.3.2, cada parâmetro estimado inclui dois valores, correspondentes às estimativas (resultantes do método iterativo ilustrado na Figura 27) efectuadas a partir dos dois valores de referência anteriormente mencionados.

Os equipamentos utilizados para arrefecimento resumem-se a dois grupos: sistemas de ar condicionado e ventiladores. A potência de um aparelho típico de ar condicionado é muito superior (cerca de 50 vezes) à do ventilador. Por isso, de forma a tomar conhecimento da ordem de valores dos consumos de cada um, recolheu-se a informação disponível nas etiquetas energéticas de cinco equipamentos de ar condicionado e de cinco ventiladores. Estas informações (Anexo D) foram conjugadas com o número de horas de utilização dos respectivos equipamentos, aferidas no estudo EFII, em conjunto com os pressupostos estabelecidos no Regulamento 626/2011 que apoia a Directiva 2010/30/EU relativa à etiquetagem energética dos aparelhos de ar condicionado.

4.2.3 AQS

Relativamente aos consumos associados ao aquecimento de água, efectuaram-se dois tipos de comparações a partir dos dados analisados. Em primeiro lugar, observou-se o peso das diferentes fontes utilizadas para este serviço de energia. Na Figura 30 encontra-se representada a distribuição das diversas fontes de energia nos alojamentos das amostras dos estudos EF225, EFII e FRONt.

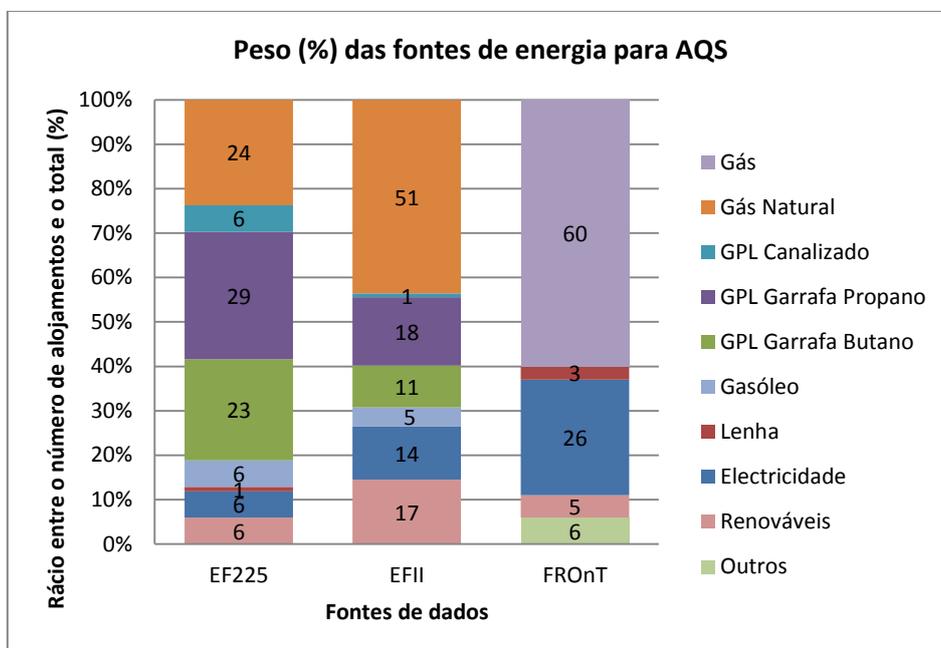


Figura 30 - Peso das diferentes fontes de energia para produção de AQS.

Relativamente à análise dos dados provenientes do EF225, EFII e FRONt foi possível desagregar o consumo por todas as fontes de energia presentes nos alojamentos. Quanto aos dados extraídos do EF225 e do FRONt, estes encontram-se num nível de agregação superior, uma vez que não se dispõe de informação relativa ao consumo

específico de cada tipo de gás utilizado. Ainda assim, de um modo global, constata-se que o peso do gás não difere significativamente.

Ainda no que concerne a análise da Figura 30, justifica-se a ausência de lenha e do gasóleo nos dados do EFII, uma vez que os valores dos consumos destas duas fontes não se encontram disponíveis neste relatório. Relativamente ao peso da lenha, verifica-se que a diferença dos valores obtidos no EF225 e no FROnT ultrapassa os 50%.

Além disso, observa-se que as fontes de dados representadas são referentes a períodos distintos (2008, 2011 e 2014). Como tal, verifica-se uma evolução crescente do peso da electricidade neste tipo de sistemas.

Na Figura 31 demonstra-se o peso (%) dos diferentes equipamentos utilizados para o aquecimento de água, a partir de dados provenientes do ICESD, EFII e FROnT. Independentemente das discrepâncias observadas, verifica-se que o equipamento mais utilizado é o esquentador.

A soma das percentagens do EFII é superior a 100% devido ao facto do valor (publicado no relatório) referente ao número de alojamentos que utilizam o sistema solar térmico se encontrar à parte dos valores referentes aos restantes equipamentos. Desta forma, também se justifica a elevada percentagem de alojamentos com este tipo de sistema, em comparação com os dos restantes estudos. É de notar ainda que os alojamentos que têm painéis solares instalados, os mesmos funcionam em combinação com um dos restantes equipamentos (como sistema de apoio).

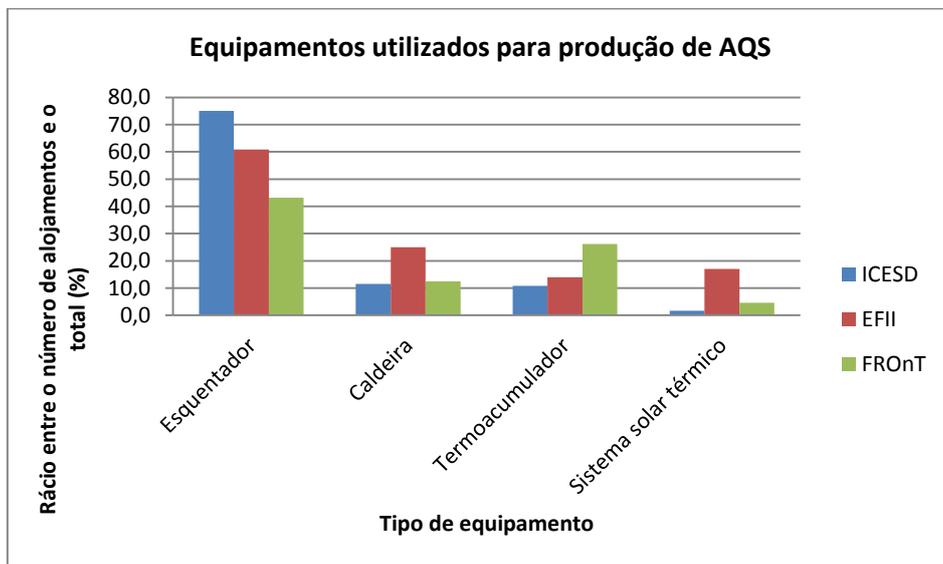


Figura 31 – Peso (%) dos equipamentos utilizados para produção de AQS.

Assim, na desagregação do consumo por tipo de equipamento utilizado, assumiram-se as seguintes hipóteses:

- Para os consumos de referência de cada fonte (*Efi*) utilizados para calcular a margem de erro da equação 2, assumiram-se os valores estimados no ICESD (excepto o referente à electricidade), assim como o número de alojamentos com cada tipo de equipamento;
- Ao considerar-se que cerca de 14% dos alojamentos utilizam electricidade (ver Figura 30) e que o peso de AQS é aproximadamente 5% do consumo eléctrico [34], [39], estimou-se que o consumo eléctrico

para AQS é cerca de 1321 kWh por alojamento, tendo sido este o valor de referência para o consumo de electricidade;

- O consumo eléctrico total associado a AQS é repartido pela utilização de termoacumuladores (90%) e de bombas de calor (10%);
- 100% do consumo de biomassa corresponde à utilização de caldeiras;
- 100% do consumo de GPL Garrafa corresponde à utilização de esquentadores;
- Do total de alojamentos com esquentadores, 23% utilizam gás natural, 10% utilizam GPL canalizado e os restantes 58% utilizam GPL Garrafa;
- Do total de alojamentos com caldeiras, considerou-se que 30% utilizam biomassa, 25% utilizam gasóleo de aquecimento e 45% utilizam gás canalizado (com base nas estimativas do INE);
- O sistema solar térmico apresenta uma eficiência global de conversão da energia recebida em energia útil de 40% e cobre cerca de 60% das necessidades de energia útil [53], [54];
- 50% dos alojamentos que têm painéis solares térmicos instalados utilizam sistemas eléctricos como sistemas de apoio os e os restantes 50% utilizam esquentadores (adaptado dos dados EFII).

Ainda relativamente ao sistema solar térmico, o ICESD indica um valor total de 17 559 tep, significando cerca de 2970 kWh por alojamento. Este valor tem em consideração a energia total recebida anualmente, tendo sido estimada com base na área média dos colectores instalados e na radiação solar média. Contudo, é necessário ter em consideração que este valor não é uniforme ao longo do ano. Nos meses de inverno, a energia solar recebida incidente não é suficiente e os sistemas solares térmicos necessitam de outra fonte de energia, de forma a complementar o fornecimento de energia útil necessária [54], razão pela qual se assume uma cobertura média de 60% das necessidades de energia útil anuais.

Assim, optou-se por estimar o valor da energia utilizada nos alojamentos com painéis solares térmicos instalados, a partir do valor das necessidades de energia útil (kWh/ano), calculado a partir da seguinte equação:

$$Q = \frac{4187 \times V \times N_p \times \Delta T \times N_d}{3600000} \quad (5)$$

onde V representa o volume de água consumida por pessoa em litros (l) por dia, N_p o número de pessoas que habitam no alojamento, ΔT a variação de temperatura necessária para aquecer a água, de uma temperatura inicial a 15°C para uma temperatura final de 45°C e N_d o número de dias do ano em que se consome água.

Assumindo-se $V = 40l$, $N_p = 3$ pessoas, $\Delta T = 30^\circ C$ e $N_d = 335$ dias, obtém-se o valor de 1403 kWh de energia útil requerida por alojamento.

A partir do valor calculado, estimou-se então o valor médio anual de energia recebida pelo sistema solar térmico, com base nas hipóteses assumidas em relação ao mesmo.

4.2.4 Iluminação

Além dos dados referentes ao consumo associado à iluminação, incluídos na Tabela 5, comparou-se a distribuição do tipo de lâmpadas utilizadas (a partir de dados do REMODECE, EFII e ICESD), representado na Figura 32.

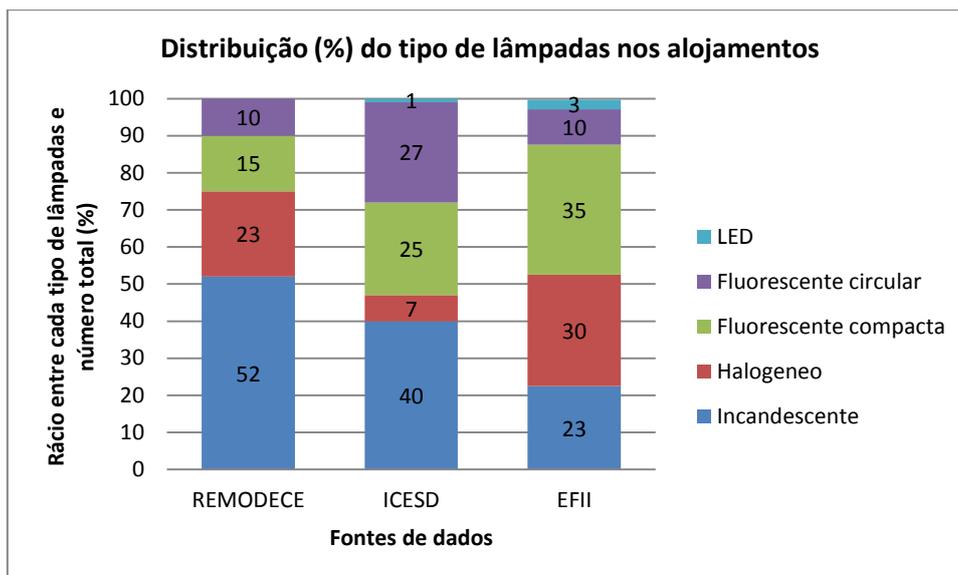


Figura 32 - Taxa de posse de cada tipo de lâmpada nos alojamentos.

Tendo em consideração que os três estudos (REMODECE, ICESD e EFII) foram realizados em anos diferentes (2008, 2010 e 2011, respectivamente), é possível analisar uma evolução do peso de cada tipo de lâmpada nos alojamentos. Observa-se que as lâmpadas incandescentes têm perdido relevância, enquanto o peso das lâmpadas fluorescentes tem aumentado.

