João Manuel Gonçalves Serra Grilo

Licenciado em Ciências da Engenharia do Ambiente

Avaliação do Potencial de Poupança de Energia na Habitação em Portugal

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais

Orientador: Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo,
Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca de Seixas, FCT-UNL
Arguente: Doutor Hélder Perdigão Gonçalves, LNEG
Vogal: Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo, FCT-UNL

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2012

The cheapest Watt is the one that's never created.

(Bartram, Rodgers, & Muise, 2010)

Agradecimentos

Por tudo o que me deram, incondicionalmente, agradeço à minha mãe, pai, irmão e avó. Por tudo o que representam para mim dedico-lhes este trabalho.

Agradeço ao Professor João Joanaz de Melo, pelo exemplo que tem sido desde que o conheci e, em especial, pelo apoio e pela ajuda ao longo da presente dissertação.

Por seis anos de amizade e pelos últimos meses de "maratonas de tese", agradeço ao Pedro Couto Pereira e ao Gonçalo Porfírio. É sempre um prazer trabalhar com eles e espero que volte a acontecer em breve.

Aos amigos de sempre, João Nuno, Lena Pires e Ricardo Grazina, agradeço pela disponibilidade para me aturar nos momentos menos bons e pela repetição da pergunta "Então e a tese, pá?" que me fez, por várias vezes, voltar ao trabalho.

À Vanessa Seixas agradeço o apoio e conselhos, académicos e pessoais. À Marta Mendes agradeço as discussões sobre a tese, a ajuda nas formatações e as conversas.

Agradeço à Cristina Gouveia pelo que me ensinou acerca de trabalhos de investigação e por me ter permitido conciliar a presente dissertação com o estágio.

Agradeço à Susana Camelo por toda a ajuda durante a dissertação, por ter lido a tese, pela informação partilhada e por me ter ajudado a utilizar o *Solterm*.

Ao Filipe Mendes agradeço pela informação sobre energia solar térmica que me enviou.

Ao Tiago Poças Lopes por se ter mostrado sempre disponível para responder às minhas dúvidas e por ter escrito uma dissertação que foi, em grande medida, um modelo na escrita desta tese.

Ao Sr. António Banza pelas conversas sobre energia nos últimos dois anos, por me ter ensinado uma série de competências que me foram úteis durante a tese e por me ter oferecido o livro "A História da Energia - Portugal 1890-1980*".*

Agradeço à Filipa Valente ter-nos cedido a sua sala "*for free*", durante muitas horas.

Agradeço também a quem me foi ouvindo falar sobre a tese nos últimos tempos e não me mandou calar, apesar da seca que é ouvir alguém falar de áreas e/ou temas que nos são alheios.

Por último, agradeço a todos os colegas que ao longo dos últimos sete anos criaram a série de dados nuclear da presente dissertação. Sem as horas de trabalho que investiram a estudar as suas casas esta tese não podia ter sido feita.

Resumo

O consumo de energia no Mundo contribui para a perda de qualidade ambiental devido aos impactes que provoca, emissões de gases de efeito de estufa, poluição de vários sistemas e consumo de recursos não renováveis. Em Portugal, além do problema da degradação ambiental, mais de 80 % da energia consumida é importada, situação que deixa o País exposto à volatilidade dos mercados energéticos.

Existem actualmente seis milhões de habitações no País, das quais 68 % são residências habituais. O sector residencial representa 18 % do total de energia final consumida em Portugal e o consumo *per capita* tem vindo a aumentar ao longo da última década, tendência que poderá estar a inverter-se.

Os objectivos principais da presente dissertação passam por identificar o potencial de poupança de energia na habitação em Portugal e como pode ser atingido. O cumprimento dos objectivos estabelecidos é realizado utilizando uma série de 200 ""auditorias"" a habitações, inter-validadas com estudos nacionais sobre o sector e literatura científica. As várias formas de atingir a poupança estimada são avaliadas em termos de custo-eficácia e aplicabilidade.

O potencial de poupança identificado é desagregado por tipos de medidas tendo sido, ainda, complementado com simulações de desempenho de equipamentos solares térmicos e informação sobre equipamentos domésticos disponíveis no mercado.

Os resultados do presente estudo apontam para potenciais de poupança custo-eficaz de 7 GJ/ano em cada habitação, 25 % do consumo médio actual. No País, considerando as residências habituais, este potencial de poupança representa uma poupança de 28 PJ/ano, 23 % do consumo do sector. Ao considerar a poupança potencial total o valor sobe para 14 GJ/ano em cada habitação, representando 50 % da energia consumida no sector. Estas poupanças permitem evitar a emissão de 4190 toneladas de CO_2e/ano.

O potencial de poupança atinge-se com substituição de equipamentos, gerando poupanças de 6,3 GJ/habitação/ano, mudança de comportamentos, 0,7 GJ/habitação/ano, instalação de sistemas solares térmicos, 4,3 GJ/habitação/ano e mudanças construtivas, representando uma poupança de 2,8 GJ/habitação/ano.

No cenário mais favorável ao investimento das famílias nacionais, a substituição de equipamentos e as mudanças de comportamento custam 6 mil milhões de euros, para todo o território, e apresentam um retorno do investimento de 3 anos. A instalação de sistemas solares térmicos custa globalmente 13 mil milhões de euros e tem retorno para as famílias de 7 anos. As mudanças construtivas, menos custo-eficazes, custam globalmente 53 mil milhões de euros e, para as famílias, ficam pagas em 13 anos.

A grande variabilidade no sector da habitação faz com que as melhorias não possam ser aplicadas de forma cega. A análise efectuada indica que o ideal é actuar tanto na qualidade das habitações, substituindo vão envidraçados e isolando paredes e coberturas, como na substituição de equipamentos por outros mais eficientes e também alterar os comportamentos na utilização da energia. A criação de medidas adaptadas às características no objecto de estudo potencia a poupança de energia.

Palavras Chave: Eficiência energética; sector residencial; habitação em Portugal, política energética.

Abstract

Energy consumption in the world contributes to the loss of environmental quality due to the impacts it causes, emissions of greenhouse gases, pollution and consumption of several non-renewable resources. In Portugal, besides the problem of environmental degradation, over 80% of the energy consumed is imported, a situation that leaves the country exposed to the volatility of energy markets.

There are currently six million households in the country, of which 68% are habitual residences. The sector represents 18 % of total final energy consumption in Portugal and consumption *per capita* has increased in the last decade, a tendency that might be changing.

The main objectives of the current dissertation are identifying the potential energy savings in the household sector in Portugal and how to achieve it. The achievement of the stated objectives is made by using a series of 200 audits of dwellings, validated along with previous national studies about the sector and scientific literature. The different ways to achieve the estimated savings are also evaluated in terms of cost-effectiveness and applicability.

The identified potential savings is separated by type of measurements and, also, complemented with performance simulations of solar heating systems and information about domestic appliances.

The results of this study show potential cost-effective savings of 7 GJ / year per household, 25% of the current average consumption. In the country, considering the usual residences, this savings potential represents a saving of 28 PJ/year, 25% of the current consumption. Considering the country, this energy savings potential are about 28PJ/year, 23% of the household sector consumption. Considering the whole energy savings potential the value increases up to 14 GJ/household/year, which represents 50 % of the energy used in the household sector. The changes avoid the emission of 4190 tons of CO_2 per year.

The saving potential is achieved by changing appliances (6,3 GJ/household/year saved), changing consumption behaviors (0,7 GJ/household/year saved), installing solar heat systems (4,3 GJ/household/year saved) and also investing in constructive improvements (2,8 GJ/household/year).

In a best case scenario in terms of family investments, changing appliances costs 6 billion euros country wide with a 3 year payback time. The installation of solar heat costs 13 billion euros with a payback time of 7 years. The constructive improvement, less cost-effective, cost 53 billion euros and, for families, the payback is around 13 years.

The great variability in the housing sector makes the unfeasible to apply improvement measurements blindly. The analysis indicates that the ideal is present both in the quality of housing will replace glazing and insulating walls and roofs, as in replacing equipment with more efficient and also change behavior in energy use. The creation of measures tailored to the characteristics under study enhances energy savings.

Keywords: Energy efficiency; household sector; houses in Portugal, energy policy.

Índice de matérias

Índice de figuras

Índice de quadros

Lista de Abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	Águas quentes sanitárias
CEP	Custo da energia poupada
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
EEA	Agência Europeia do Ambiente
EIA	*Energy Information Administration*
EPBD	*Energy Performance of Buildings Directive*
EU	União Europeia
GES	Grandes Edifícios de Serviços
GN	Gás natural
GPL	Gás petróleo líquido
ICESD	Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico 2010
IEO	*International Energy Outlook*
INE	Instituto Nacional de Estatística
LED	*Light-emitting diode* (dioso emissor de luz)
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
MAMAOT	Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
MERCEUS	Mestrado em Energias Renováveis – Conversão Eléctrica e Utilização Sustentáveis
MIEA	Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente
Na	Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias
Ni	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
Nt	Valor máximo das necessidades nominais globais de energia primária
Ntc	Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária
NUTS	Numenclature od Territorial Units for Statistics
Nv	Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PES	Pequenos Edifícios de Serviços
PIB	Produto Interno Bruto
PNAEE	Programa Nacional de Acção para a Eficiência Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
TMCA	Taxa Média de Crescimento Actual

1. Introdução

1.1 Enquadramento

"*Greater energy efficiency reduces the amount of fuel needed to perform a given task and thereby also reduces pollution and improves environmental quality*." (Kreith & West, 1996). A frase de Kreith e West (1996), sistematizando o conhecimento generalizado sobre eficiência energética, define de forma simples o conceito e explica porque é que este conceito está relacionado com o estado do ambiente. A eficiência na utilização da energia nas sociedades actuais desafia os três pilares da sustentabilidade, com implicações sociais, económicas e ambientais. A gestão da energia assume-se então como área de acção prioritária.

Um aumento da eficiência no uso da energia não só favorece as famílias e as empresas como aumenta a competitividade do País ao diminuir a sua dependência energética. Os objectivos europeus para o sector estão a tornar-se cada vez mais exigentes e o Estado deve encarar essa exigência como uma oportunidade para melhorar o parque habitacional. A "Estratégia Europeia 2020" estabelece, para Portugal, o objectivo de atingir, em 2020, um aumento de emissões até um máximo de 1% de gases com efeito de estufa, comparativamente às emissões em 1990. O País compromete-se ainda a conseguir que 31 % da energia utilizada seja de origem renovável e a aumentar a eficiência no uso da energia em 20 %, em 2020 (GovernodePortugal, 2012).

Em Portugal o consumo de energia na habitação representa 18 % do total de energia final consumida (INE/DGEG, 2011). A qualidade do parque habitacional e a eficiência no consumo da energia têm uma influência significativa na qualidade de vida da maioria da população nacional.

O consumo de energia *per capita* nas últimas décadas tem vindo sempre a aumentar no sector da habitação, com excepção a partir de 2007. Face a isto o País tem investido, através do sistema electroprodutor, no aumento da produção de energia. Estrategicamente, e em termos ambientais, seria interessante investir na poupança energética ao invés de basear a alocação de recursos na produção de energia.

A tecnologia tem tornado os equipamentos utilizados na habitação mais eficientes e tem melhorado as propriedades dos materiais utilizados na construção de casas e reabilitação do parque existente. Por outro lado, a diversidade de equipamentos eléctricos tem vindo a aumentar e o peso da energia eléctrica no total do consumo doméstico reflecte esse aumento tendo passado de 28 % em 1996 para 43 % em 2010 (INE/DGEG, 2011).

Num cenário de recessão económica como o que o País, neste momento, está a atravessar é particularmente importante "poupar" onde existe margem para tal. Quantificar os potenciais de poupança passa por ter uma percepção clara de quanta energia se gasta para compensar o mau desempenho térmico/energético das habitações, a utilização de equipamentos pouco eficientes e ou hábitos errados de consumo.

Num futuro em que a optimização na utilização de recursos é a palavra da ordem há, para o sector da habitação, uma série de novidades promissoras mas ainda associadas a alguma incerteza. O aparecimento de redes inteligentes que permitem aos utilizadores finais controlar de perto os consumos promete resolver parte do problema da eficiência na habitação mas, por outro lado, a volatilidade nos mercados energéticos mundiais e a produção massificada de equipamentos introduz incertezas em relação ao futuro acesso à energia "barata".

A definição de uma estratégia nacional para a energia no sector doméstico, com linhas orientadoras a médio prazo e posterior definição de medidas que o permitam cumprir, constitui um complemento importante aos objectivos estabelecidos a nível europeu e nacional.

1.2 Objectivos e âmbito

Este estudo procura responder a duas questões; i) Qual é o potencial de poupança de energia na habitação em Portugal?, ii) Como atingir o potencial de poupança de energia identificado?

Os equipamentos consumidores de energia utilizados na habitação e o comportamento dos próprios residentes fazem parte do âmbito da presente dissertação, já que são peças fundamentais não só do consumo, como dos potenciais de poupança. O consumo de energia é observado de duas perspectivas; i) por fonte utilizada e ii) por utilização.

A resposta às duas questões pressupõe a necessidade de se aferir as condições actuais do parque habitacional e as múltiplas variáveis que afectam o consumo de energia. A identificação das fontes de energia utilizada, da conversão em energia final e das medidas conducentes a poupanças de forma custo-eficaz, que ajudam a construir estimativas para os totais de poupança e como a atingir.

As principais ferramentas utilizadas na presente dissertação foram i)estudos energéticos a habitações; ii) estatísticas nacionais sobre a habitação em Portugal e, ainda, iii) outros estudos e literatura sobre o sector residencial nacional e a utilização de energia no mesmo. Os factores determinantes no potencial de poupança de energia na habitação em Portugal podem agregar-se em três grupos, i)aspectos arquitectónicos e construtivos; ii) equipamentos domésticos utilizados e iii) comportamentos dos habitantes.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação divide-se em seis capítulos. O primeiro dos capítulos, introdução, estabelece o enquadramento do estudo e define o âmbito da dissertação, estabelecendo os objectivos que se pretendem alcançar.

No capítulo 2, revisão da literatura, sintetiza-se e revê-se informação relevante para o tema em estudo, fazendo uma breve descrição da evolução do consumo ao nível mundial e em que o consumo de energia em Portugal é abordado inicialmente por uma breve introdução histórica seguido do estado actual. Faz-se ainda um enquadramento legislativo do tema estudado. As características do objecto de estudo são também exploradas contando ainda com uma revisão dos vectores de poupança nas diferentes vertentes - construtiva, equipamentos, hábitos - e termina com um breve caso de estudo.

O capítulo 3, metodologia, descreve o processo utilizado na realização do presente trabalho. É também no capítulo 3 que se listam as limitações nos dados utilizados e as suas implicações nos resultados.

No capítulo 4, resultados e discussão, sintetizam-se os principais resultados do estudo e exploram-se as implicações dos mesmos na solução do problema a que a dissertação pretende responder.

No capítulo 5, políticas de eficiência e propostas, com base nos capítulos 2 e 4 sugerem-se políticas e medidas à escala europeia e nacional que potenciem os potenciais de poupança de energia no sector.

No capítulo 6, conclusões e desenvolvimentos futuros, listam-se as principais conclusões resultantes do estudo realizado. Avalia-se ainda o cumprimento dos objectivos, identificam-se as limitações e propõem-se desenvolvimentos futuros.

2. Revisão da literatura

2.1 Abordagem à revisão da literatura

A revisão da literatura foi elaborada partindo dos desafios na utilização da energia à escala global, passando para a sua utilização em Portugal. Foram estudadas as causas e os efeitos do uso da energia na habitação em Portugal. O capítulo conta ainda com uma revisão de como a vertente construtiva, os equipamentos, as práticas e as políticas são chave num uso eficiente da energia na habitação. A revisão termina com um breve caso de estudo de como o sector da habitação tem sido desenvolvido na Alemanha, com o objectivo de ser o mais eficiente possível.

2.2 Consumo energético mundial

A subsistência do Ser Humano depende da contínua disponibilidade energética mas uma sociedade cada vez mais consumidora de recursos levanta um dilema. Como podem as populações do globo beneficiar do acesso à energia sem causar impactes irreversíveis sobre o ambiente, afectar os equilíbrios sociais, ameaçar o bem-estar das gerações futuras? A solução passa por encontrar fontes de energia mais sustentáveis e aumentar a eficiência na conversão e utilização da energia (Tester, 2005).

Assumindo que o mínimo de energia que um ser Humano necessita para viver são as calorias asseguradas por uma alimentação saudável, existem Países como os Estados Unidos da América a consumirem, por habitante, cerca de 56 (cinquenta e seis) vezes mais do que seria necessário (Fay & Golomb, 2002). É utópico pensar que nas sociedades ocidentais se conseguiria viver apenas com o mínimo de energia referido pelo autor, mas esta relação mostra que Países como os Estados Unidos da América utilizam energia em excesso.

O ponto de viragem no consumo energético deu-se com a invenção e posterior massificação da máquina a vapor durante o século XVIII. A utilização de carvão neste tipo de equipamentos fez com que se passasse de uma economia vegetal, utilizando essencialmente biomassa, para uma economia fóssil (Madureira, 2005). A introdução de máquinas de combustão na produção agrícola e industrial aumentou a capacidade produtiva do Homem. As sinergias entre esta capacidade de produzir, a consequente abundância de alimento e os avanços na medicina fizeram com que a população da Terra começasse a aumentar.

A energia presente no ambiente designa-se por energia primária. Esta energia primária sofre transformações até estar disponível para os utilizadores finais (actividades económicas e famílias) passando a ser chamada energia final. Existe um rendimento associado a estas transformações, daí a energia final ser sempre uma fracção da energia primária (Cravino, 2005) em (Graça, 2011). É comum apresentar os fluxos de energia em diagramas de *Sankey* como os que se podem observar na figura 2.1.

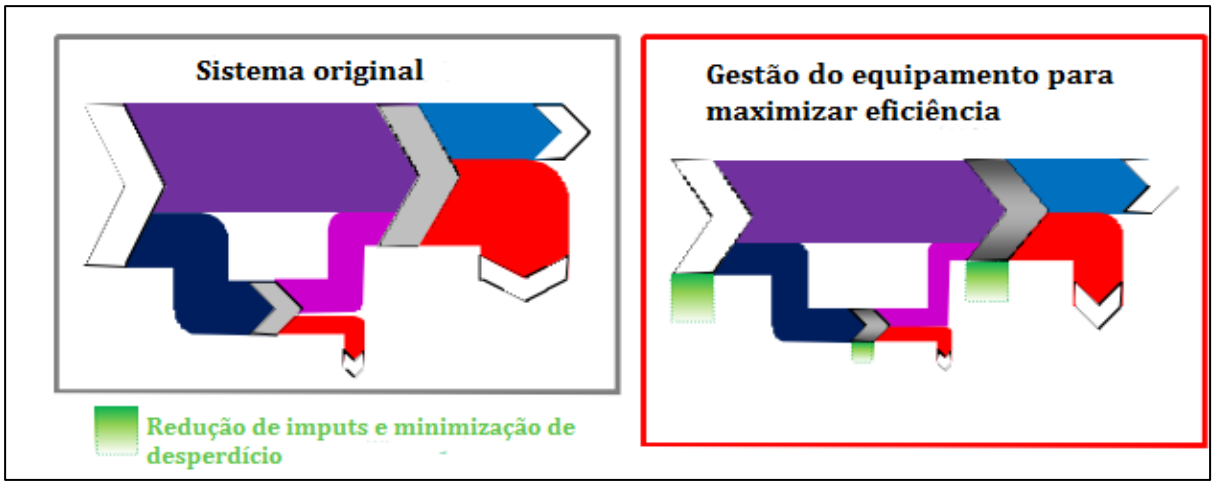


Figura 2.1 - Diagramas de *Sankey* comum (esquerda) e optimizado (direita).

(Adaptado de Ball et al., 2011)

A leitura dos esquemas da figura 2.1 faz-se da esquerda para a direita. Começam com a energia primária utilizada e representam as transformações que esta sofre até ser utilizada (seta à direita nos diagramas). Num diagrama de *Sankey* comum (esquerda) uma parte da energia primária é consumida no processo de transformação, parte desta é reaproveitada mas ainda assim as perdas de transformação, conversão e transporte fazem com que a fracção útil (azul) seja reduzida. No diagrama da direita, além de se minimizarem as perdas com estratégias de produção de energia descentralizada, pensam-se as utilizações dos equipamentos e das operações para que a fracção utilizada da energia seja maior relativamente à energia bruta do que nos sistemas comuns. Estas alterações representam poupanças no sistema e tornam-no mais eficiente.

O consumo de energia final e primária, *per capita,* em 2006, e as projecções para 2030 encontram-se ilustrados na figura 2.2, globalmente e por região.

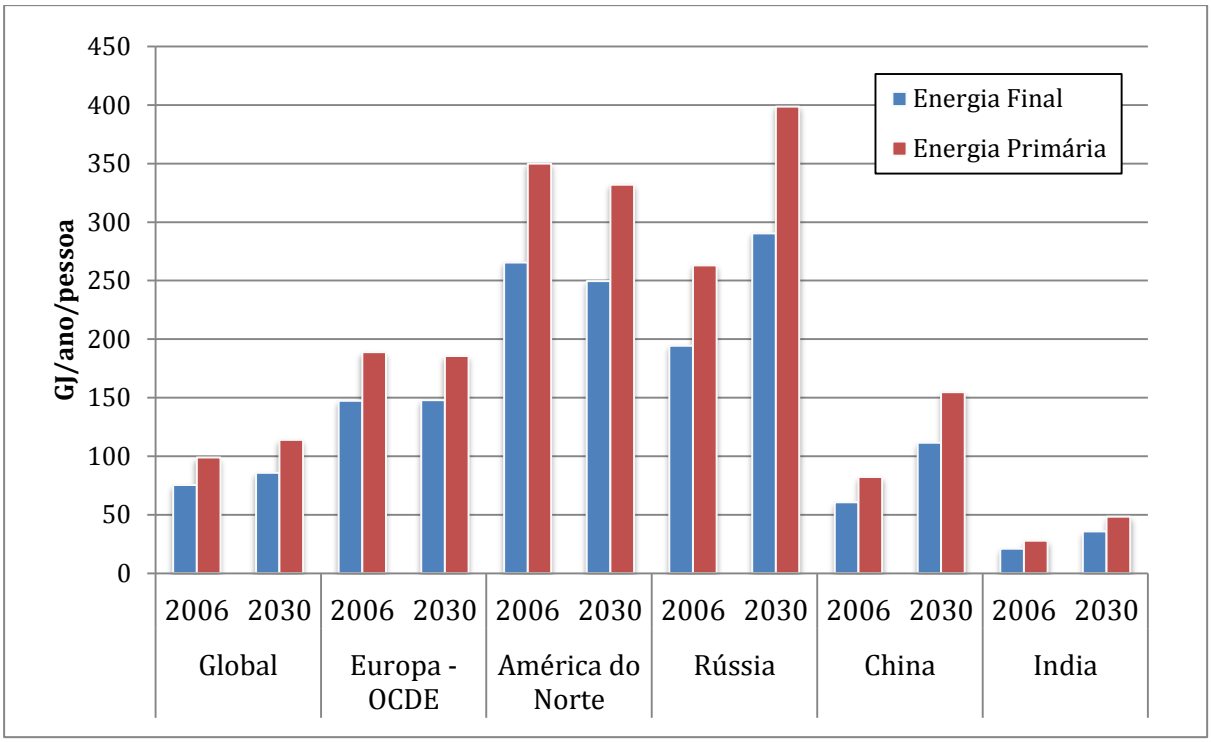


Figura 2.2 - Consumo de energia no mundo.