De um modo geral, os dados indicam uma evolução positiva da utilização de determinado tipo de lâmpadas, no sentido do incremento de lâmpadas mais eficientes em detrimento das lâmpadas de baixo rendimento. O número médio de lâmpadas por alojamento é entre 11 a 16 [11], [34].

4.2.5 Cozinha

Relativamente ao consumo de energia atribuído aos equipamentos utilizados para cozinhar, foi possível obter comparações de dados relativos à taxa de posse de posse deste tipo de equipamentos, representada na Figura 33. Observa-se que os principais equipamentos incluídos nesta categoria estão presentes em quase 100% das amostras.

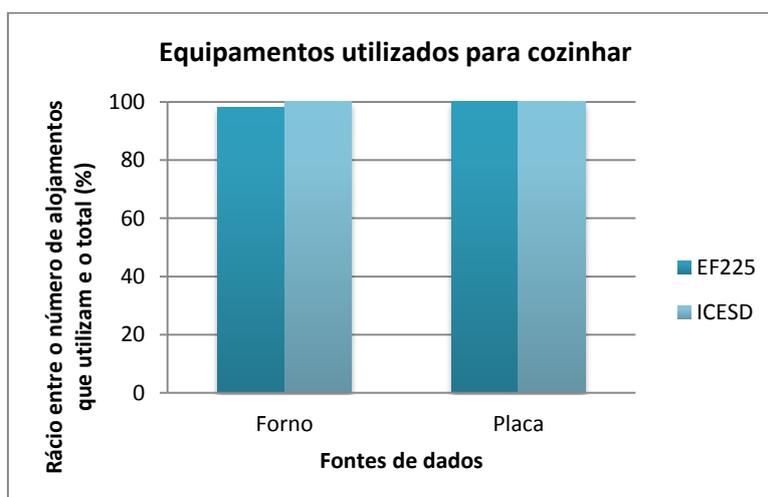


Figura 33 - Taxa de posse (%) dos equipamentos utilizados para cozinhar.

No que concerne os equipamentos forno e placa, cerca de 70% dos fornos são eléctricos e os restantes 30% são a gás. No caso das placas, a predominância é de placa a gás (fogão), existente em cerca de 80% dos alojamentos (sendo que os restantes 20% têm placas eléctricas).

Considerando os resultados incluídos na Tabela 5, no início deste capítulo, a proporção do consumo atribuído à utilização dos equipamentos para cozinhar representa 1 a 2% do consumo total de electricidade [34], [39], tendo sido estimado um valor de cerca de 74 kWh por alojamento [34]. Além disso, este valor foi validado com base em estimativas obtidas a partir das informações estabelecidas nas etiquetas energéticas deste tipo de produtos e do simulador da EDP [52] (ambas incluídas no Anexo E).

Quanto ao consumo de gás, associado à utilização do fogão, admite-se que cerca de 30% é de gás natural e 70% GPL. A única fonte de dados que fornece informação relativa ao consumo de gás deste tipo de equipamentos é o ICESD, sendo este valor cerca de 900 kWh por alojamento.

4.2.6 Equipamentos eléctricos

Nesta categoria, incluem-se todos os restantes equipamentos presentes nas habitações. O consumo eléctrico dos grandes electrodomésticos (equipamentos de frio e máquinas de lavar) foi abordado no início deste subcapítulo.

Quanto ao consumo associado aos restantes equipamentos eléctricos, as diferentes fontes de dados indicam uma gama de valores entre 518 a 798 kWh por alojamento.

Relativamente à taxa de posse deste tipo de equipamentos, observa-se na Figura 34 os equipamentos mais representativos das amostras provenientes de três estudos.

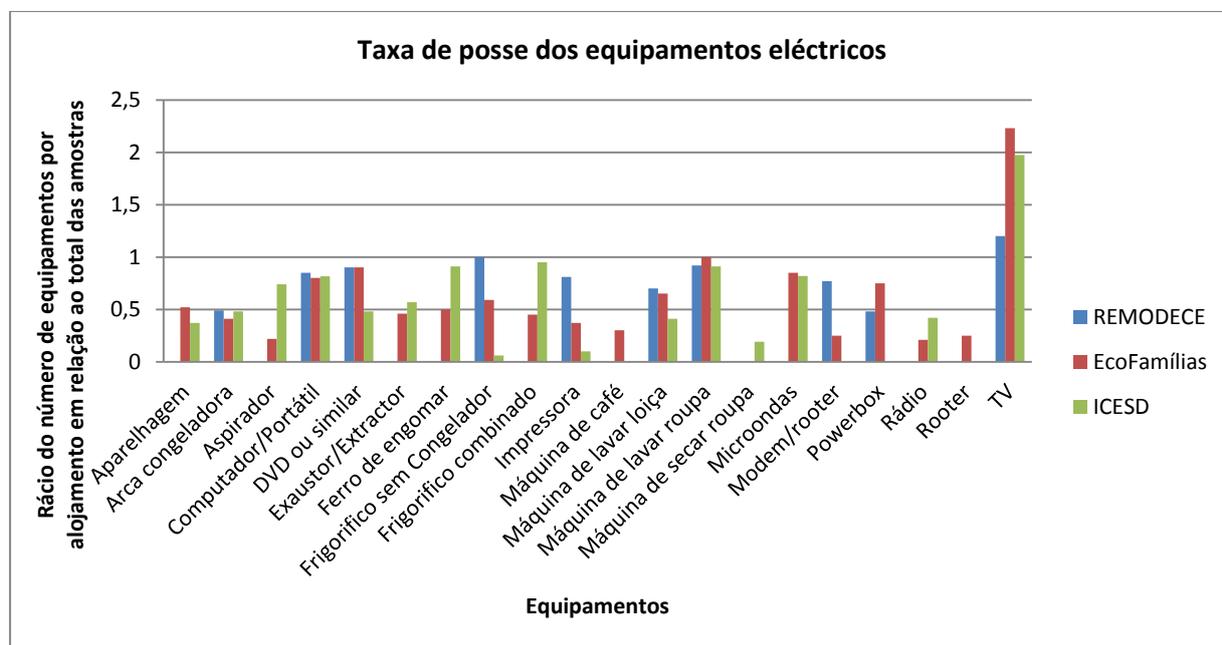


Figura 34 - Taxa de posse dos equipamentos eléctricos por alojamento.

Observa-se que os equipamentos englobados em grandes electrodomésticos estão presentes em mais de metade das amostras provenientes de todas as fontes de dados.

Relativamente aos restantes equipamentos eléctricos, considera-se que a maioria dos restantes equipamentos é responsável pelo consumo incluído nas categorias de informática e entretenimento, designadas na Tabela 5.

4.2.7 Consumos em modo *standby* e *offmode*

A maioria dos equipamentos eléctricos consome energia mesmo quando não estão a ser utilizados, mas encontram-se em modo *standby* ou *offmode* (quando não há indicação do consumo). O modo *standby* é definido como um modo não-operacional, em que o equipamento está ligado à electricidade, não estando a desempenhar a sua principal funcionalidade [34].

Os resultados de monitorizações deste tipo de equipamentos demonstram que a maior parte do consumo dos equipamentos mencionados em 4.2.6 está associada a estes modos não operacionais [41], [55]. De facto, foi aferido que o período (número de horas por dia) em *standby* ou *offmode* é, geralmente, superior ao período de funcionamento dos equipamentos [34], [39].

Algumas fontes de dados incluem valores referentes a estes consumos, embora em formas distintas de desagregação. A estimativa respeitante à desagregação do consumo associado a esta categoria, bem como dos equipamentos eléctricos em geral, encontra-se no Anexo E.

4.3 Sumário de resultados

Nesta secção apresentam-se os resultados da aplicação das metodologias e das hipóteses assumidas anteriormente, sendo que os resultados são apresentados em subcapítulos idênticos, correspondentes aos serviços de energia providenciados no sector residencial.

4.3.1 Aquecimento ambiente

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados (em base anual) dos procedimentos mencionados em 4.3.1, onde se observa que alguns valores obtidos não são coerentes com a hipótese de utilização equivalente de energia por alojamentos com sistemas de aquecimento idênticos.

Tabela 7 - Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/aloj) dos sistemas de aquecimento.

Equipamento	Fonte de energia	Energia final (kWh/aloj)	Energia útil (kWh/aloj)
Lareira aberta		6 200	620
Lareira com recuperador de calor	Biomassa	2 000	1 500
Salamandra		2 000	1 500
		2 800	2 100
Caldeira	GPL canalizado	633 - 1800	475 - 1350
	Gás natural	967 - 1900	726 - 1425
	Gasóleo	6 159	4 619
Ar condicionado (Bomba de Calor)	Electricidade	658 - 1000	2 500
		600	600
Aquecedor independente	GPL Garrafa	554	333

Os valores de energia útil e de energia final (em itálico), obtidos para as caldeiras de diferentes fontes energéticas, apresentam diferenças consideráveis. Considerando o intervalo em que se localizam os valores obtidos, verifica-se uma variação de 80% entre os valores máximos e mínimos. É de notar o facto de estes valores terem sido estimados a partir de diferentes metodologias.

Como referido, em relação aos dados do ICESD, os valores dos consumos atribuídos à utilização de caldeiras (com excepção da caldeira a biomassa) foram calculados directamente a partir dos valores do consumo de energia por fonte e do número de alojamentos que utilizam cada tipo de equipamento. É ainda de relevar que os dois últimos também são resultados de estimativas por parte do INE, sendo que o consumo de energia atribuído às várias fontes, bem como o número de alojamentos com determinado tipo de equipamento, foram extrapolados com base em dados da amostra analisada.

Além disso, os valores máximos obtidos para a utilização de caldeira com recurso a GPL canalizado e gás natural provêm de dados do EFII. Em comparação com os valores estimados para a caldeira a biomassa, estes são os que mais se assemelham. Assim, os valores máximos obtidos para as caldeiras de gás natural e de GPL e os valores obtidos para o sistema de caldeira a biomassa são os que apresentam maior grau de coerência.

Desta forma, na caracterização dos consumos de energia (capítulo 5), optou-se por estimar o valor médio (2 167 kWh por alojamento) a partir dos três valores anteriormente mencionados e assumi-lo como o valor

representativo do consumo de energia de sistemas com caldeira, independentemente da fonte de energia utilizada.

Relativamente aos valores obtidos para o consumo associado à utilização de equipamentos independentes, estes apresentam consistência, pelo facto de serem coerentes entre si e congruentes as características e tempo de utilização previsto dos mesmos.

Observa-se ainda que os resultados obtidos para as lareiras e para a salamandra são consistentes e, quando complementados com os valores do parágrafo anterior verifica-se uma das hipóteses assumidas, ou seja, alojamentos com lareira ou com salamandra também utilizam equipamentos independentes, sendo que a soma dos valores de energia útil de ambos resulta em cerca de 2 000 kWh por alojamento.

Tendo em consideração o valor mencionado, verifica-se ainda que, de um modo geral, alojamentos com sistemas de aquecimento central (com caldeiras ou bombas de calor) utilizam mais energia do que os restantes.

Por último, observa-se ainda que a média do consumo de biomassa dos alojamentos com lareira aberta é de uma ordem considerável, representando um consumo de, aproximadamente, 1.5 toneladas por ano (mais do dobro do consumo de alojamentos com sistema de recuperador de calor ou salamandra). Ainda assim, a energia útil é inferior a metade da energia obtida pelos últimos.

4.3.2 Arrefecimento ambiente

Neste subcapítulo apresentam-se os valores de energia final e de energia útil associada a cada tipo de sistema de arrefecimento estimados a partir de dois valores de energia final de referência (E_{fi}), como previamente descrito na secção 4.2.2. Os resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/alobj) dos sistemas utilizados para arrefecimento.

Equipamento	Energia final (kWh/alobj)	Energia útil (kWh/alobj)
Ventilador (ventoinha, ventilador de parede)	20 - 22	1 – 1.5
Ar Condicionado	336 - 416	1050 - 1300

Os valores de energia final para arrefecimento são semelhantes (diferem apenas em 12%) aos valores obtidos num outro estudo [43], que também se baseou em dados do ICESD.

Note-se que o valor de energia útil obtido para os sistemas de ar condicionado é quase o dobro do valor obtido para alguns equipamentos de aquecimento (ver subcapítulo precedente). Esta relação demonstra incongruência com resultados de estimativas obtidas, a partir das hipóteses estipuladas no REH, [48], que revelam necessidades nominais de energia útil para aquecimento superiores (duas vezes) às necessidades de energia útil para arrefecimento.

Contudo, verifica-se que os consumos anuais incluídos na Tabela 8 se aproximam dos valores estimados a partir dos dados das etiquetas energéticas dos respectivos equipamentos (399 kWh para os sistemas de ar condicionado e 22 kWh para os sistemas de ventilação).