(EEA, 2009)

Prevê-se que o consumo de energia, *per capita,* aumente em termos globais até 2030. A excepção expectável é no caso da Europa e da América do Norte, onde os consumos tendem a decrescer ligeiramente. Este decrescimento deve-se sobretudo a alterações demográficas nestes continentes e ao crescimento económico menos acelerado e, ainda, a um maior investimento em melhoramentos ambientais. Os aumentos do consumo energético na China e na India são significativos e reflectem o crescimento económico e populacional nestes Países (Cohen, 2003). Segundo Zhang (2011), o aumento de consumos da Rússia deve-se ao crescimento económico do País e à alta intensidade energética, o que significa que o País precisa de consumir muita energia por cada unidade de riqueza que gera. O consumo no País também aumenta porque se incentiva a exploração e utilização de combustíveis fósseis, uma das principais indústrias daquele País.

Na figura 2.3 pode observar-se a evolução dos consumos de energia primária total, em várias regiões do globo, na série temporal entre 1980 e 2009. Os consumos totais são relevantes uma vez que a deplecção de recursos e do estado do ambiente são directamente afectados pela quantidade total de energia consumida no mundo.

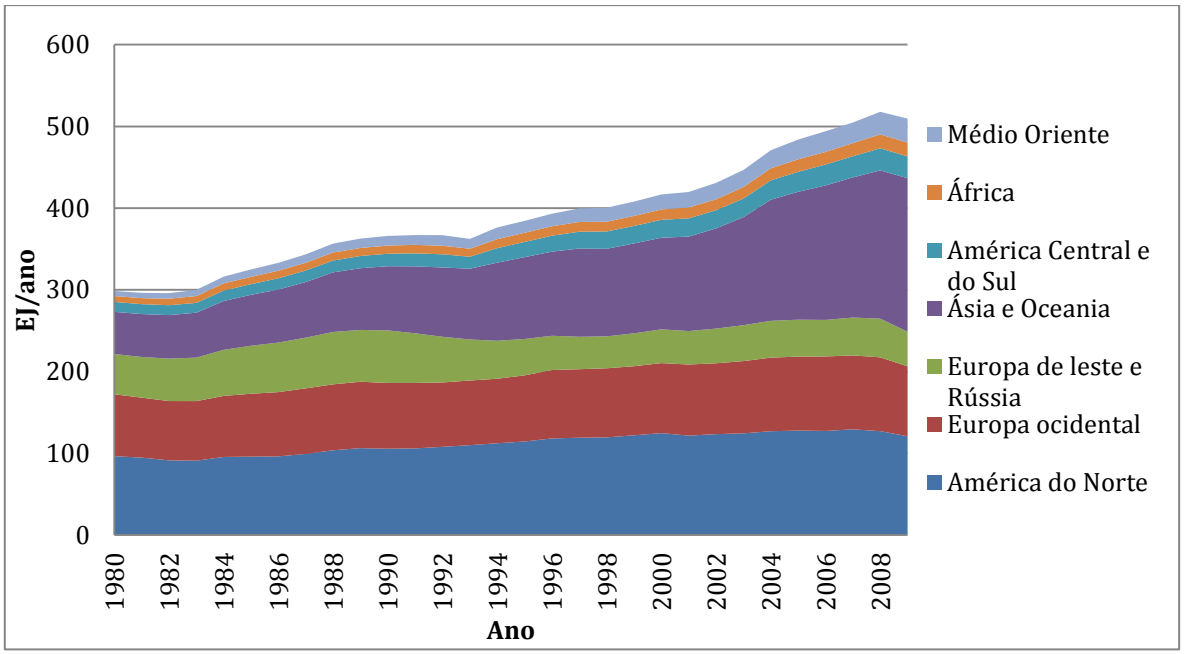


Figura 2.3 - Consumo total de energia primária (1980-2009), por região.

(EIA, 2012)

A figura 2.3 permite compreender a relação entre desenvolvimento e consumo de energia. As zonas mais desenvolvidas do mundo, a Europa e a América do Norte, apresentavam-se em 1980 como os principais consumidores de energia no Mundo, tendo o consumo aumentado, a um ritmo constante até 2008. Estima-se que o consumo aumente 52 % entre 2008 e 2030, passando de 533 EJ/ano- para 812 EJ/ano (EIA, 2011). A zona da Ásia e Oceania, onde estão incluídos Países como a China e a India, é onde o consumo de energia mais aumentou, reflectindo o incremento populacional e o desenvolvimento económico destes Países (Barry & Collins, 2007).

Em 2008, a súbita quebra no consumo de energia é uma das consequências da crise económica iniciada nos Estados Unidos e cujo impacte teve consequências ao nível global (McNally, 2009).A recuperação da crise económica de 2008-2009 tem sido mais acelerada fora da OCDE do que em Países Europeus tais como Portugal, Grécia ou Irlanda cujas economias já tinham problemas estruturais antes de 2008 e, actualmente, ainda dependem de financiamento internacional (IEO, 2011). A quebra no consumo de energia primária na Europa é de certo modo contrabalançada com um aumento do consumo constante na Ásia e Oceania, em franca expansão económica.

O consumo de energia final também pode ser desagregado por sector de actividade. A figura 2.4 evidencia a tendência dos consumos por sector, começando em 2008 e prevendo a evolução em termos de consumo ao longo dos próximos 23 anos.

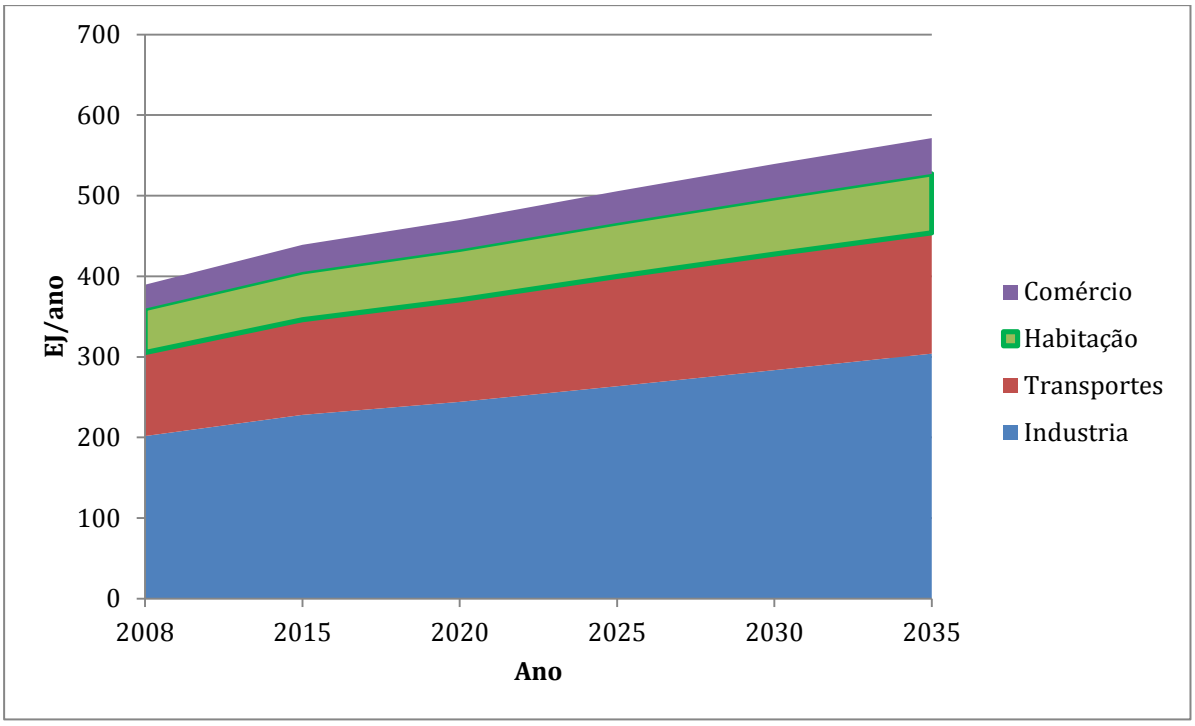


Figura 2.4 - Previsão do consumo mundial de energia final por sector, entre 2008 e 2035.

(EIA, 2011)

O consumo crescente de energia observado nas figuras 2.2 e 2.3 é confirmado na figura 2.4. O sector industrial, maior consumidor actualmente, vai, segundo os autores, utilizar cada vez mais energia. A crescente industrialização de Países menos desenvolvidos, utilizando equipamentos e práticas pouco eficientes, vai suplantar as melhorias introduzidas pelos Países actualmente mais industrializados. Os transportes, principais utilizadores de combustíveis derivados do petróleo, também aumentam o seu peso no total consumido. No caso da habitação, sector visado na presente dissertação, os consumos de energia final vão aumentar de 55 EJ/ano em 2008 para 70 EJ/ano em 2035, menos acentuadamente que a indústria e transportes. O comércio é o sector que menos energia consumia em 2008, prevendo-se que o seja também em 2035. A série de dados utilizada não inclui os consumos atribuídos ao sector primário (agricultura e pescas) e terciário (serviços). Na série em questão não existem dados sobre a evolução do consumo de energia no sector primário.

O aumento global do consumo de energia é preocupante porque ainda se baseia em recursos como os derivados de petróleo, escassos e poluentes. Ainda assim, as fontes de energia alternativas, apesar de não afectarem directamente um recurso escasso como o petróleo, também têm impactes sobre o ambiente e, portanto, a solução ideal é reduzir o consumo de energia à escala Mundial. Planear estrategicamente como utilizar a energia disponível implica fazer escolhas que visem maximizar a qualidade da sua utilização. Uma utilização energética mais eficiente permite reduzir a procura, diminuindo a necessidade de explorar energia primária. Apesar de ser um problema global, a utilização de energia deve ser encarada à luz do princípio da subsidiariedade ou seja, ajustado à escala que permite resolver o problema. Em alguns casos a escala mais indicada é a nacional, sectorial. Os Países devem procurar resolver os aumentos de utilização de energia em cada um dos seus sectores de actividade.

2.3 Energia em Portugal

Na presente secção revisita-se a história do consumo de energia em Portugal, analisando que factores estão relacionados com os consumos actuais. As razões para a escolha de determinados tipos de energia e para os usos que as populações lhes dão, estão associadas diversas variáveis, como a evolução socioeconómica e tecnológica que se tem verificado no País, nas últimas décadas.

Em 1890, 80 % do consumo energético nacional provinha da lenha, água, vento e "energia muscular" uma vez que a indústria dependente do carvão estava circunscrita a centros urbanos no litoral do País (Madureira, 2005). Na primeira metade do século XX o impacte macroeconómico das novas tecnologias energéticas em Portugal era diminuto. No mesmo período, a quantidade de energia final utilizada manteve-se, tendo havido uma substituição gradual das fontes mais utilizadas, com a hidroelectricidade a substituir 8 % das importações de carvão entre a primeira e a segunda guerra mundial (1919-1938) (Madureira, 2005). Depois do final da segunda grande guerra, começa um ciclo de modernização e transformação acelerada da economia e da sociedade portuguesa. Entre 1954 e 1974, o consumo de energia primária passa de 111 PJ para 457 PJ, o que corresponde a um aumento aproximado de 10 % por ano(Madureira, 2005).

Na figura 2.5 pode observar-se como evoluiu o consumo de energia primária por fonte, em Portugal, entre 1990 e 2010.

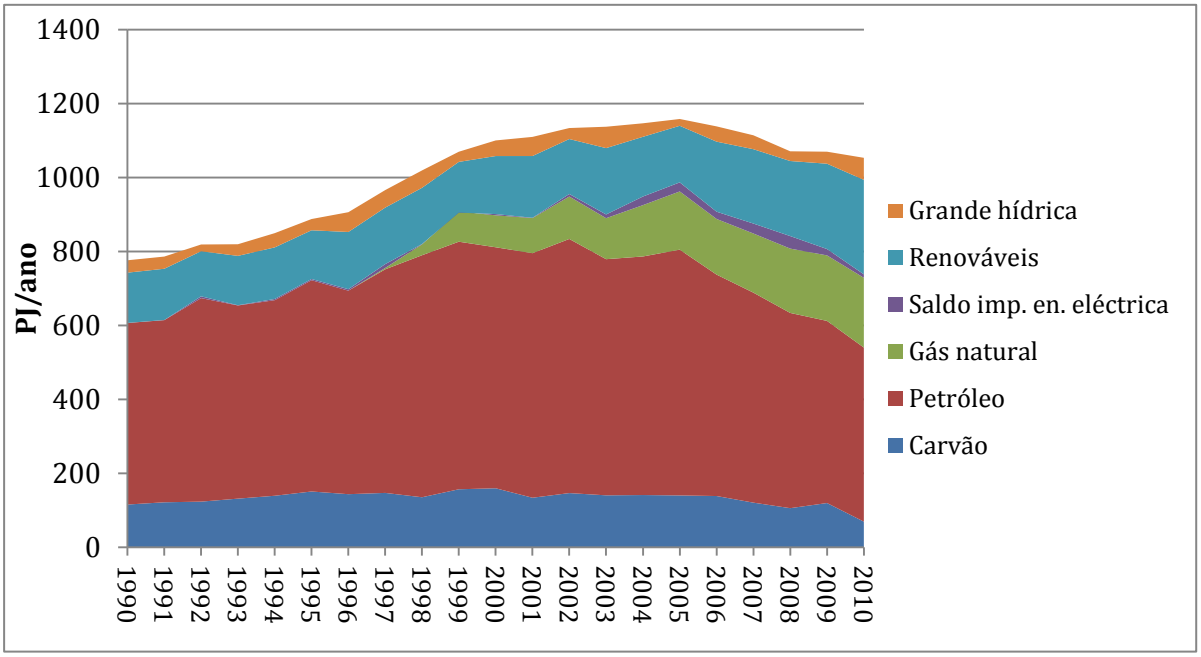


Figura 2.5 - Consumo de energia primária por fonte em Portugal (1990-2010).

(DGEG, 2011)

A energia está inter-relacionada com a economia dos Países. Questões microeconómicas ligadas à regulação e impactes macroeconómicos no Produto Interno Bruto (PIB), inflação e balança corrente (Amador, 2010). Globalmente, o consumo de energia primária cresceu até 2005, reflectindo o crescimento económico do País. Fuinhas e Marques (2012) corroboram a relação entre factores económicos e consumos de energia. Os autores afirmam que em Portugal existe

uma correlação positiva forte entre o consumo de energia e o PIB. Esta relação é também verificada em Países como a Grécia, Espanha, Irlanda e Turquia e explica em parte as debilidades económicas destes Países. A forte relação entre o PIB e o consumo de energia indica que a economia portuguesa está depende economicamente da energia que tem disponível, situação que pode ser corrigida com um uso mais eficiente dos recursos energéticos. Segundo os mesmos autores, a adesão de Portugal à União Europeia não gerou poupanças de energia significativas.

A partir de meados da década de 90, o País começou a investir na importação de gás natural como substituto do petróleo. O gás natural é utilizado tanto na produção de energia eléctrica como em vários sectores da economia, entre os quais a indústria e o sector doméstico.

A utilização de energias renováveis tem vindo a ter uma expressão crescente no País com o recurso a energia solar, energia eólica e energia geotérmica, tendo atingido em 2008, 16 % da energia primária utilizada. A aposta na utilização crescente de energia de origem renovável deve-se ao facto de Portugal, nas últimas três décadas, ter importado em média 84 % da energia que utiliza e isso deixar o País vulnerável a problemas geopolíticos e especulativos dando origem a flutuações nos preços dos principais combustíveis importados (Amador, 2010).

A partir da crise económica de 2008, o consumo de energia primária tem decrescido mais acentuadamente. Este decréscimo é causado pelo abrandamento da economia nacional e não por um aumento de eficiência como se evidencia através da intensidade energética no País. A intensidade energética relaciona o Produto Interno Bruto (PIB) com o consumo de energia e, portanto, um País é tanto mais eficiente quanto menor for a sua intensidade energética. Henriques e Antunes (2012) advogam que a única solução viável para Portugal cumprir as metas europeias para o sector da energia no contexto económico actual é investir em eficiência energética.

Na figura 2.6 pode ver-se a evolução na intensidade energética em Portugal comparada com a média Europeia (27 Países da União Europeia).

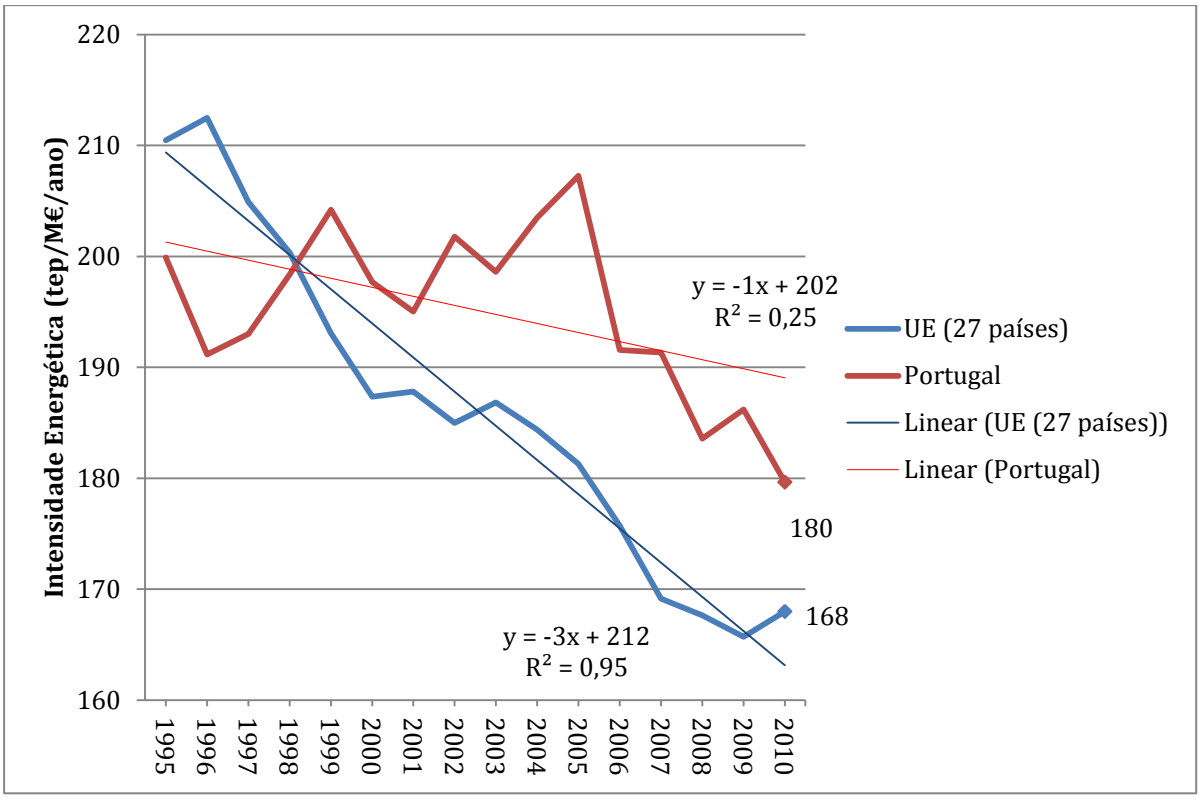


Figura 2.6 - Intensidade energética em Portugal e na média da UE (27 Países) entre 1995 e 2010.

(Eurostat, 2012)

Como se pode observar a média dos Países na Europa, em 2010, consumiu menos 12 kg de petróleo equivalente (504 MJ) para produzir 1000 € de PIB, do que Portugal. A evolução da intensidade energética no País em relação à média da União Europeia (UE) mostra que Portugal, desde 1998, tem uma economia menos eficiente que a média da UE. A evolução da intensidade energética europeia é 95 % explicada pela regressão linear (y=-3x+202) o que indica uma tendência de aumento regular de eficiência. Ao contrário, a evolução em Portugal tem sido errática (R^2=0,25), havendo uma tendência de aumento de eficiência na economia menos acentuada e com maior imprevisibilidade. Esta diferença de intensidade pode também ser explicada, em parte, pela quebra na produção industrial pouco eficiente no leste da Europa, consequência da queda do muro de Berlim e posterior adesão de alguns desses países à União Europeia. O peso de cada sector de actividade nos consumos finais de energia é também um indicador importante para caracterizar a forma como os Países utilizam a energia.

Na figura 2.7 estão representados os consumos de energia final nos sectores da Indústria, Transportes, Doméstico e Serviços entre 1990 e 2010 em Portugal.

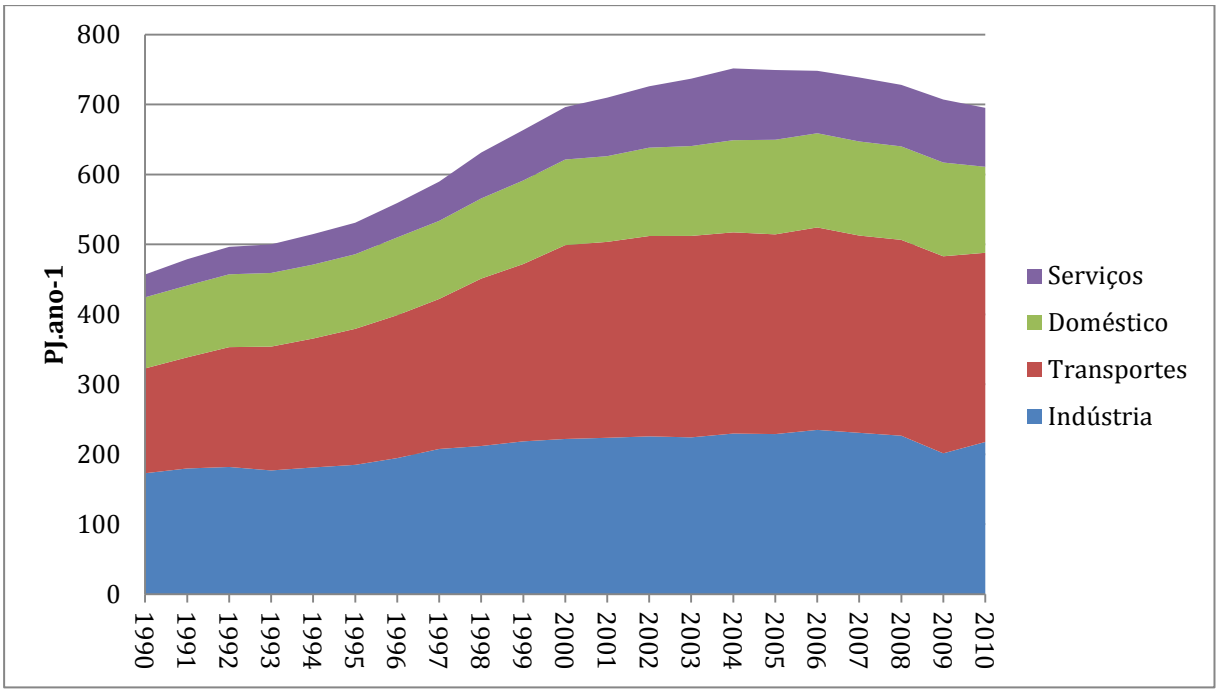


Figura 2.7 - Consumo de Energia Final por Sector em Portugal (1990-2010).