4.3.3 AQS

Neste subcapítulo apresentam-se as estimativas resultantes dos procedimentos aplicados à desagregação do consumo de energia de equipamentos utilizados para o aquecimento de águas.

Os resultados obtidos para a energia final e energia útil dos principais equipamentos utilizados na produção de AQS encontram-se na Tabela 9, onde se constata diferenças na ordem de 70%, entre os valores máximos e os valores mínimos. Os intervalos de valores apresentados foram estimados a partir de diferentes fontes de informação (ICESD e EFII). Os restantes valores isolados foram estimados a partir de dados predominantemente provenientes do ICESD.

Tabela 9 - Valores de energia final e energia útil por alojamento (kWh/alój) dos sistemas de produção de AQS.

Equipamento	Fonte de energia	Energia final (kWh/alój)	Energia útil (kWh/alój)
Esquentador	Gás natural	1 500 – 2 653	1 125 – 1 990
	GPL canalizado	1 500 – 1 533	1 125 – 1 150
	Propano Garrafa	1 500 – 1 562	1 125 – 1 172
	Butano Garrafa	1 395 – 1 400	1 046 – 1 050
Caldeira	Gás natural	1 500 – 2 667	1 125 – 2 000
	GPL canalizado	1 500 – 1 733	1 125 – 1 300
	Biomassa	4 723	3 542
	Gasóleo	4 015	3 012
Termoacumulador	Electricidade	1 333	1 200
Bomba de Calor		800	2 000

Pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que o consumo de energia final dos esquentadores se situa num intervalo que varia entre 1395 kWh e 2653 kWh por alojamento, sendo a energia útil obtida de 1046 a 1990 kWh por alojamento. Os valores obtidos para o termoacumulador, bomba de calor e para a caldeira de GPL canalizado e de gás natural são coerentes com esses valores.

Por outro lado, as caldeiras com recurso a biomassa e a gasóleo apresentam valores de energia útil superiores, entre 3012 e 3542 kWh por alojamento, sendo estes os que apresentam os valores de energia mais elevados. Estes podem ser justificados por uma intensidade de ocupação (isto é, o número de pessoas residentes por alojamento) acima da média.

Contudo, estimativas obtidas a partir de diferentes dados (ICESD e EFII) apresentam coerência entre si, mesmo com valores de energia útil inferiores aos referidos no parágrafo anterior.

A Tabela 10 mostra os valores estimados para alojamentos com sistema solar térmico, a partir da hipóteses assumidas relacionadas com o sistema solar térmico e do valor global de energia útil por habitação, estimado na secção 4.2.3.

Tabela 10 – Valores de energia fornecida e de energia útil (kWh) para alojamentos que utilizam o sistema solar térmico.

	Energia fornecida (kWh/alobj)	Energia útil (kWh/alobj)
Painel solar	2 105	842
Sistemas de apoio		561
Total		1403

Com base nos resultados incluídos na Tabela 10, observa-se que o valor estimado para a energia útil requerida por alojamento, bem como o valor de energia fornecido ao sistema solar encontram-se dentro de valores estimados em trabalhos realizados no âmbito da utilização de energia solar para fornecimento de AQS.

Note-se ainda que a maioria dos valores de energia útil estimados para os vários equipamentos, incluídos na Tabela 9, aproximam-se do valor global de energia útil calculado em 4.2.3.

Desta forma, assume-se um grau de coerência razoável atribuído à maioria das estimativas obtidas, nomeadamente às referentes a todos os tipos de esquentadores, caldeiras de gás natural e de GPL canalizado, termoacumuladores e bombas de calor.

4.3.4 Iluminação

Os valores estimados para o consumo anual de electricidade associado à iluminação, provenientes dos diferentes estudos, apresentam um grau de coerência razoável, sendo a diferença entre valores extremos da ordem de 20%. Entre os estudos apresentados, o REMODECE e o EF225 incluíram amostras de ordem semelhante (na ordem das centenas) enquanto o ICESD inclui um conjunto de amostras superior a 7 000 alojamentos. No entanto, o último apresenta uma considerável discrepância (anteriormente referida) entre a soma dos valores de consumo por tipo de utilização e o valor do consumo total de electricidade. Assim, optou-se por estimar o valor da média aritmética desses valores. A Tabela 11 inclui os dados mencionados bem como o valor médio estimado a partir dos mesmos.

Tabela 11 - Valores de consumo de energia por alojamento associado à iluminação.

Fonte	Consumo de energia (kWh/alajamento)
REMODECE	333
EF225	267
ICESD	329
<i>Média</i>	310

4.3.5 Cozinha

Na Tabela 12 incluem-se os valores das estimativas para o consumo, por tipo de fonte, associado à utilização de equipamentos para cozinhar (forno e placa). Relativamente ao consumo de electricidade, para além do dado proveniente do REMODECE, foi estimado o consumo atribuído à utilização do forno (sendo este o principal responsável pelo consumo eléctrico deste serviço de energia) a partir de dados dispostos nas etiquetas energéticas e do simulador EDP. O consumo do gás é predominantemente atribuído à utilização do fogão.

Tabela 12 – Consumo anual de energia por alojamento, por tipo de fonte, associado à utilização de equipamentos para cozinhar.

Fonte	Consumo de gás (kWh/alojamento)	Consumo de electricidade (kWh/alojamento)
ICESD	900	-
EDP	-	111
REMODECE	-	74
Etiquetas energéticas	-	94.5
<i>Média</i>	900	93

Tendo em consideração as várias estimativas para o consumo de electricidade, optou-se também por calcular a média aritmética desses valores, considerando-se o valor médio obtido o consumo médio anual de electricidade para este tipo de utilização.

4.3.6 Equipamentos eléctricos

Na Tabela 5 constam estimativas do consumo eléctrico para os electrodomésticos de grande dimensão, nomeadamente os equipamentos de frio (frigoríficos e arcas) e máquinas de lavar roupa e lavar loiça.

Em relação aos equipamentos de frio, o peso no consumo eléctrico mantém-se na mesma ordem (de 20%) em três estudos, com a excepção do EESE que aponta uma percentagem de 32%. Contudo, quando se considera em conjunto os consumos o grupo dos grandes electrodomésticos, verifica-se coerência entre os mesmos (na ordem de 40%).

O consumo médio anual dos equipamentos de frio (incluindo frigoríficos e arcas) situa-se num intervalo de valores entre 600 e 923 kWh enquanto as máquinas apresentam consumos médios entre 333 e 671 kWh. Os valores máximos correspondem à informação proveniente de ASCASE, enquanto os valores mínimos provêm do REMODECE e EFII. Além do facto destas duas últimas fontes de dados serem de períodos mais distantes (2007 e 2008), salienta-se o facto de ambas apresentarem estimativas de consumos que variam entre 600 e 900 kWh que não foram incluídos em nenhuma categoria e poderão fazer parte dos valores de consumos dos equipamentos em consideração.

Por outro lado, os dados dos consumos providenciados pelo ASCASE são mais recentes, mas poderão estar sobrestimados, devido à medição do consumo de energia aparente.

Desta forma, optou-se por estimar o consumo médio anual atribuído aos equipamentos de frio, pela média aritmética dos valores provenientes das diferentes fontes de dados.

A Tabela 13 inclui os dados provenientes do REMODECE, EF225 e ASCASE, a partir dos quais se estimou os consumos médios anuais associados aos grandes electrodomésticos, bem como do consumo dos restantes equipamentos eléctricos (designados como *outros*), que também são incluídos na Figura 34, relativamente à representação da taxa de presença deste tipo de equipamentos nas habitações.

Tabela 13 – Valores de consumos de energia por alojamento associados aos equipamentos eléctricos.

Equipamentos	Consumo de energia (kWh/alojamento)			
	REMODECE	EF225	ASCASE	Valor estimado
Equipamentos de frio	740	600	923	754
Máquinas de lavar loiça	148	250	333	292
Máquinas de lavar roupa	259	300	360	330
Outros	-	-	-	1 267
Total (kWh/alojamento)				2 643

Pelo facto de os dados provenientes do EF225 e do ASCASE apresentarem valores idênticos em relação ao peso das máquinas no consumo eléctrico e pelo peso estimado pelo REMODECE ser de ordem inferior, o consumo dos respectivos equipamentos foi estimado apenas através da média entre os dados das duas primeiras fontes mencionadas.

O consumo associado a *outros* equipamentos foi estimado a partir da desagregação dos consumos eléctricos (detalhada no Anexo E). O valor estimado foi de 1267 kWh e inclui o consumo deste tipo de equipamentos em modo *standby* e *offmode*.

5 Caracterização dos consumos de energia no sector residencial

Neste capítulo apresentam-se os resultados da desagregação do consumo de energia para vários tipos de habitações. Estas tipologias baseiam-se na presença dos diferentes tipos de equipamento para aquecimento de águas e do ambiente.

Na caracterização de consumos, os mesmos são apresentados em kWh por alojamento (em base anual), como efectuado anteriormente. Tendo em consideração de que se tratam de consumos médios nacionais, as características típicas de um alojamento (obtidas da análise do capítulo 3) são as seguintes:

- Apartamento T3;
- Área média útil de 109 m²;
- Inserido num edifício com cobertura revestida a telhas cerâmicas ou de betão;
- Revestimento com reboco tradicional ou marmorite;
- Intensidade de ocupação entre 2 a 3 elementos;
- Certificação Energética C.

5.1 Consumo de energia por alojamento

Neste subcapítulo pretende-se representar a distribuição do consumo de energia nos tipos de alojamentos com maior predominância em Portugal, tendo por base as características indicadas no início do presente capítulo.

No capítulo 4.2.1 observou-se que os equipamentos de aquecimento com maior taxa de presença são as lareiras (ou salamandras), aquecimentos eléctricos independentes, caldeiras para aquecimento central e sistemas de ar condicionado (bomba de calor). Relativamente aos sistemas de aquecimento de água, os mais utilizados são os esquentadores, caldeiras, termoacumuladores e sistemas solar térmico, pela ordem descrita.

Assim, com base na predominância dos sistemas de aquecimento ambiente e de produção de AQS, obtêm-se seis perfis de alojamentos, para os quais se efectua a caracterização detalhada do consumo por serviço de energia e por tipo de fonte utilizada.

É de notar que para todos os perfis de habitações caracterizados, os consumos atribuídos à iluminação, equipamentos de cozinha e equipamentos eléctricos são considerados idênticos, uma vez que se estão a assumir habitações semelhantes nos termos das características mencionadas no início do presente capítulo. Assim, a diferenciação dos consumos baseia-se na utilização de diferentes tipos de equipamentos para o aquecimento ambiente e produção de AQS.

5.1.1 Habitação perfil 1

- Aquecimento ambiente: Lareira com recuperador de calor ou salamandra e equipamentos independentes (eléctricos).
- AQS: Esquentador a gás.

Na Figura 35 encontra-se representada a distribuição do consumo de energia de um alojamento onde se utiliza equipamentos independentes eléctricos e um recuperador de calor (lareira ou salamandra) para aquecimento do ambiente.

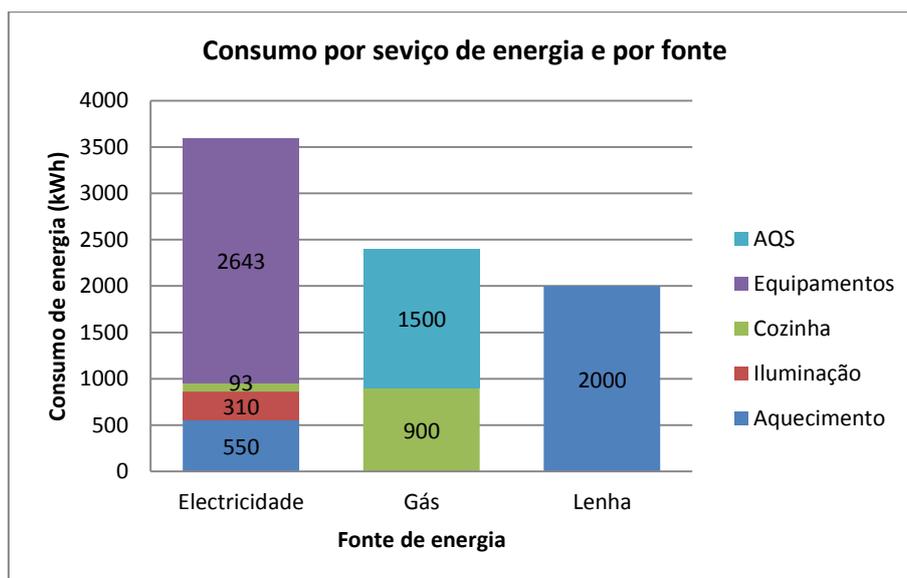


Figura 35 - Consumo (kWh por alojamento por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 1.

5.1.2 Habitação perfil 2

- Aquecimento ambiente: Lareira aberta e aquecedores independentes (GPL).
- AQS: Esquentador a gás.

Em conjunto com o perfil 1, este tipo de habitações representam entre 40 a 50% do total de alojamentos. A Figura 36 representa a distribuição dos consumos de energia numa habitação onde se utiliza a lareira aberta e aquecedores a GPL.

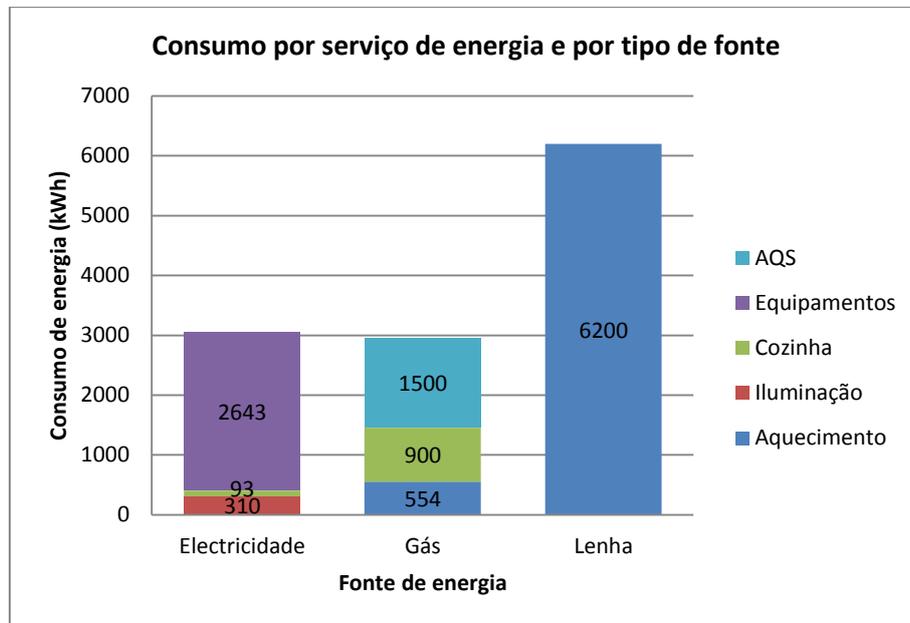


Figura 36 - Consumo (kWh por alojamento por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 1.

Em relação à Figura 35, além de diferenças de ordem reduzida no consumo de electricidade e de gás, destaca-se a variação considerável, na ordem de 70%, associada ao consumo de lenha. Como referido anteriormente, aquando da desagregação de consumos no subcapítulo 4.3.1, além do consumo de lenha nos alojamentos que têm lareira aberta ser muito superior ao de alojamentos com recuperador de calor ou salamandra, a energia útil utilizada nos primeiros é ainda de ordem inferior.

5.1.3 Habitação perfil 3

- Aquecimento: Equipamentos independentes eléctricos.
- AQS: Esquentador a gás.

Na Figura 37 encontra-se representada a distribuição do consumo de energia numa habitação de perfil 3, na qual se utiliza apenas equipamentos eléctricos (em média 2) para aquecimento ambiente. Este tipo de habitação representa cerca de 25 a 30% do total de alojamentos.

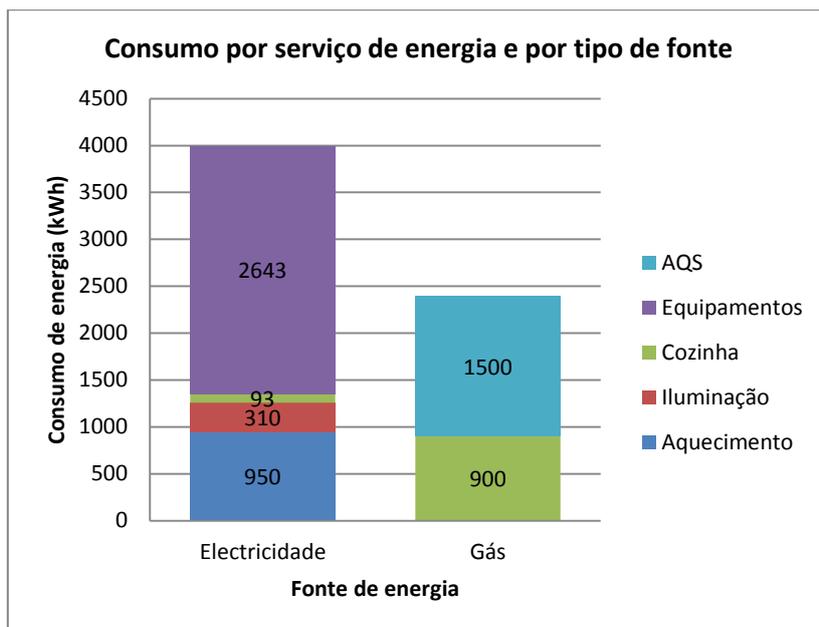


Figura 37 – Consumo (kWh por alojamento) por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 3.

5.1.4 Habitação perfil 4

Este tipo de habitação tem um sistema de aquecimento central (com caldeira a gás) para aquecimento ambiente e para produção de AQS, sendo que representa entre 5 a 10% do total de habitações.

Na Figura 38 encontra-se representada a distribuição do consumo de energia neste tipo de alojamento.

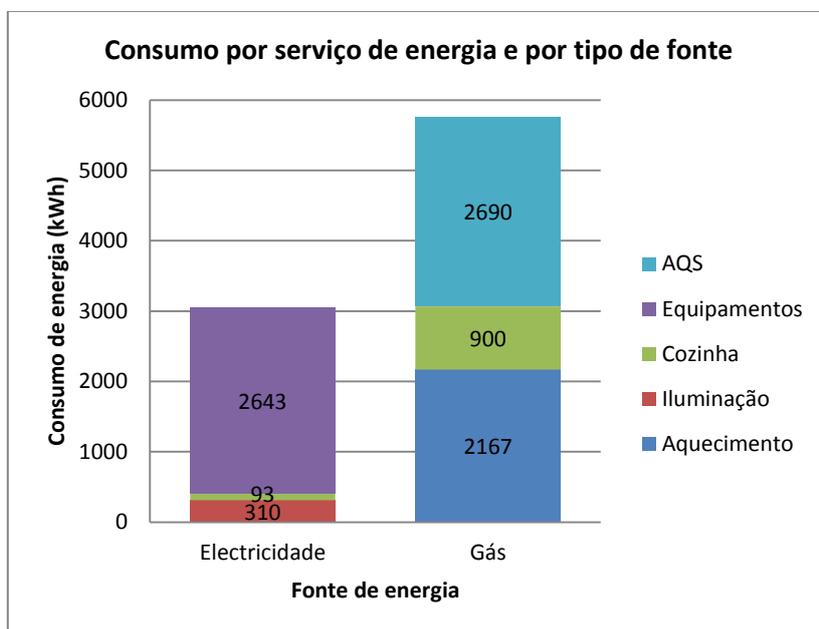


Figura 38 - Consumo (kWh por alojamento) repartido por serviço de energia numa habitação perfil 4.

O consumo de energia associado ao aquecimento, pelo sistema de caldeira central, foi estimado através da média dos resultados obtidos (em 4.3.1) pela utilização de diferentes fontes de energia. Salienta-se o facto de o consumo variar consideravelmente, dependendo do tipo de fonte energética utilizada, sendo que os resultados mais discrepantes são verificados no consumo de gasóleo. Na Figura 39 observa-se as diferenças obtidas, verificando-se coerência entre os valores estimados para a utilização de gás canalizado (GPL e gás natural).

Relativamente aos valores estimados para a utilização de caldeiras a biomassa e a gasóleo, estes poderão ser baseados em habitações com áreas superiores à média estimada (principalmente no caso do gasóleo, em que o consumo de energia associado ao aquecimento é muito superior aos restantes) e, também, em intensidades de ocupação acima da média (o consumo para aquecimento de água é proporcional, entre outros factores, ao número de pessoas que residem no alojamento).

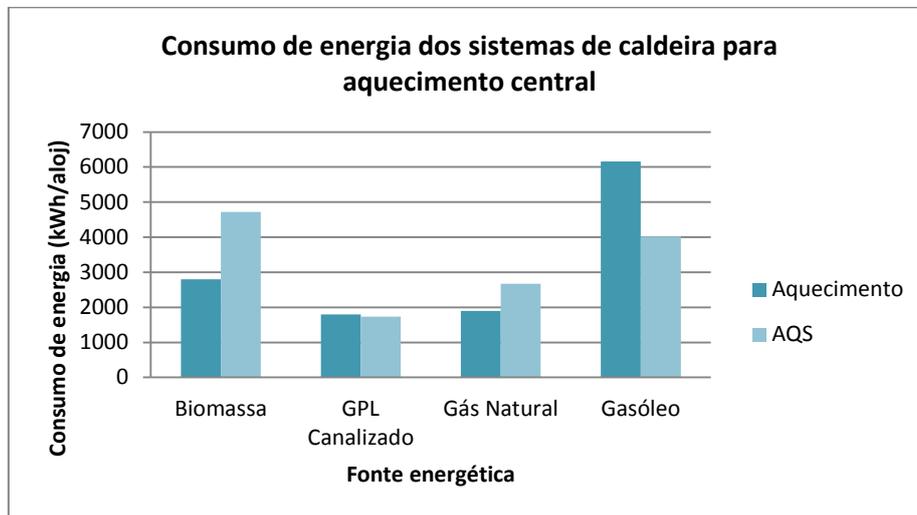


Figura 39 - Consumo de energia final (kWh por alojamento) de sistemas de caldeira.

5.1.5 Habitação perfil 5

- Aquecimento: Ar condicionado (bomba de calor).
- AQS: Esquentador a gás.

Na Figura 40 observa-se a distribuição do consumo de energia numa habitação de perfil 5, que representa cerca de 5% do total de habitações.

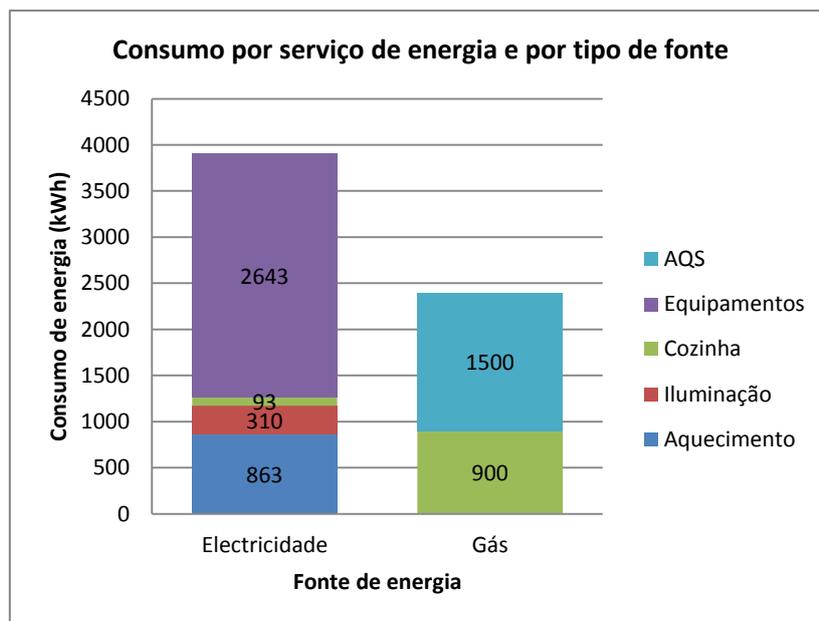


Figura 40 - Consumo (kWh por alojamento) por serviço de energia e por tipo de fonte numa habitação de perfil 5.

5.1.6 Habitação perfil 6

Para uma habitação de perfil 6, considerou-se a utilização de bomba de calor para aquecimento do ambiente e de água. Em termos de representatividade, deverá representar até 5% do total.

Este tipo de habitação depende apenas da fonte de energia eléctrica para todos os serviços de energia. Como tal, na cozinha, ao invés do fogão a gás, considerou-se a utilização da placa eléctrica (responsável pelo consumo anual de cerca de 227 kWh).

Na Figura 41 encontra-se representada a distribuição do consumo de energia pelos vários tipos de utilização final.

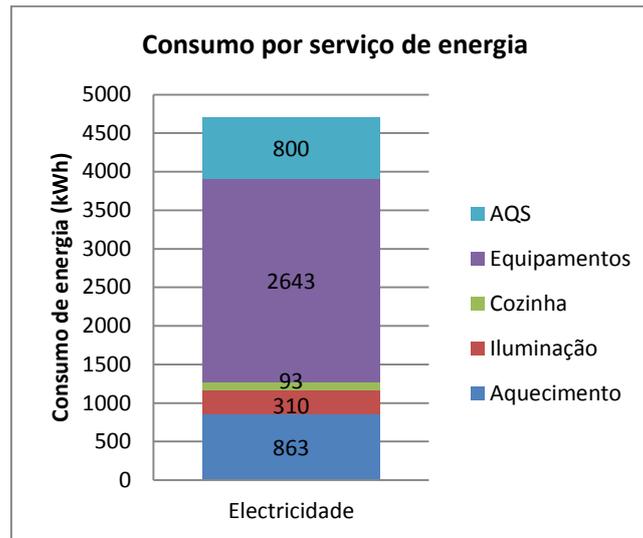


Figura 41 – Consumo (kWh por alojamento) repartido por serviço de energia numa habitação de perfil 6.