(DGEG, 2011)

A figura 2.7 não inclui os consumos de energia final do sector primário mas existem outras séries de dados que os apresentam. Segundo o inquérito ao consumo de energia no sector doméstico (ICESD) a repartição dos consumos em 2009 colocava os transportes em primeiro com 38 %, seguindo-se a indústria com 31 %, doméstico com 18 %, serviços com consumos de 12 % e o sector primário com 2 % (INE/DGEG, 2011).

A estrutura do consumo final por sector reflecte a estrutura económica do País e a tecnologia utilizada na transformação de energia primária em energia final. Em 1990 a indústria era o sector que mais energia final consumia, em 2010 a maior parte da energia era utilizada em transportes. O sector dos serviços apesar de continuar a ser o que menos energia utiliza, quase triplicou o consumo entre 1990 e 2010.

O sector doméstico, mantendo-se como o terceiro maior consumidor de energia final em Portugal, passou de um consumo 102 PJ/ano em 1990 para um máximo de 135 PJ/ano em 2005, 2006 e 2007, registando-se em 2010, 123 PJ/ano. O aumento médio do consumo neste sector, entre 1990 e 2010 foi aproximadamente 17 %. No mesmo intervalo de tempo, a população residente em Portugal aumentou 7 %, de 9 983 218 para 10 637 346 (DGEG, 2011; Pordata, 2012b). Neste sector, entre 1990 e 2010, o consumo aumentou em média 9,5 % por habitante. Apesar deste incremento, desde 2005 o consumo no sector residencial tem vindo a decrescer, tendo-se verificado um decrescimento acentuado entre 2009 e 2010, provavelmente reflectindo o aumento do preço da energia como se pode observar na figura 2.8. Não foram encontrados estudos que identifiquem que parte da diminuição do consumo de energia se deve a uma utilização mais eficiente da mesma e que parte se deve à crise na economia nacional.

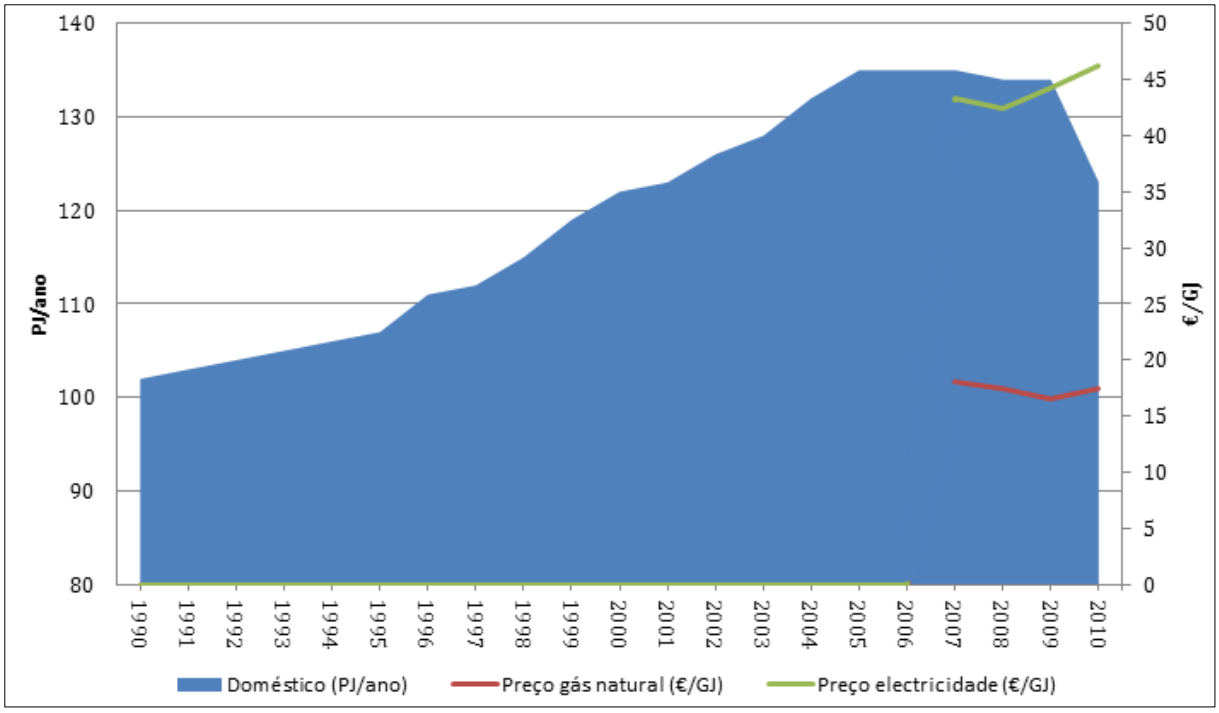


Figura 2.8 – Consumo de energia final no sector residencial entre 1990 e 2010, preço do gás nat. e electricidade para as familias entre 2007 e 2010.

(CE, 2012; DGEG, 2011)

A Agência para a Energia (ADENE), a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos e o Governo Português (Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008) têm referenciado a eficiência energética como área de actuação estratégica (ADENE, 2012a; ERSE, 2012b). Segundo a Comissão Europeia, na sua visão sobre a poupança de energia até 2020, é possível, no sector residencial, alcançar reduções de 27 % com a adopção de medidas energeticamente eficientes (EuropeanComission, 2007).

2.4 Legislação sobre eficiência energética na habitação em Portugal

Desde a entrada de Portugal na União Europeia, em 1986, a maioria da legislação nacional tem origem em Directivas comunitárias, estando nesta fracção a legislação sobre eficiência energética no sector doméstico. O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) é um documento que engloba um conjunto alargado de medidas consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar os objectivos fixados no âmbito da Directiva nº2006/32/CE, do Parlamento e do Conselho, de 5 de Abril. Surgiu na Resolução do Conselho de Ministros nº80/2008 e desde então têm sido emitidos relatórios de execução anuais (ADENE, 2012b).

Em Abril de 2012 o Governo de Portugal, através do Ministério da Economia e do Emprego colocou em consulta pública o documento " Linhas de orientação para a revisão dos Planos Nacionais de Acção para as Energias Renováveis e para a Eficiência Energética". Os objectivos de redução de consumo de energia final e consumo de energia primária até 2020 estão em risco de incumprimento e a revisão dos planos visa corrigir esse aspecto com a adequação de medidas já previstas ou a introdução de medidas complementares. A versão em execução, para melhorar a eficiência no sector residencial e de serviços conta com três programas, "Renove casa e escritório" (62% já executado), "Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios" (42% já executado) e "Renováveis na hora" (42% já executado).

A revisão do PNAEE propõe, ainda:

i. Uma monitorização mais intensiva dos programas em execução;

ii. Um reforço de medidas como o "*phase-out*" de lâmpadas incandescentes", incluindo a promoção da tecnologia díodo emissor de luz (LED);

iii. Reforçar o esforço de certificação de edifícios residenciais.

Para além das medidas referidas, foram ainda acrescentadas duas novas propostas de medidas relevantes para a presente dissertação: o desenvolvimento de acordos de desempenho energético mínimo com o sector da construção para facilitar a implementação do RCCTE e a repartição de benefícios nas habitações arrendadas entre senhorios e arrendatários, quando se fazem investimentos em eficiência energética. Caso as metas estabelecidas não sejam alcançadas está prevista a criação de benefícios fiscais para renovações nas habitações e de mecanismos que beneficiem empresas de serviços energéticos cuja actividade seja conducente à promoção do uso eficiente da energia (DGEG, 2012).

A Directiva 2009/72/CE (transposta para o Decreto Lei nº 78/2011 de 20 de Junho) e a Directiva 2009/73/CE (transposta para o Decreto Lei nº 77/2011 de 20 de Junho), que promovem incentivos quanto à distribuição e utilização de energia de forma mais eficiente, têm por base a existência de redes eléctricas inteligentes e contadores telemétricos que possibilitem, ao utilizador final, gerir melhor os seus consumos e, aos distribuidores, controlarem melhor os diagramas de carga de oferta e procura de energia.

O desempenho energético dos edifícios é regulado na União Europeia pela Directiva 2002/91/CE de Janeiro de 2003. Esta Directiva "EPBD" foi transposta para legislação nacional através dos seguintes decretos-lei:

i. Decreto-Lei 78/2006, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);

ii. Decreto-Lei 79/2006, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios (RSECE);

iii. Decreto-Lei 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Entre outros aspectos, este pacote legislativo visa "garantir a efectiva implementação dos requisitos mínimos regulamentares de desempenho energético por forma a assegurar a respectiva eficiência energética". A Directiva ao estabelecer a implementação de um sistema de certificação energética nos edifícios irá permitir que os cidadãos europeus tenham um conhecimento detalhado quanto à qualidade térmica e energética dos mesmos. Mais detalhes sobre os regulamentos SCE, RSECE e RCCTE podem ser observados no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Legislação nacional sobre certificação e regulamentação de edifícios.

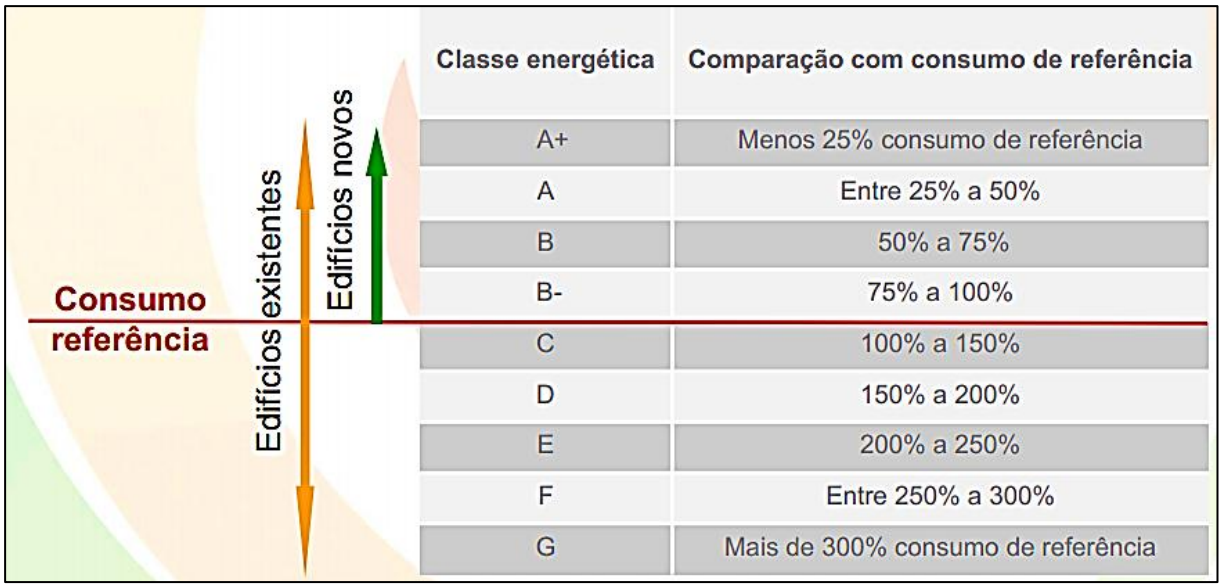
Sistema Nacional de Certificação Energética e e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)	
Decreto-Lei n.º78/2006, transpõe Directiva EPBD (2002/73/CE)	
Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios (RSECE)	**Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**
D.L. n.º 79/2006 (revoga D.L. n.º119/98)	*D.L. n.º 80/2006 (revoga D.L.n.º 40/90)*
Define condições a observar em novos sistemas de climatização estabelecendo requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior através da escolha de equipamentos eficientes.	Impõe requisitos de projecto a novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviço, bem como a grandes remodelações como forma de salvaguardar as condições de conforto térmico sem necessidades excessivas de energia.
Grandes Edifícios de Serviço (GES) - área >1000 m2; Pequenos Edifícios de Serviço (PES) - área<1000m2; Edifícios residências com potencia de climatização >25kW	Potência de climatização instalada ≤ 25kW
i. Eficiência energética;	
ii. Qualidade do ar interior;	
iii. Ensaios de recepção de sistemas após a conclusão da sua construção;	
iv. Manutenção e monitorização do funcionamento dos sistemas de climatização;	
v. Inspecção periódica de caldeiras e equipamentos de ar condicionado;	
vi. Responsabilidade pela condução dos sistemas.	