5.2 Indicadores nacionais de consumo energético

Neste subcapítulo são apresentados os valores do consumo de energia final por tipo de fonte, projectados para o panorama nacional, tendo como base as estimativas apresentadas no subcapítulo precedente. Os valores projectados são comparados com os valores do BEN e estimam-se ainda as emissões de dióxido de carbono associadas à utilização de cada fonte energética.

A Tabela 14 expõe, de um modo resumido, os consumos médios anuais, por fonte de energia, para os diferentes perfis de habitações. Os valores de representatividade de cada um dos sistemas, incluídos nos seis perfis de habitações, em relação ao total de alojamentos, encontram-se detalhados no Anexo F.

Tabela 14 - Consumos médios anuais (kWh por alojamento) das principais fontes de energia.

	Representatividade (%)	Electricidade (kWh/alobj)	Gás (kWh/alobj)	Lenha (kWh/alobj)
Perfil 1 (recuperador de calor e equipamentos eléctricos/ esquentador)	40 – 50	3 596	2 400	2 000
Perfil 2 (lareira aberta e aquecedor a GPL/ esquentador)		3 046	2 954	6 200
Perfil 3 (equipamentos eléctricos / esquentador)	25 – 30	4 024	2 400	-
Perfil 4 (caldeira para aquecimento central)	10 – 15	3 046	5 757	-
Perfil 5 (bomba de calor / esquentador)	5 – 10	3 909	2 400	-
Perfil 6 (bomba de calor)	1 – 5	4 709	-	-

De um modo geral, os resultados demonstram que o consumo de energia de alojamentos com sistemas de aquecimento centralizados (como a bomba de calor e caldeira) é superior ao de alojamentos com equipamentos independentes. Salienta-se ainda o facto de o consumo eléctrico de uma habitação de perfil 2, que utiliza apenas equipamentos independentes para o aquecimento ambiente, ser muito semelhante ao consumo de uma habitação de perfil 3, onde se utiliza o sistema de bomba de calor, que tem uma ordem de eficiência cerca de 3 vezes superior.

Relativamente ao consumo de gás, observa-se que o consumo médio anual de um alojamento que utiliza gás natural ou GPL para aquecimento ambiente, através do sistema de caldeira para aquecimento central, é superior (acima de 50%) ao de um alojamento que depende da utilização de gás apenas para cozinhar e aquecer água (e utiliza esquentador). Assim, observa-se que os alojamentos com sistema de caldeira são os que apresentam os valores de consumo de energia final mais elevados.

O consumo de electricidade mais elevado está, evidentemente, associado ao perfil 5, onde todos os serviços de energia dependem da energia eléctrica. No entanto, este tipo de habitação é o que apresenta menor representatividade (no máximo, 5%) em relação ao total dos alojamentos.

Com base na predominância dos perfis de habitações, estimou-se os valores de consumo médio nacional e efectuou-se a conversão de unidades para tonelada equivalente de petróleo (tep), de modo a possibilitar a comparação com os valores publicados nos balanços energéticos de 2010 e 2013. Assim, de modo a calcular o consumo final de cada fonte de energia, utilizou-se a equação 5:

$$C(i) = \sum_{j=1}^n (E_{f(i)j} \times R_j) \times P_i \times A_t \quad (5)$$

onde $E_{f(i)j}$ corresponde à energia final da fonte de energia i de cada perfil, R_j corresponde à representatividade do perfil, P_i corresponde à razão entre o número de alojamentos que utiliza a fonte i e o número total de alojamentos e A_t representa o número total de alojamentos.

As projecções de consumo nacional e respectivas diferenças em relação ao BEN são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Valores de consumos nacionais projectados por tipo de fonte e a variação percentual (%) em relação aos valores do BEN.

	Electricidade	Gasóleo	GPL	Gás Natural	Lenha	
Consumo 2010 (tep)	1 234 664	124 328	583 440	292 213	365 355	
BEN 2010 (tep)	1 248 873	124 636	554 479	300 266	705 875	
Consumo 2013 (tep)	1 258 681	124 579	594 789	297 898	434 246	
BEN 2013 (tep)	1 059 014	60 117	452 570	245 732	769 940	
Δ (%)	2010	-1.1	-0.3	5.2	-2.7	-48.2
	2013	18.9	107.2	29.7	21.2	-43.6

Em comparação com os valores do BEN, os valores projectados para o consumo de electricidade, GPL e gás natural apresentam variações muito reduzidas para o ano de 2010. Em relação a 2013, verifica-se um ligeiro aumento desta diferença, uma vez que, de acordo com os dados do BEN, o consumo de energia final tem decrescido desde 2010. Além disso, os resultados da desagregação de consumos, em que se basearam as projecções nacionais, são provenientes de dados recolhidos até 2011 (com excepção da electricidade).

Em relação ao consumo de gasóleo, verifica-se uma discrepância bastante considerável em relação ao valor publicado no BEN de 2013, enquanto o valor relativo a 2010 é apresentada uma elevada conformidade. Neste caso, a única fonte de informação relativa a valores de consumo do gasóleo foi o ICESD, justificando-se a coerência verificada em relação ao valor do BEN de 2010. Não obstante, o consumo de gasóleo, de acordo com os dados do BEN, tem diminuído notavelmente, destacando-se uma diferença entre os valores de 2010 e 2013 de ordem semelhante à variação verificada nos valores extrapolados a partir das estimativas no âmbito do presente trabalho. Adicionalmente, observa-se que os valores publicados no BEN em anos anteriores a 2010 eram consideravelmente inferiores (entre 2009 e 2010, o consumo passou de 9 455 tep a 124 636 tep).

Desta forma, supõe-se que o valor do consumo do gasóleo estimado pelo ICESD, o qual serviu de base aos resultados publicados a partir de 2010, esteja sobrestimado. Esta sobrevalorização poderá fundamentar a discrepância verificada em relação ao consumo de energia de alojamentos que utilizam caldeiras a gasóleo (como foi observado na secção 4.3.1).

Relativamente ao consumo de lenha, a projecção para o panorama nacional é inferior (em mais de 40%) em relação aos valores publicados no BEN. Esta discrepância é justificada pelo facto da utilização de lenha na cozinha (estimada pelo ICESD) ter sido desprezada. Assumiu-se esta hipótese com base na ausência de dados correspondentes, provenientes de outras fontes de informação.

6 Conclusões

O principal objectivo desta dissertação consistiu em efectuar uma caracterização, da forma mais detalhada possível, do consumo de energia no sector residencial em Portugal, tendo como base os dados provenientes de diversas fontes de informação. Desta forma, pretendeu-se colmatar inconsistências existentes entre os dados disponíveis e desagregar os consumos de energia com um nível suficientemente detalhado, a partir dos quais se possam desenvolver indicadores de eficiência energética, como é recomendado pela AIE e pelo Eurostat.

Assim, estimaram-se valores de consumos, representativos à escala nacional, para todos os serviços de energia a partir das várias fontes energéticas utilizadas.

De um modo geral, verificou-se que os equipamentos eléctricos representam a grande maioria (superior a metade) do consumo de electricidade. Além disso, observou-se que o consumo eléctrico atribuído ao aquecimento ambiente é idêntico entre alojamentos com diferentes sistemas de aquecimento, independentemente da ordem de eficiência dos mesmos. Esta observação indica que nos alojamentos em que se utilizam equipamentos mais eficientes também se utiliza mais energia.

Ainda no que concerne o consumo de electricidade, o serviço de energia com menor peso é o arrefecimento ambiente, sendo que este é utilizado apenas por 20% dos alojamentos.

A iluminação representa, no máximo, 10% do consumo de energia eléctrica, tendo sido verificada uma evolução positiva no sentido da utilização de lâmpadas mais eficientes.

Relativamente ao consumo de gás, o serviço de energia de maior proporção é a produção de águas quentes sanitárias. Na maioria dos perfis de habitações caracterizados, este serviço de energia é responsável por 60% do consumo do gás. Em relação ao tipo de gás utilizado, o GPL garrafa representa a grande maioria (está presente em cerca de 65% dos alojamentos) enquanto apenas cerca de 25% utilizam gás canalizado, sendo este maioritariamente representado pelo gás natural (96%).

O consumo de lenha está predominantemente associado ao aquecimento ambiente (a partir do qual se estimou um consumo de 4.4 milhões de toneladas) e é utilizado por 40% dos alojamentos.

É importante destacar que, na maioria dos casos, não se verificou discrepâncias significativas em relação aos valores do consumo de energia final dos balanços energéticos nacionais. Desta forma, é possível aferir-se que os valores estimados no âmbito deste trabalho podem ser representativos de consumos detalhados do sector residencial em Portugal.

Contudo, é de relevar o facto de as diversas estimativas terem sido baseadas em dados provenientes de diferentes fontes de informação, com diferentes níveis de detalhe na desagregação de consumos. Por isso, em alguns casos, assumiram-se hipóteses baseadas em dados de uma determinada fonte, de forma a estimar os valores de consumos com o nível de detalhe desejado. Adicionalmente, salienta-se que os valores estimados não apresentam níveis de validação idênticos. Por exemplo, o consumo de gás na cozinha, bem como o consumo de gasóleo foram estimados apenas a partir de dados do ICESD enquanto as restantes estimativas foram obtidas a partir do cruzamento de dados de, pelo menos, duas fontes de informação.

Relativamente aos consumos estimados para os vários serviços de energia caracterizados, observou-se variações entre os valores de energia utilizados em alojamentos com diferentes tipos de sistemas de

aquecimento ambiente. Não obstante, verificou-se que os valores de energia útil, a partir dos quais se estimou os consumos de energia final para os diversos tipos de equipamentos, demonstram ser de ordem inferior às necessidades de energia nominais, estipuladas pelo REH.

Assim, num trabalho futuro, considera-se de interesse focar o consumo específico atribuído à utilização dos equipamentos para aquecimento ambiente, bem como a energia realmente utilizada (energia útil), salientando-se o facto de, no âmbito desta dissertação, terem sido estes os valores estimados com um maior grau de incerteza. Este grau de incerteza deve-se ao facto de os valores referidos terem sido estimados com base num determinado número de hipóteses e de, ainda assim, terem sido obtidos valores discrepantes.

Além da referida comparação com os valores estipulados no REH, é de relevar que, durante o desenvolvimento desta dissertação, foram validados dados de etiquetas energéticas de diversos equipamentos, cuja regulamentação foi estipulada no seguimento da Directiva 2010/30/EU.

Por último, importa realçar que todas as estimativas, bem como a caracterização final dos perfis habitacionais, são baseadas em dados relativos a habitações de residência habitual. Contudo, será necessário ter em consideração que uma proporção considerável (19%) do sector habitacional em Portugal é de carácter secundário. A recolha de dados relativos a este tipo de habitações é, naturalmente, dificultada pelo facto de serem ocupadas apenas durante curtos períodos de tempo. No entanto, devido à sua considerável representatividade em relação ao total de alojamentos, será expectável uma influência significativa no consumo de energia deste sector.

Referências

- [1] International Energy Agency (IEA), “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics,” no. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics, p. 387, 2014.
- [2] OECD/IEA, “Executive summary,” in *Energy Efficiency Market Report 2013*, no. 140, 2013, pp. 16–23.
- [3] Certieco Energia, “Certificação Energética,” 2015. [Online]. Available: <http://www.certieco-energia.pt/#!untitled/cwjd>. [Accessed: 20-Apr-2015].
- [4] European Commission, “EU Energy Markets,” in *Energy*, no. November, European Union, 2014.
- [5] Eurostat, “Electricity and heat statistics,” 2014. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_and_heat_statistics.
- [6] Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Renováveis - Estatísticas rápidas n.º 122,” 2014.
- [7] IPCC, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Technical Summary*. 2014.
- [8] R. Fernandez and J. Watterson, “End-user GHG emissions from energy - Reallocation of emissions from energy industries to end users 2005–2010,” 2012.
- [9] Eurostat, “Greenhouse gas emissions by industries and households,” 2015. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emissions_by_industries_and_households#Analysis_by_economic_activity.
- [10] Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Energia em Portugal,” 2013.
- [11] I. P. /DGE. INE, “Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010,” Lisboa, Portugal, 2011.
- [12] Eurostat, “Energy dependence,” 2015. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdcc310&plugin=1>. [Accessed: 10-May-2015].
- [13] Comissão Europeia, “Estratégia europeia de segurança energética,” *SWD(2014) 330 final*, 2010. .
- [14] Eurostat, “Consumption of energy,” 2015. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy#End-users. [Accessed: 25-Aug-2015].
- [15] Comissão Europeia, “Desafios e políticas no domínio da energia - Contribuição da Comissão para o Conselho Europeu de 22 de maio de 2013,” 2013.
- [16] European Commission, “Energy Strategy,” 2015. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>.
- [17] Directorate-General for Economic and Financial Affairs, “Member State’s Energy Dependence: An Indicator-Based Assessment,” in *EUROPEAN ECONOMY*, vol. 196, European Commission, 2014.
- [18] Eurostat, “Gross domestic product at market prices,” 2015. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tec00001&plugin=1>.
- [19] Eurostat, “Glossary:Gross inland energy consumption,” 2013. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Gross_inland_energy_consumption.

- [20] European Commission, “Energy Security Strategy,” 2015. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/node/192>.
- [21] International Energy Agency (IEA), “European Union - Executive Summary,” in *Energy Policies of IEA Countries*, 2014.
- [22] European Union, “Manual for statistics on energy consumption in households,” in *Manuals and guidelines - Environment and energy*, Luxembourg, 2013, p. 170.
- [23] European Commission, “COMMISSION STAFF WORKING PAPER IMPACT ASSESSMENT Accompanying the document DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on energy efficiency and amending and subsequently repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC,” vol. SEC(2011), 2011.
- [24] Comissão Europeia, “DIRECTIVA 2010/30/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de Maio de 2010 relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas,” *J. Of. da União Eur.*, 2010.
- [25] Comissão Europeia, “Directiva 2010/31/UE de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios,” 2010. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF>.
- [26] European Commission, “Energy Efficiency Directive,” 2015. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>.
- [27] C. Jan Rosenow, Dan Forster, Bettina Kampman and N. E. Leguijt, Zsuzsanna Pato, Anna-Liisa Kaar, “Study evaluating the national policy measures and methodologies to implement Article 7 of the Energy Efficiency Directive - Final Report,” 2015.
- [28] A. M. Dias, A. Teixeira, F. Azevedo, L. Gonçalves, M. D. Guerra, R. R. (coordenação), S. R. (coordenação), and A. A. (diretor), “Relatório do Estado do Ambiente 2013,” 2013.
- [29] “DGEG,” 2015. [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>.
- [30] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Balanço Energético Sintético 2014,” 2015.
- [31] Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Estratégia Nacional para a Renovação de Edifícios,” 2014.
- [32] European Commission, “Smart grids and meters,” 2015. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters>.
- [33] D. Salta, “Desagregação de consumos de electricidade residenciais com recurso a apenas um sensor,” Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, 2011.
- [34] A. De Almeida and P. Fonseca, “Residential monitoring to decrease energy use and carbon emissions in Europe - D9: Report with the results of the surveys based on questionnaires for all countries,” Coimbra, 2008.
- [35] World Business Council for Sustainable Development, “Energy Efficiency in Buildings – Transforming the Market,” 2009.
- [36] I. P. Instituto Nacional de Estatística, “Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal,” 2011.

- [37] A. et. al. Fornari, “Eficiência energética nos edifícios residenciais,” 2008.
- [38] Quercus, “EcoCasa,” 2015. [Online]. Available: http://ecocasa.pt/e_ecofamilias.php.
- [39] DGGE / IP-3E, “Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial,” 2004.
- [40] Energia, “EnergyProfiler: Perfil Energético Do Setor Residencial,” 2011.
- [41] “A Sua Casa, A Sua Energia,” 2015. [Online]. Available: <http://casaenergia.pt/>.
- [42] “About FROnT,” 2015. [Online]. Available: <http://www.front-rhc.eu/about/>.
- [43] S. M. C. Magalhães and V. M. S. Leal, “Characterization of thermal performance and nominal heating gap of the residential building stock using the EPBD-derived databases: The case of Portugal mainland,” *Energy Build.*, vol. 70, pp. 167–179, 2013.
- [44] J. P. Gouveia, P. Fortes, and J. Seixas, “Projections of energy services demand for residential buildings: Insights from a bottom-up methodology,” *Energy*, vol. 47, no. 1, pp. 430–442, 2012.
- [45] L. Tirone, “Coberturas Eficentes,” 2011.
- [46] Instituto Nacional de Estatística (INE), “Estatísticas da Construção e Habitação 2013,” 2013.
- [47] G. de Portugal, “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013,” *Diário da República*, 2.ª série — N.º 234 — 3 de dezembro, 2013. [Online]. Available: <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2013/12/234000003/0002600031.pdf>.
- [48] S. Letras, “Necessidades nominais de energia em edifícios de habitação : comparação entre as metodologias do RCCTE , REH e modelo 5R1C Necessidades nominais de energia em edifícios de habitação : comparação entre as metodologias do RCCTE , REH e modelo 5R1C,” Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa, 2014.
- [49] G. Boyle, *Renewable Energy - Power For A Sustainable Future*. Oxford University Press, 2004.
- [50] P. M. Gordon Sutherland, Eduardo Maldonado, Peter Wouters, Marianna Papaglastra, “Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD),” in *Featuring Countries Reports 2012*, .
- [51] Construção Sustentável, “Sistemas de Aquecimento com Biomassa,” 2012. [Online]. Available: <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-%7C%7C-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Page-2>.
- [52] Energias de Portugal (EDP), “Simulador de Potência e Consumo,” 2015. [Online]. Available: <https://www.edp.pt/pt/particulares/bemvindoaedp/Pages/SimuladordePotenciaeConsumo.aspx>.
- [53] A. Santos, “Avaliação de Sistemas Solares Térmicos de Produção de Água Quente Sanitária em Edifícios de Habitação Multifamiliar Engenharia Mecânica,” Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, 2012.
- [54] M. N. Cusseiala, “Modelação de sistemas de armazenamento de energia térmica para aumentar a penetração de energias renováveis na produção de electricidade,” Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, 2013.
- [55] F. Ferreira et al., “Projecto EcoFamílias225,” 2008.

ANEXOS

Anexo A: Alojamentos familiares clássicos ocupados como residência habitual

Relativamente ao número de alojamentos existentes em Portugal, efectuou-se uma estimativa para cada ano, tendo em consideração que entre 2001 e 2011 (anos em que existem dados oficiais dos Censos) ocorreu um aumento anual médio de 1.238%. Os valores obtidos são similares aos os valores estimados em estudos de anos intermédios (como o REMODECE em 2008 e o ICESD em 2010). De 2011 para 2012, a taxa de aumento decresceu para 0.5% e na transição de 2012 para 2013 foi de 0.32% [46]. A Tabela A.1 inclui todos os valores referidos.

Tabela A.2 - Valores anuais de alojamentos familiares clássicos ocupados como residência habitual em Portugal

Ano	Número de Alojamentos	Taxa de aumento anual	Fontes de dados
2001	3 551 229		<i>Censos</i>
2004	3 683 194		
2005	3 727 182		
2006	3 771 171		
2007	3 815 159	1,24%	<i>3 839 300 - REMODECE</i>
2008	3 859 147		
2009	3 903 135		
2010	3 947 124		<i>3 932 010 - ICESD</i>
2011	3 991 112		<i>Censos</i>
2012	4 011 068	0,50%	
2013	4 023 903	0,32%	

Anexo B: Eficiência dos sistemas de climatização e de AQS

Tipo de sistema	Eficiência	Idade do sistema	Fator
Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-
Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80
Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95
		Até 1995	0,80
Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80
Sistemas de ar condicionado para arrefecimento ambiente, aquecimento ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.	2,50	Entre 1 e 10 Anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80

Anexo C: Dados A Sua Casa, A Sua Energia

I. Consumo médio anual global

Tabela A.1 – Consumos médios anuais dos alojamentos monitorizados no âmbito do projecto.

Alojamentos	Consumo médio anual (kWh)			
	2012	2013	2014	2015
F1			4 590	6 070
F2	23 031	14 228	13 087	15 480
F3	13 206	11 522	11 464	
F4			4 989	5 478
F5	4 745	3 839	4 714	6 816
F6		3 136	4 071	3 466
F7		3 033	3 185	
F8			10 240	20 377
F9	4 143	3 940		
F10			3 235	3 840
F11		7 018	8 357	8 673
F12	2 770	2 317	2 402	2 559
F13		16 196	16 253	18 319
F14	5 930	6 103		6 706
F15	9 844	10 741	10 318	11 361
F16			15 080	12 625
F17		4 079	4 588	4 654
F18	10 265	19 325	13 976	18 948
F19			4 401	3 233
F20			1 973	2 032
F21			3 907	3 363
F22	1 728	2 164	1 716	
F23		14 746	12 889	
F24		1 683	1 899	
F25	6 553	6 320	5 595	6 843
F26	1 560			
F27			4 773	4 350
F28		1 923	2 490	
F29			4 524	
F30			5 994	
F31		4 717	3 888	5 246
F32	3 125	2 825	2 736	2 557
F33	2 520	2 518		
F34			3 347	3 362
F35		5 414	7 766	
F36			6 398	6 531
F37			5 255	4 784
F38	1 953	1 957		2 913
F39		1 329	1 332	

Tabela A.1 (continuação) – Consumos médios anuais dos alojamentos monitorizados no âmbito do projecto.

Alojamentos	Consumo médio anual (kWh)			
	2012	2013	2014	2015
F43	2 808	2 566		
F44	5 315	7 568	5 935	5 232
F45	7 493	7 061	6 671	8 442
F46		4 962	4 469	4 284
F47	6 807	5 199	5 668	6 450
F48		8 859	6 272	6 499
F49		7 013	7 377	9 113
F50	9 085	9 653		
F51	5 373	5 006	5 000	4 976
F52	1 604	2 042	2 369	2 443

Tabela A.2 – Medições estatísticas das amostras de valores utilizados.

	2012	2013	2014	2015
Média	3 910	4 209	4 470	4 882
Desvio-Padrão	2 018	2 084	1 757	1 836
Coefficiente de Variação	0,52	0,50	0,39	0,38
Mínimo	1 560	1 329	1 332	2 032
Máximo	7 493	8 859	8 357	8 673

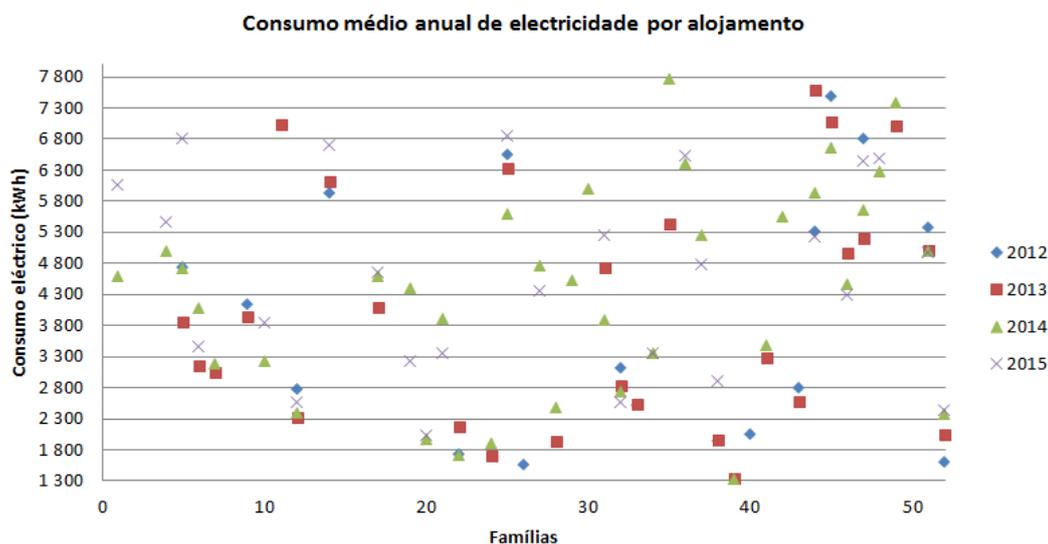


Figura A.1 – Consumo médio anual de electricidade (kWh/alobj)

II. Estimativa do consumo para aquecimento

Nas Figuras C.1 – C.4 estão representados os gráficos obtidos para os consumos médios mensais, de 2012 a 2015, das amostras em que se verificou um coeficiente de variação (CV) superior a 40%.