O Decreto-Lei nº79/2006 surge devido à necessidade de aperfeiçoar o modelo utilizado no Decreto-Lei nº40/90 à realidade actual, em que a presença de sistemas de climatização activa tem vindo a ser cada vez mais utilizado. A versão de 2006 torna-se mais exigente para responder à referida Directiva.

A contabilização do consumo de águas quente sanitária (AQS) também resulta da própria Directiva e a transposição nacional torna obrigatório a instalação de colectores solares para produção de AQS, sempre que haja exposição solar adequada. O RCCTE estabelece, portanto, a obrigatoriedade de instalação de sistemas de águas quentes solares nas novas habitações. Segundo o mesmo regulamento, a quantidade de água quente consumida, em média, por habitante é 40 litros/habitante/dia. A água quente utilizada é considerada como sendo distribuída a 15°C e consumida a 60°C (ΔT=45°C).

No próprio Decreto-Lei nº 80/2006 é expressa a ideia de que o sucesso da aplicação desta legislação passa por garantir a sua aplicação ainda na fase de projecto de novos edifícios. Quanto mais a montante se agir, mais eficiente se torna todo o processo. Em Portugal, a certificação dos edifícios está tutelada pela Agência para a Energia (ADENE), Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

O RCCTE caracteriza o comportamento térmico dos edifícios em termos de quatro índices fundamentais. Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (***Nic***), necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (***Nvc***), necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias e ainda, resultante das três parcelas anteriores, as necessidades globais de energia primária (***Ntc = f(Nic, Nvc,Nac)***). Para que o RCCTE seja verificado, é necessário que os valores das necessidades nominais de energia não excedam os respectivos valores limite de referência (***Ni, Nv, Na, Nt***) e em que ***Nt***, é função de ***Ni***, ***Nv*** e ***Na***, estabelecidos de acordo com a metodologia definida no regulamento e, passíveis de sofrer actualizações por portaria. A classificação energética, para os edifícios residenciais é então calculada através da razão entre os índices ***Ntc*** e ***Nt*** (um edifício terá um melhor desempenho térmico quanto menor for o valor da referida razão), de acordo com a escala definida na figura 2.9. Para os edifícios novos de habitação ou, edifícios existentes sujeitos a reabilitações profundas, a Classe B- corresponde à Classe mínima permitida pela actual legislação.



Classe energética	Comparação com consumo de referência
A+	Menos 25% consumo de referência
A	Entre 25% a 50%
B	50% a 75%
B-	75% a 100%
C	100% a 150%
D	150% a 200%
E	200% a 250%
F	Entre 250% a 300%
G	Mais de 300% consumo de referência

Figura 2.9 - Classificação energética de acordo com o RCCTE.

(ADENE, 2009)

A Agência para a Energia estima que, nos edifícios residenciais, a média dos consumos aferidos pelo RCCTE (águas quentes sanitárias e climatização) é 16 GJ/ano/habitação. De acordo com a análise das medidas de melhoria dos mesmos autores, prevê-se que, o investimento em sistemas solares térmicos tenha um impacte positivo nos consumos de 16,5 %, a aplicação de isolamento de 6,6 %, e a melhoria de qualidade dos vãos envidraçados de 5,7%. No que respeita a correcção de pontes térmicas e à adopção de medidas para promover o sombreamento o impacte é inferior a 1% (ADENE, 2009).

Apesar de a Certificação Energética ser um passo no sentido de tornar a habitação mais eficiente, a classificação no certificado, ao ser calculado em condições nominais, não traduz os consumos reais, uma vez que esses são fortemente condicionados pelos hábitos e comportamentos dos utilizadores/ocupantes. De acordo com Ferreira e Pinheiro (2011), o regulamento aplicado a Portugal é pouco exigente na atribuição de classes e não valoriza a climatização passiva tanto quanto seria desejável. Ainda assim, os autores destacam o RCCTE como sendo um incentivo para mudanças positivas de paradigma, com reflexo na qualidade da habitação no nosso País.

Portugal apresenta uma acentuada diversidade climática, tendo o Continente sido dividido, para efeito de aplicação do RCCTE, em três Zonas Climáticas de Inverno (***I1, I2, I3***) e três zonas climáticas de Verão (***V1, V2 e V3***), existindo ao todo 9 zonas climáticas, em que o aumento do índice (***1, 2, 3***) corresponde ao aumento da severidade climática. Lopes e Melo (2012) criaram um mapa com 16 regiões, agregando as classificações de Verão e Inverno do RCCTE, como se pode ver na figura 2.10.

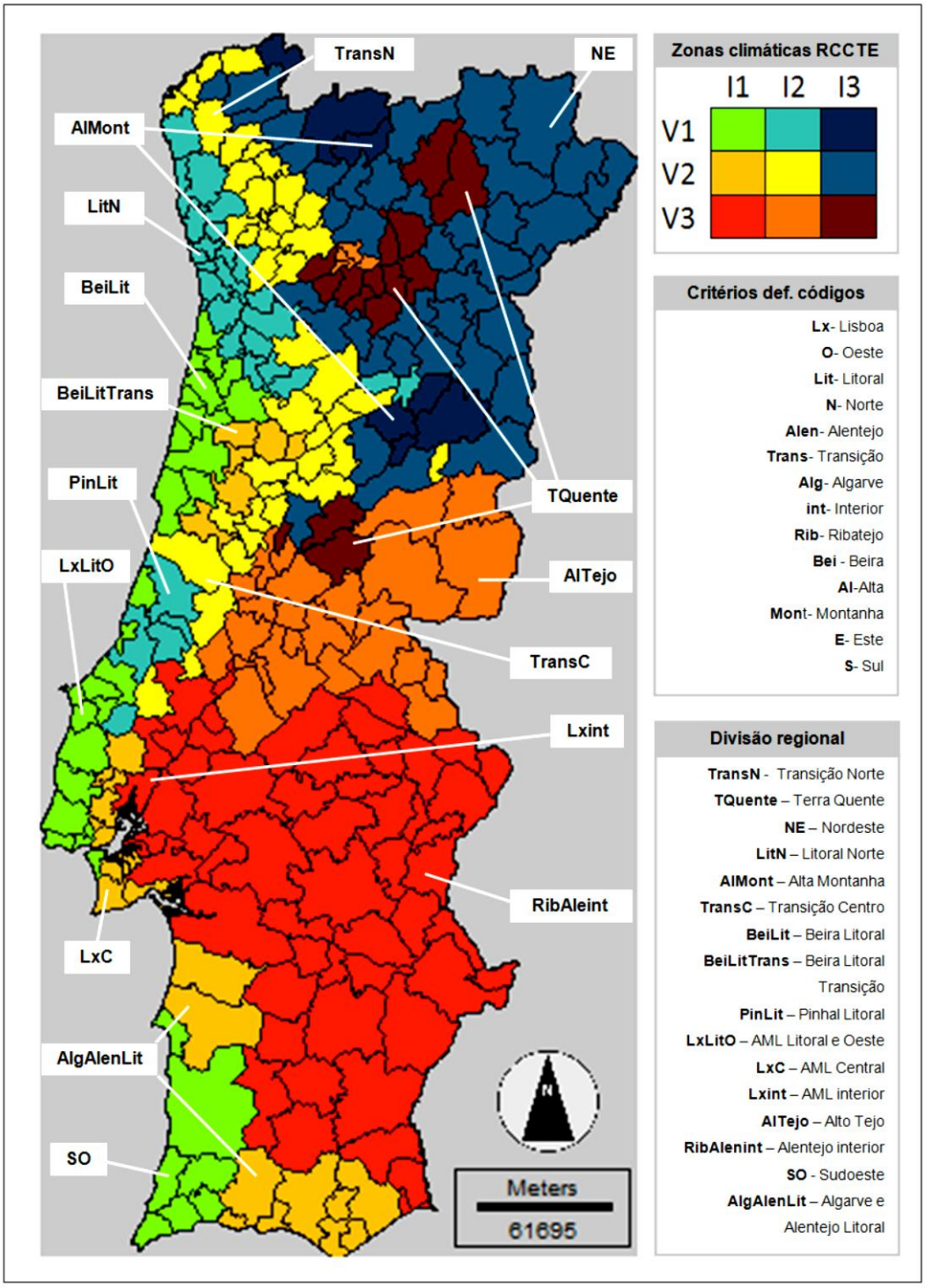


Figura 2.10 – Divisão regional segundo as necessidades de climatização em Portugal Continental.

(Lopes; & Melo, 2012)

Em 2010, a UE aprovou uma nova Directiva para legislar a performance energética dos edifícios (Directiva 2010/31/EU, de 19 de Maio). Esta Directiva surge para fazer face ao objectivo de diminuir 20 % as emissões de GEE, aumentar 20 % o peso das energias renováveis no consumo e aumentar 20 % a eficiência energética na União Europeia. Além de ser mais exigente em relação ao parque habitacional existente esta nova Directiva introduz o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia. A Directiva estabelece que até 31 de Dezembro de 2020

todos os edifícios novos deverão ter necessidades quase nulas de energia, pelo que, os estados membros devem desenvolver legislação e medidas que assegurem o cumprimento dos objectivos, já com obrigatoriedade de apresentação de resultados provisórios em 2015. A Directiva prevê ainda a disponibilização de fundos comunitários caso os planos dos Países assim o justifiquem. A transposição parcial da Directiva deveria ter sido aprovada e publicada pelos estados membros até ao dia 9 de Julho de 2012, o que no caso português não se verificou.

2.5 Habitação em Portugal

O parque habitacional de Portugal é a base de trabalho para o desenvolvimento de uma estratégia energética para o sector. Na presente secção a habitação em Portugal é caracterizada não só pela sua distribuição no território, mas também pela sua quantidade e qualidade.

Dados relativos a 2011 indicam que existem em Portugal 5,9 milhões de fogos. Cerca de 4 milhões (68 % do total) constituem residência habitual de famílias clássicas, um milhão e cem mil (19 % do total) segundas residências e setecentos e trinta e cinco mil (13 % do total) são fogos vagos (INE, 2011b). Na figura 2.11 pode observar-se a distribuição dos fogos pelo território nacional.