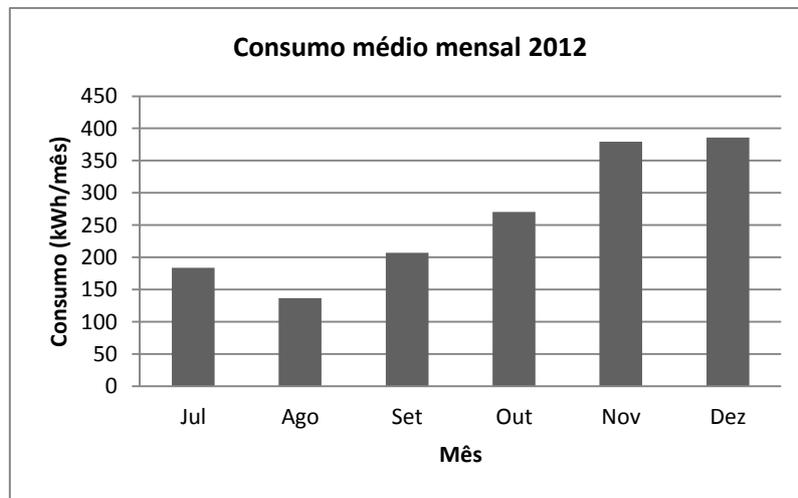


Figura C.1 – Consumos médios mensais no ano de 2012 de amostras com CV superior a 0.4

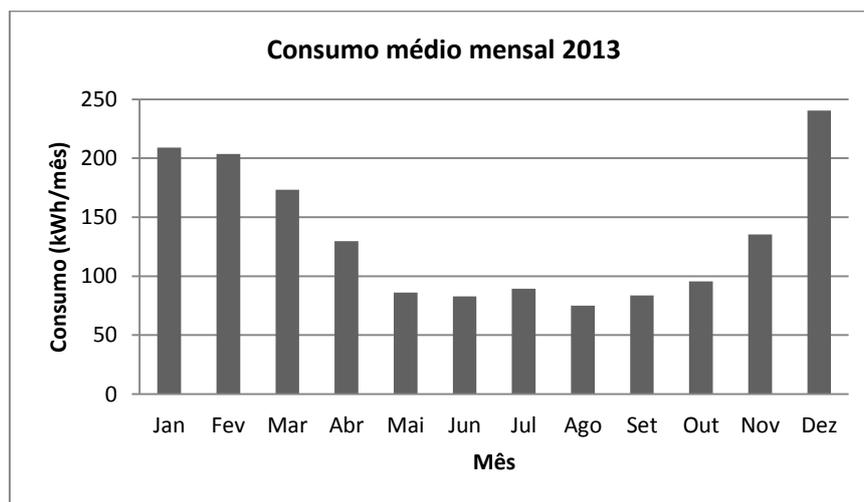


Figura C.2 Consumos médios mensais no ano de 2013 de amostras com CV superior a 0.4

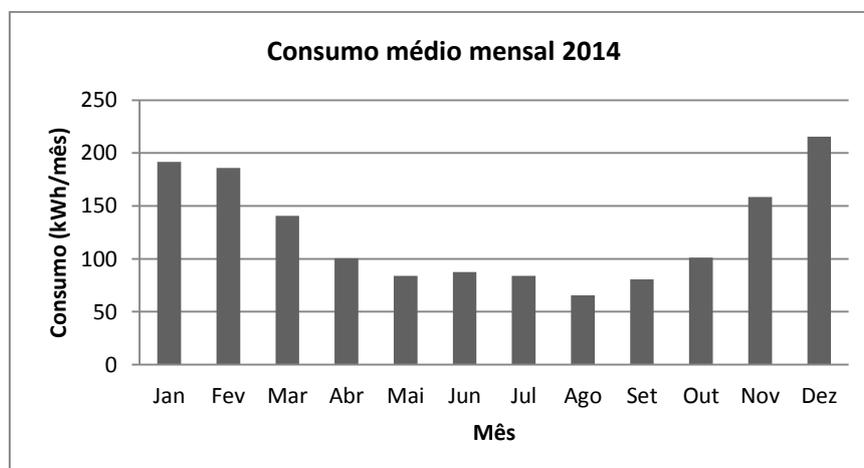


Figura C.3 - Consumos médios mensais no ano de 2014 de amostras com CV superior a 0.4

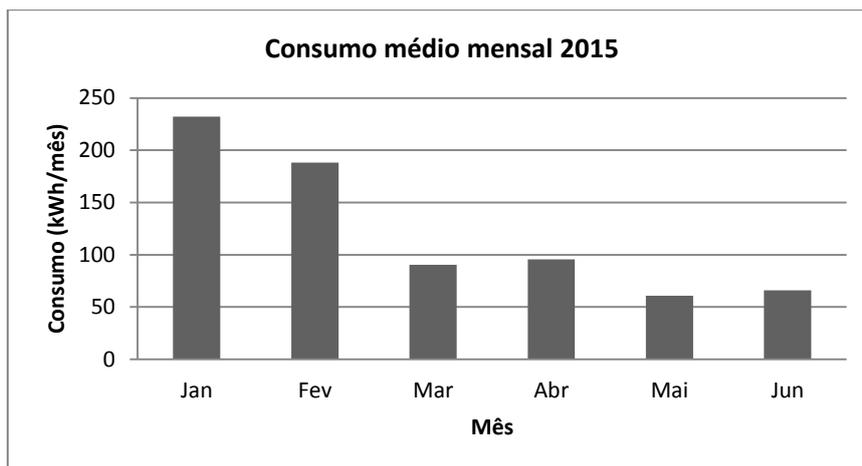


Figura C.4 Consumos médios mensais no ano de 2015 de amostras com CV superior a 0.4

Tabela C.1 – Consumos médios (kWh) das amostras com CV > 0.4.

	2013	2014	2015
Média do consumo mensal no período Novembro – Abril (kWh)	181.9	178.4	151.7
Média do consumo mensal no período Maio – Outubro (kWh)	85.42	86.2	63.5
Estimativa do consumo médio anual atribuído ao aquecimento	578.9	491.3	528.8

Tabela C.2 – Média dos consumos (kWh) correspondente ao conjunto total de amostras no período de aquecimento.

	2013	2014	2015
Média do consumo anual no período Novembro – Abril (kWh)	880.7	1007.6	554.5
Média do consumo anual de amostras com uma média mensal superior à correspondente ao período Novembro – Abril (kWh)	1318.8	1432.8	842.5
Estimativa do consumo médio anual atribuído ao aquecimento (kWh)	438.1	425.3	448.0

Tabela C.3 – Valores estimados para o consumo associado ao aquecimento eléctrico.

	Consumo médio anual associado a aquecimento (kWh/ano)
Média das estimativas da Tabela C.1	523
Média das estimativas da Tabela C.2	437
Valor médio das duas metodologias	480

III. Estimativa do consumo para arrefecimento

Tabela C 4 – Valores estimados para o consumo associado eléctrico atribuído à utilização de sistemas de arrefecimento.

	2013	2014
Média do consumo anual no período Junho – Agosto (kWh)	279.5	240.9
Média do consumo anual de amostras com uma média mensal superior à correspondente ao período Junho – Agosto (kWh)	424.3	372.3
Estimativa do consumo médio anual atribuído ao arrefecimento (kWh)	144.8	125.1

Anexo D: Dados de consumos de equipamentos

Tabela D.1 - Dados relativos a sistemas de ar condicionado.

Modelo	Classe Energética	SCOP/ SEER	Consumo em Aquecimento/ Arrefecimento	Unidades	Fonte
WHIRLPOOL - SPIW 418 - 18000 BTUS	A / A++	3.8 / 6.1	1733 / 287	kWh/ano	https://www.prinfor.pt/ar-condicionados/88386-ar-condicionado-whirlpool-spiw-418-18000-btus.html
LG - E12EM	A / A+	3.8 / 5.8	1400 / 211	kWh/ano	https://www.prinfor.pt/ar-condicionados/89588-ar-condicionado-lg-e12em-composto-de.html
MITSUBISHI Inverter 4.5 KW DXK15Z5	A		1.39 / 1.42	kWh	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/climatizacao-de-ar-condicionado/ar-condicionado-mitsubishi-inverter-4-5-kw-dxk15z5.html
DAITSU ASD18UI EK	A / A+		1.60 / 1.62	kWh	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/climatizacao-de-ar-condicionado/ar-condicionado-dait-su-asd18ui-ek.html
SAMSUNG F-AR12JSB	A / A++	3.8 / 6.1	847 / 201	kWh/ano	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/climatizacao-de-ar-condicionado-ar-condicionado-samsung-f-ar12jsb.html
LG - G09WL	A / A+	3.8 / 5.7	1100 / 170	kWh/ano	https://www.prinfor.pt/ar-condicionados/71693-ar-condicionado-lg-g09wl-composto-de-.html

O SCOP e o SEER representam, respectivamente, o coeficiente de performance sazonal e o rácio de eficiência energética sazonal, definidos pelas equações que se seguem, de acordo com o Regulamento 626/2011 de 4 de Maio de 2011.

$$SCOP = \frac{\text{Necessidade anual de aquecimento de referência}}{\text{Consumo anual de electricidade para aquecimento}} \quad (D.1)$$

$$SEER = \frac{\text{Necessidade anual de arrefecimento de referência}}{\text{Consumo anual de electricidade para arrefecimento}} \quad (D.2)$$

Cada índice é calculado com base no número de horas do equipamento em modo activo para aquecimento ou arrefecimento. A necessidade de aquecimento/arrefecimento de referência significa a energia necessária (kWh/ano) para ser utilizada durante um número de horas assumido para um determinado *design* de equipamento, condicionada pela zona climática em que se insere. O consumo anual de electricidade (kWh/ano) é o consumo necessário requerido para satisfazer esse valor.

I. Estimativa do consumo para aquecimento

A necessidade de aquecimento de referência é, em média, de 4 826 kWh/ano, estimado para um período anual do modo de operação do equipamento para aquecimento de 1400 horas. Pelos dados do EFII, as famílias utilizam sistemas de aquecimento cerca 450 horas por ano (3 horas por dia, durante 5 meses).

Admite-se ainda a existência de dois aparelhos por habitação.

$$\text{Necessidade anual de aquecimento} = \frac{4826 \frac{\text{kWh}}{\text{ano}} \times 450 \text{ h}}{1400 \text{ h}} \times 2 = 3\,102 \text{ kWh/ano}$$

Utilizando como coeficiente de performance (COP) o valor de referência do REH para sistemas de ar condicionado, obtém-se:

$$\text{Consumo anual de electricidade para aquecimento} = \frac{3102}{2.5} = 1241 \text{ kWh/ano}$$

II. Estimativa do consumo para arrefecimento

De modo similar, calcula-se o consumo anual dos sistemas de ar condicionado para arrefecimento. A necessidade de arrefecimento de referência determinada a partir dos valores da Tabela E.1 é, em média, de 1 292 kWh/ano, para um período do modo de operação do equipamento para arrefecimento de 270 horas.

$$\text{Necessidade anual de arrefecimento} = \frac{1292 \frac{\text{kWh}}{\text{ano}} \times 270 \text{ h}}{350 \text{ h}} = 997 \text{ kWh/ano}$$

$$\text{Consumo anual de electricidade para arrefecimento} = \frac{997}{2.5} = 399 \text{ kWh/ano}$$

Na tabela D.2 incluem-se os dados relativos a diferentes equipamentos de ventilação e a estimativa para o consumo médio anual, extrapolado com base no número de horas de utilização (285), equivalente a uma média de 3.8 horas por dia durante 2.5 meses (adaptado dos dados EFII).

Tabela D.2 - Dados de equipamentos de ventilação e estimativas do consumo médio anual.

Modelo	Potência (W)	Consumo (kWh/mês)	Eficiência	Estimativa do consumo médio (kWh/ano)	Fonte
Ventoinha		0.86	0,069	2.15	http://www.guia-ventiladores.com/images/progeletiqueta.png
Ventilador de tecto		29	0,067	72.5	https://www.google.pt/search?q=energy+label+ventilador&biw=1600&bih=767&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQAUoAWoVChMIkIvzskScyAIVaAekaCh2vIQAB#tbn=isch&q=ventilador+etiqueta+energ%C3%A9tica&imgdii=i-GW6iM5uleHtM%3A%3Bi-GW6iM5uleHtM%3A%3BTu8ct4bP7py-M%3A&imgsrc=i-GW6iM5uleHtM%3A
Ventoinha KUNFT TX-1608B	45			7.7	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/climatizacao-de-ar-ventilacao/ventoinha-de-pe-kunft-tx-1608b.html
Ventoinha HONEYWELL HT900E	40			6.8	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/climatizacao-de-ar-ventilacao/ventoinha-de-ch-o-honeywell-ht900e.html

Tabela D.3 - Dados relativos a equipamentos eléctricos independentes e estimativas do consumo médio anual por alojamento, assumindo-se uma utilização diária de 5 horas durante 5 meses de aquecimento (média de 60% da potência).

Modelo	Potência (W)	Estimativa do consumo anual médio (KWh/ano)	Fonte
Aquecedor Quartz KUNFT QH-1200g	1200	540	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/aquecedor-quartz-kunft-qh-1200g.html#_additional
Emissor Térmico TAURUS CAIROS SLIM 1250 CA125A	1250	563	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/emissor-termico-taurus-cairos-slim-1250-ca125a.html
Irradiador a óleo KUNFT NDD-30C2000	2000	900	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/irradiador-a-oleo-kunft-ndd-30c2000.html
Termoventilador KUNFT FH120	2000		https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/termoventilador-kunft-fh120.html
Irradiador A Óleo KUNFT 1500W NDD-30C1500	1500	675	https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/irradiador-oleo-kunft-1500w-ndd-30c1500.html
Radiador Eléctrico TRISTAR KA-5131	1500		https://www.worten.pt/inicio/grandes-eletrrodomesticos/climatizacao-de-ar/aquecimento/radiador-eletrico-tristar-ka-5131.html

Tabela D.4 - Dados relativos a equipamentos eléctricos com base no simulador de potência e consumo da EDP e estimativas do consumo médio anual por alojamento.

Equipamento	Potência (W)	Estimativa do tempo de utilização mensal (horas)	Estimativa do consumo anual (kWh/ano)
Placa eléctrica	1500	2.5 - 25	41.3 - 412.5
Forno	2500	4 - 12	44.3 - 178
Microondas	1000	2.5	30
Exaustor	150	1 - 4	2 - 7.7
Torradeira	750	1	9
Cafeteira eléctrica	1200	1	14.4
Ferro de engomar	800	12	123.7
TV	90	90	130
Aspirador	1250	12	193.4
DVD	195	8	19.9
Carregador	1	180	2.2
Box	10	90	14.4
Impressora	90	1	1.08
Computador	250	90	270
Aquecedor independente	1500	150	562.5 - 1125
Ar condicionado	1800	90	472 - 944
Termoacumulador	1000	-	810

Relativamente ao uso de aquecedores independentes e de ar condicionado, são apresentadas duas estimativas de valores de consumos, sendo que o valor mínimo corresponde à utilização de um aparelho por habitação e o valor máximo corresponde à utilização de dois. Além disso, o consumo anual foi estimado com base no número de horas de utilização mensal indicado na tabela e na duração do período de aquecimento de 5 meses.

Na Tabela E.5 incluem os dados referentes a etiquetas energéticas de 5 modelos de forno e a estimativa do consumo médio anual associado à utilização deste equipamento. O valor mínimo do consumo anual corresponde à estimativa de utilização de uma vez por mês (12 ciclos por ano) enquanto o valor máximo corresponde à estimativa de 4 utilizações por semana (192 ciclos por ano).

Tabela D.5 - Dados relativos a etiquetas energéticas de fogões e estimativas do consumo anual.

Modelo	Volume (L)	Consumo (kWh/ciclo)	Estimativa do consumo (KWh/ano)	Fonte
<i>SIEMENS HB675G3S1</i>	71	0.82	10 – 179	https://www.netnbuy.com/pt3/forno-siemens-hb675g3s1.html
<i>BOSCH - HBA23R150E</i>	61	0.84		https://www.prinfor.pt/fornos/70883-forno-bosch-hba23r150e-.html
<i>WHIRLPOOL - AKP 444 IX</i>	56	0.84		https://www.prinfor.pt/fornos/31004-forno-whirlpool---akp-444-ix.html
<i>ZANUSSI - ZOB 12401 XK</i>	78	0.93		https://www.prinfor.pt/fornos/34103-forno-zanussi---zob-12401-xk.html?search_query=ZANUSSI+-+ZOB+12401+XK&results=1

Anexo E: Desagregação dos consumos de electricidade

O consumo eléctrico associado aos equipamentos eléctricos (excluindo os equipamentos incluídos nos grandes electrodomésticos) varia entre 518 e 798 kWh por alojamento. Em relação aos dados de ASCASE, tendo em conta que o valor de 1106 kWh engloba a iluminação, AQS e equipamentos eléctricos, se se retirar os consumos estimados para iluminação e AQS, resta o valor de 281 kWh, associado exclusivamente ao consumo do modo activo dos equipamentos eléctricos.

Assumindo-se que o consumo em modo standby é maioritariamente devido aos equipamentos eléctricos, esta categoria representa cerca de 38% do consumo eléctrico. É um peso considerável, mas de acordo com o facto de diversos estudos terem previsto um crescimento deste tipo de equipamentos nas habitações portuguesas.

Na Figura E.1, encontra-se distribuído o peso de cada serviço de energia no consumo de electricidade, com base nos dados provenientes dos vários estudos. A notação ICESD-I é referente à distribuição do consumo associado a cada serviço de energia com base nos consumos associados aos mesmos, publicados no relatório. ICESD-II é referente à desagregação obtida após ter sido efectuado o ajuste de valores anteriormente mencionado.

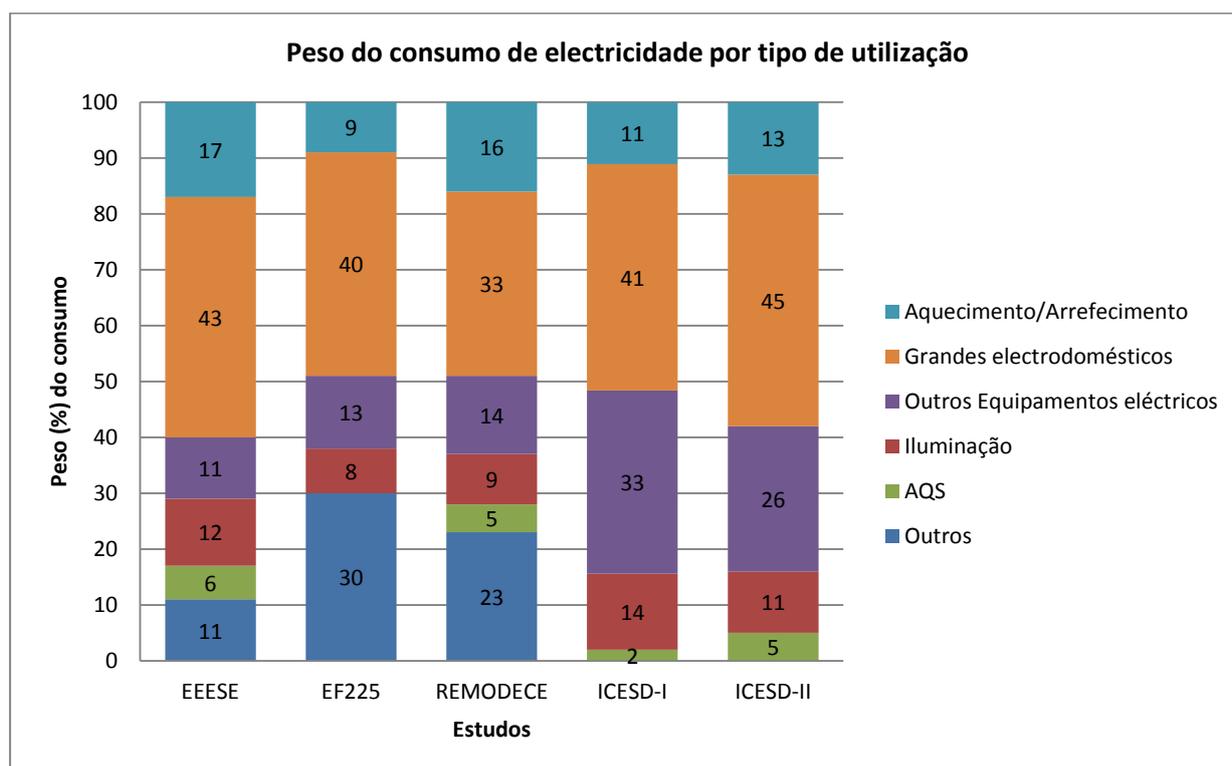


Figura E.1 – Peso (%) dos serviços de energia no consumo de electricidade.

Em relação à categoria *Outros equipamentos eléctricos*, o ICESD-I apresenta um valor consideravelmente superior aos dos restantes dados. Contudo, destaca-se o facto de os dados provenientes do EF225 e do REMODECE apresentarem 23 a 30% do consumo não categorizado, reconhecendo-se que uma parcela destas percentagens poderá ser atribuída aos equipamentos eléctricos. Após o ajuste de valores efectuado aos dados provenientes do ICESD, observa-se que esta categoria perdeu peso no consumo eléctrico, relativamente à primeira desagregação.

No entanto, pelos dados obtidos na Tabela E.1, observa-se ainda um consumo eléctrico de 206 979 tep, excluído das categorias dos serviços de energia.

Tabela E.1 - Valores referentes a dados do ICESD (ICESD-I) e resultados do ajuste de valores (ICESD-II).

	ICESD-I	ICESD-II
<i>Aquecimento Ambiente</i>	74 348	119 000
<i>Arrefecimento Ambiente</i>	13 107	13 107
<i>Aquecimento águas</i>	19 639	47 639
<i>Grandes electrodomésticos</i>	332 557	473 833
<i>Outros Equipamentos Eléctricos</i>	270 154	
<i>Iluminação</i>	111 309	
Total (tep)	820 654	1 035 042
Consumo total a partir de facturas (tep)	1 242 021	
Diferença (%)	34	17
Diferença (tep)	421 367	206 979

Tendo em consideração que o consumo total de electricidade foi calculado tendo por base as facturas mensais, enquanto o consumo por tipo de utilização teve por base a informação do tipo de equipamento utilizado, características do mesmo (potência ou classe de eficiência) e perfil de utilização (número de horas ou dias por semana), pode assumir-se a hipótese de que a diferença é devida ao consumo dos equipamentos em modo *standby* e *offmode* bem como da inclusão de energia reactiva no valor estimado pelas facturas.

O valor resultante da diferença após o ajuste dos consumos (associados ao aquecimento ambiente, grandes electrodomésticos e produção de AQS) traduz-se em cerca de 613 kWh por alojamento.

Entre os diversos estudos, alguns relatórios indicam o consumo associado ao modo *standby* dos equipamentos, enquanto outros indicam apenas a proporção deste no consumo global.

Na Tabela E.2 encontram-se incluídos todos os dados apurados relativamente a parâmetros relacionados com o consumo dos equipamentos eléctricos, incluindo o peso do modo *standby*.

Tabela E.2 - Valores correspondentes ao consumo anual, por alojamento, em modo *standby*, peso (%) no consumo de electricidade dos equipamentos eléctricos.

	<i>EEESE</i>	<i>EF225</i>		<i>REMODECE</i>		<i>ICESD</i>	<i>ASCASE</i>	<i>EDP</i>
Modo activo (kWh/ano)	-	723	-	798	-	798	281	808
Modo <i>standby</i> (kWh/ano)	380		1100		555		1378	-
Consumo não categorizado	-	851		893		613	-	-
Peso (%) do consumo em modo <i>standby</i> no consumo de equipamentos eléctricos	30	-		-		-	-	-
Peso (%) do consumo em modo <i>standby</i> no consumo eléctrico total	12	33		15		-	28	-
Estimativa do consumo global dos equipamentos eléctricos (modo activo + modo <i>standby</i>) [kWh/ano]	1267	-		-		1411	1659	-

Ao analisar os resultados das estimativas para o consumo global dos equipamentos eléctricos (incluindo o consumo em modo activo e em modo *standby*), observa-se que estes variam entre 1267 e 1659kWh por alojamento. Em relação aos dados do EF225 e do REMODECE, estes consumos globais não foram estimados pelo facto de não se saber se os valores associados aos equipamentos eléctricos já incluem os consumos em modo *standby*.

No que concerne o valor obtido a partir de dados do ICESD, este foi sujeito a correcções baseadas em diversas hipóteses. Ainda assim, o valor do consumo anual não categorizado (613 kWh por alojamento) poderá ser devido a dois tipos de origens, anteriormente mencionadas.

Desta forma, devido à ausência de um grau de coerência razoável entre os dados obtidos, optou-se por utilizar o valor mínimo estimado, de 1267 kWh por alojamento, correspondente ao consumo global dos equipamentos eléctricos.

Anexo F: Representatividade dos perfis de habitações

Tabela F.1 – Representatividade dos equipamentos de aquecimento e de AQS.

	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Total
Recuperador de calor	15						15
Lareira aberta		25					25
Aquecedor independente eléctrico	10 - 15	20 - 25	25 - 30				55
Aquecedor independente a GPL		5					5
Caldeira (aquecimento central)				10 - 15			10 -15
Esquentador	15	25	30		10		80
Bomba de calor					10	5	15

Anexo G: Factores de emissões de CO₂

Fonte de energia	Factor de emissão (CO ₂ /kWh)	Referência
Electricidade	0,327	EDP
Gás Natural	0,184	Galp Energia
GPL	0,227	ICESD
Gasóleo	0,267	ICESD
Lenha	0,100	http://ecen.com/eee58/eee58p/avaliacao_das_emissoes_de_co2_.htm