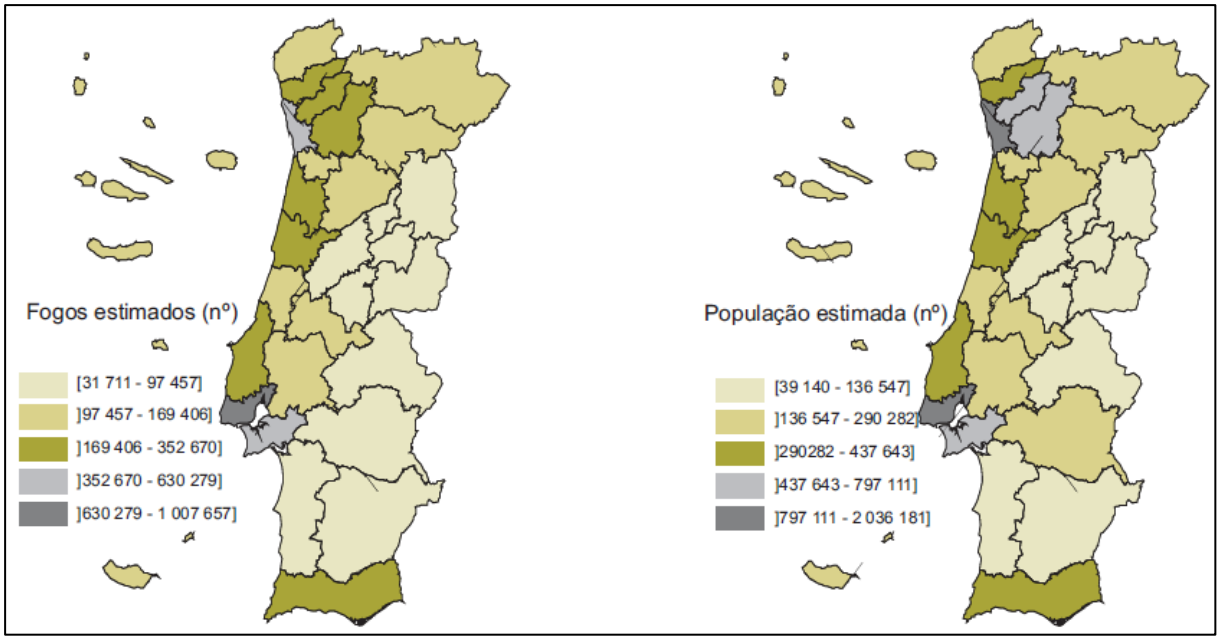


Figura 2.11 - Densidade de alojamentos (esquerda) e população (direita) por NUTS 3, 2010.

(Adaptado de INE, 2011d)

A figura 2.11 mostra o País dividido em 30 sub-regiões, segundo a Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas (NUTS 3). A maior parte do parque habitacional encontra-se no litoral do País, em especial na Grande Lisboa, Península de Setúbal e Grande Porto. A zona do interior tem menos alojamentos porque também tem menos população residente. O Algarve tem mais alojamento do que o Baixo-Alentejo, apesar de serem regiões contíguas. Isso deve-se à sazonalidade da região, correspondendo parte dos alojamentos a segundas residências. A distribuição dos fogos está então relacionada com a distribuição da população residente. Comparando a distribuição da população e parque edificado com a classificação climática do País constante no RCCTE (secção 2.4 da dissertação), verifica-se que as zonas mais amenas do País são, também, aquelas onde existem mais edifícios e habitantes.

Em Portugal existem, em média, 1,5 habitações por família. Em cada habitação clássica habitam, em média, 2,8 pessoas, valor ligeiramente superior à média da União Europeia a 25 (2,4

habitantes por casa)(Atkinson; & Marlier, 2010). Entre 2001 e 2010 houve, em proporção, um aumento mais acelerado da construção de fogos do que do crescimento populacional no País, resultando na diminuição do número médio de habitantes por fogo (INE, 2011c). Em 2010, foram construídos 20 082 edifícios de habitação em Portugal, menos 9 % do que em 2009. Do ponto de vista exclusivamente técnico, tendo em conta apenas a utilização de energia na habitação é preferível que exista uma maior densidade de habitantes por fogo e, globalmente, menos fogos.

Segundo *Phillips* (2012), os proprietários das habitações estão, tendencialmente, mais predispostos a investir na melhoria das suas casas do que os inquilinos e, portanto, o arrendamento em Portugal pode ter influência no âmbito da presente dissertação, influindo nos potenciais de melhoria. Entre 2001 e 2010 o número de habitações arrendadas aumentou 6 %, para os 27 % do total de habitações clássicas. A maioria dos arrendamentos é realizada com contractos sem termo (56 %), contractos com prazo definido (34 %), renda social ou apoiada (8 %) e, por último, subarrendamento, com 2 % (INE, 2011b). Foi criada uma nova lei do arrendamento urbano que visa, entre outras coisas, facilitar o financiamento para reabilitação do parque habitacional arrendado sendo ainda cedo para aferir a efectividade da mesma (MAMAOT, 2011).

A idade do parque habitacional é também uma variável a considerar no consumo de energia. A evolução tecnológica no sector da construção, nomeadamente no desenvolvimento dos materiais utilizados, torna-os mais eficientes em termos térmicos/energéticos, diminuindo a necessidade de utilizar energia para climatização. Na figura 2.12 os edifícios de Portugal Continental encontram-se agregados por data de construção.

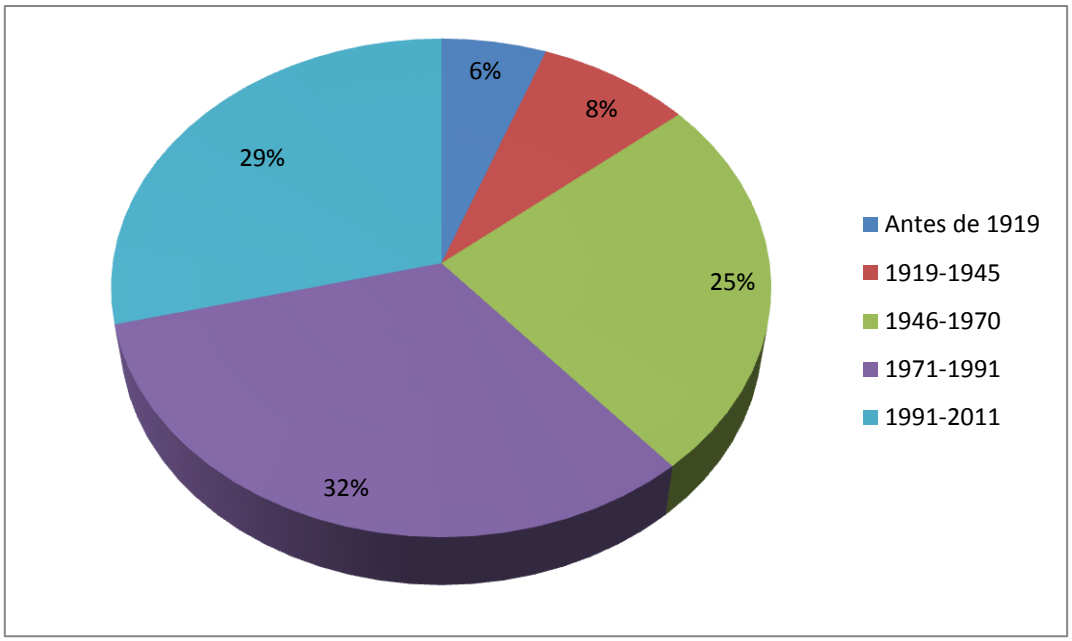


Figura 2.12 - Edifícios em Portugal Continental por data de construção.

(Adaptado de INE, 2011c)

A maioria dos edifícios em Portugal, como se pode observar na figura 2.12, tem menos de quarenta anos mas, como também se pode observar na figura, uma fracção considerável dos edifícios data de décadas em que as técnicas construtivas utilizadas não tinham em especial atenção o isolamento térmico, com reflexos nos consumos actuais de energia.

Em 2010, 38 % dos edifícios do País necessitavam de ser intervencionados, estando os municípios de Lisboa e do Porto acima da média nacional (INE, 2011c). O Retrato Territorial de Portugal de 2007 indica que, entre 1997 e 2007, houve uma diminuição da importância das

obras de reabilitação de edifícios. Em 2007, concluíram-se 37 mil obras em Portugal, correspondendo 20 % a reabilitação de edifícios(INE, 2007). Os dados de 2010, pelo contrário, indicam uma tendência crescente na reabilitação (23 %) e um decrescimento da construção de novas habitações(INE, 2011c).

Em 2010 foram construídos em Portugal 20 082 edifícios de habitação, em média, com 2,4 pisos e 2,2 habitações por edifício. As habitações construídas são, em média, T3 com 5 divisões. O número de divisões segue a tendência em relação ao parque habitacional existente (T3 com 4,5 divisões) (INE, 2011b).

Na região de Lisboa, 78 % das habitações construídas em 2010 corresponderam a apartamentos e os restantes 22 % a moradias. Esta tendência é única já que, no resto do País, com excepção do Algarve, a construção de moradias foi maioritária. A comparação entre 2001 e 2010 mostra uma taxa média de crescimento anual (TMCA) negativa no número de edifícios, pisos, fogos, divisões por fogo, área total e área habitável indicando que o sector da habitação abrandou e as habitações construídas são hoje tendencialmente mais pequenas do que em 2001 (INE, 2011b).

Em termos qualitativos, uma maneira de aferir a condição do parque habitacional é utilizar indicadores típicos de fraca qualidade como a existência de infiltrações de água, a percepção por parte dos habitantes de que a casa é demasiado escura ou a ausência de instalações sanitárias. Quando se considera o conjunto de sintomas de fraca qualidade em conjunto, Portugal é o oitavo pior País da UE-27 (Rybkowska & Schneider, 2011). Na figura 2.13 podem observar-se indicadores de falta de qualidade na habitação, em Portugal e na média da EU-27.

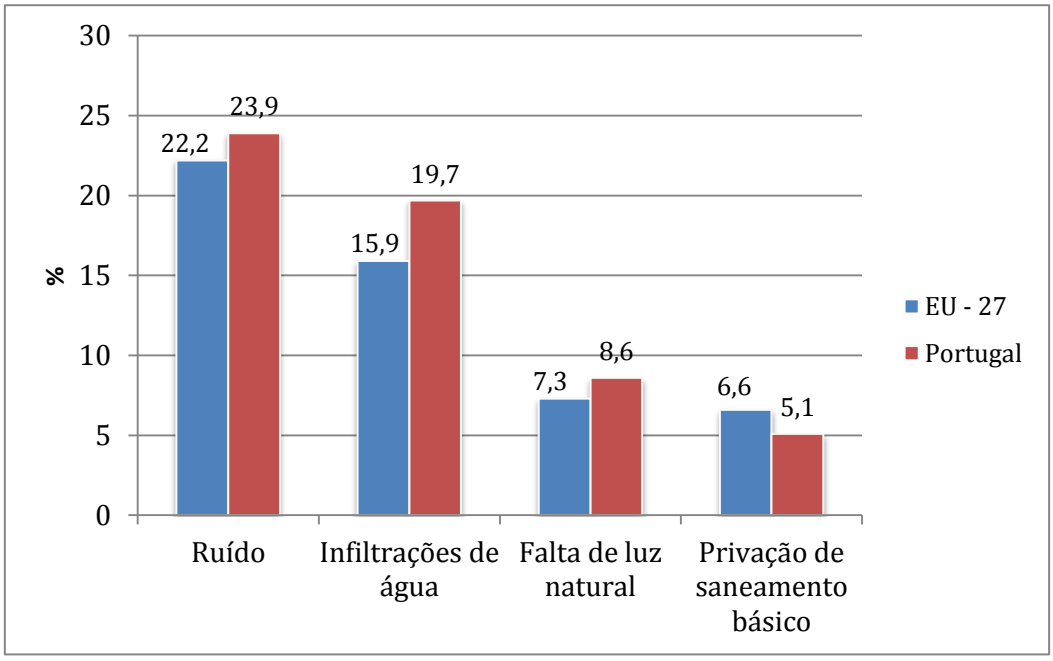


Figura 2.13 – Indicadores qualititivos da habitação, em Portugal e na EU-27, em 2009.

(Rybkowska & Schneider, 2011)

O sector da construção de habitação em Portugal está gradualmente a abrandar mas ainda se verifica um número elevado de habitações em relação à população do País. A distribuição de habitações pelo território, como expectável, está relacionada com a distribuição da população. Apesar de a qualidade actual estar distante do ideal nos últimos anos tem-se verificado um crescimento da reabilitação.

2.6 Uso da energia no sector doméstico em Portugal

Todo o ciclo de vida das habitações tem associado impactes ambientais. Segundo Cuéllar-Franca e Azapagic (2012), ao analisarem o ciclo de vida de habitações no Reino Unido, concluíram que a grande maioria dos impactes (80 %) estavam associados ao consumo de água e de energia durante a utilização das casas. Em Portugal, tal como no Reino Unido, os impactes da utilização das habitações são explicados pelo facto de os fogos serem utilizados durante várias décadas, o que retira peso às fases de construção e demolição quando se analisa o ciclo de vida completo. Na presente secção exploram-se os dados referentes a consumos energéticos do sector residencial em Portugal e procuram-se variáveis que possam ter influência nestes consumos.

O Instituto Nacional de Estatística (INE), em colaboração com a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) realizaram, em 2011, o "Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico" (INE/DGEG, 2011). Na figura 2.14 está representada a média de energia consumida, por fonte, na habitação em Portugal, em relação ao consumo médio total, 31 GJ/ano/habitação.

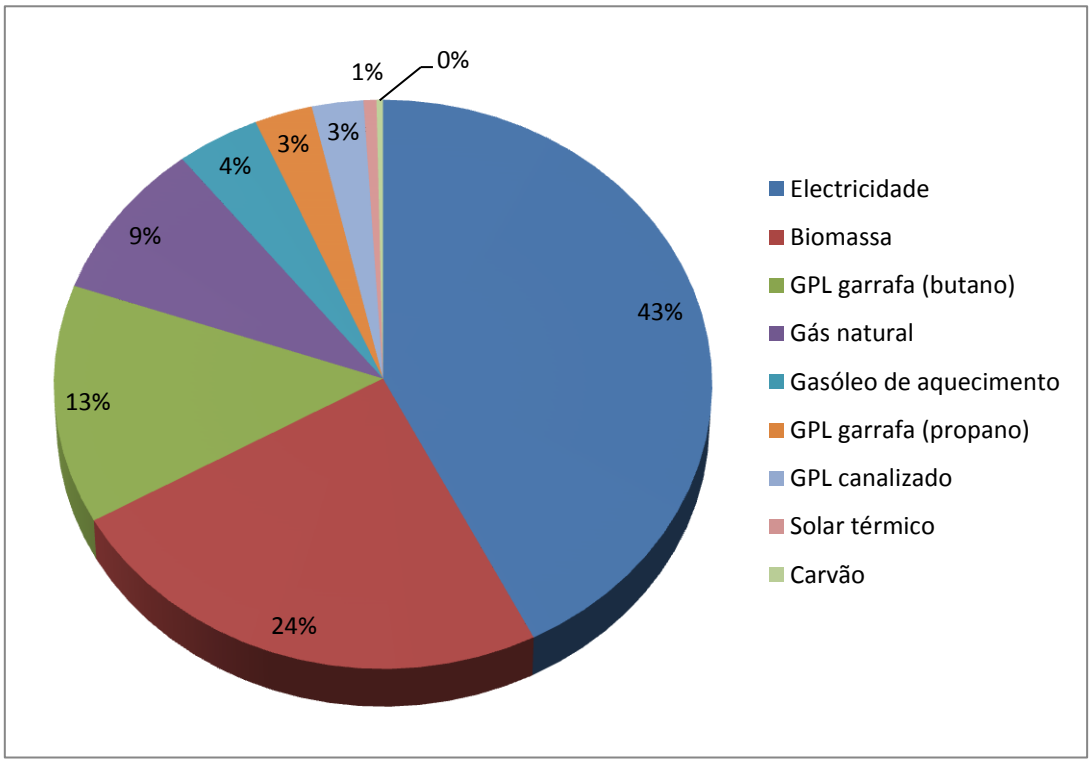


Figura 2.14 - Tipo de energia utilizado na habitação em Portugal no ano de 2010.

(INE/DGEG, 2011)

A electricidade foi o tipo de energia mais utilizado na habitação em Portugal, no ano de 2010, correspondendo em média a 43 % do consumo no sector. A biomassa, o butano engarrafado e o gás natural, em conjunto, correspondem a 47 % dos consumos no sector. Combustíveis como biomassa e gasóleo de aquecimento estão associados quase exclusivamente a climatização enquanto os outros são também utilizados na confecção de alimentos e produção de águas quentes sanitárias. Na figura 2.15 apresenta-se o custo médio, com cada fonte de energia, para as famílias que os utilizam.

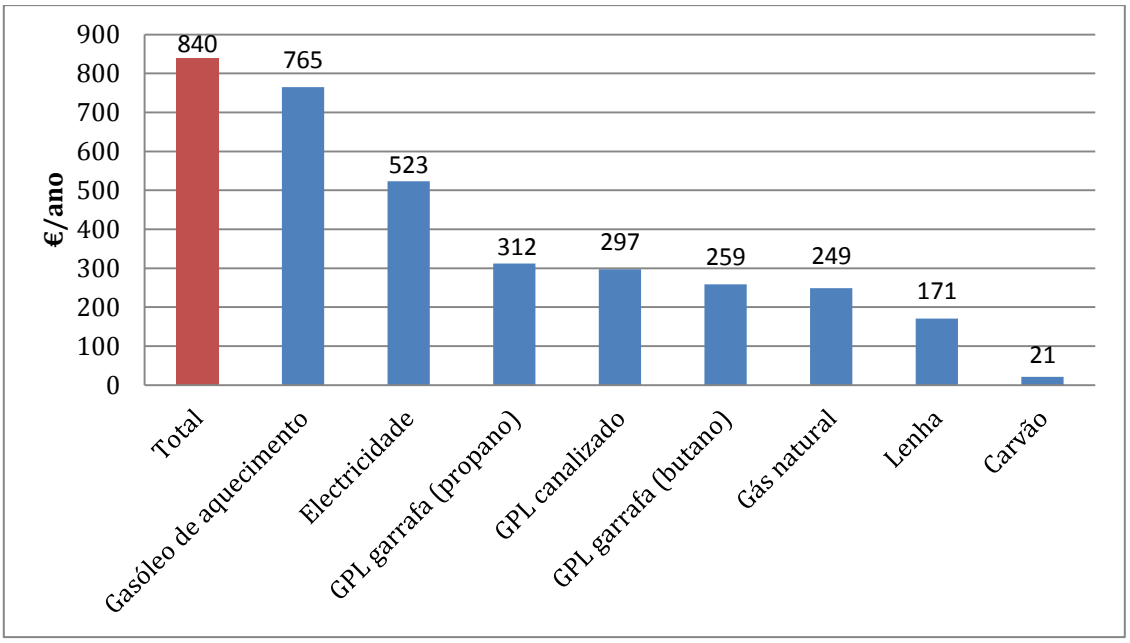


Figura 2.15 - Despesa média anual (2010) com energia por habitação e tipo de energia.

(INE/DGEG, 2011)

Da análise à figura 2.15 retira-se que as famílias que utilizam gasóleo de aquecimento têm custos anuais com este combustível comparáveis aos custos totais com energia na média das residências portuguesas. A despesa média com energia na habitação em Portugal é 840 €/ano por habitação o que, considerando os rendimentos médios disponíveis por família, 31 318€/ano, em 2011, representa 4 % do orçamento anual (Pordata, 2012c). Outra forma de desagregar os consumos na habitação utilizada pelos inquéritos ao sector é por utilização dada à energia como se pode observar pela figura 2.16.

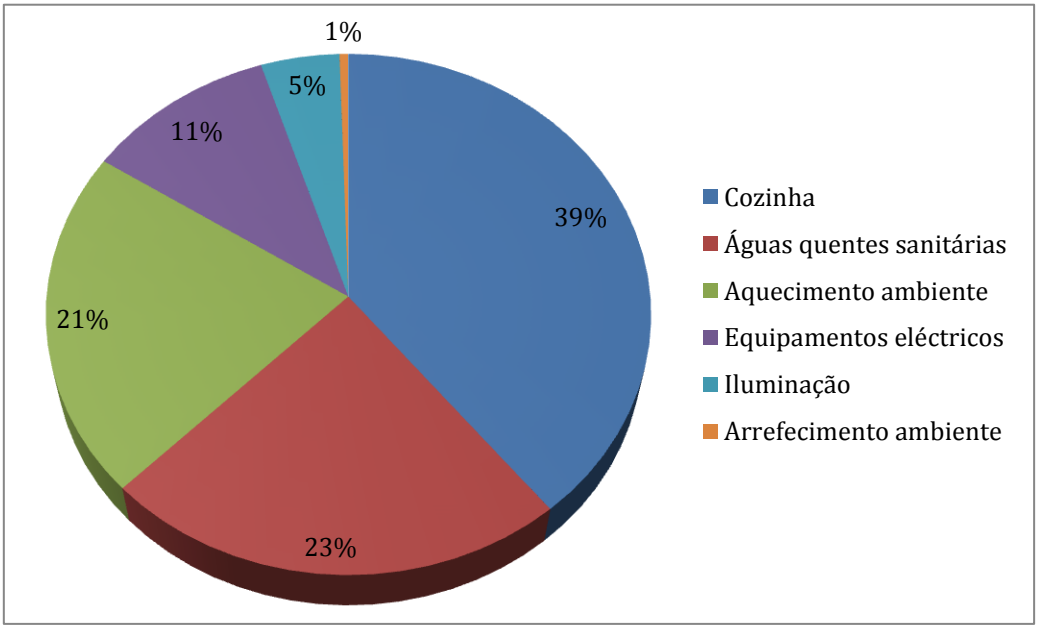


Figura 2.16 - Distribuição do consumo de energia na habitação em Portugal por utilização.

(INE/DGEG, 2011)

Os elevados consumos de energia na "cozinha" (39 %) podem ser explicados pelos critérios na distribuição dos consumos por categoria. "Cozinha" no sentido lato pode incluir equipamentos de frio, aspiradores, máquinas de lavar loiça/roupa e ferros de engomar, aumentando o peso relativo desta categoria em relação à energia total consumida na habitação. Na fracção "equipamentos eléctricos" encontram-se, provavelmente, incluídos todos os equipamentos multimédia e lazer como computadores, aparelhagens, televisões, consolas e demais *gadgets.*

O inquérito ao consumo de energia na habitação em Portugal indica ainda que, em média, 51 m^2/habitação são aquecidos consumindo-se, em média, 0,15 GJ/m^2/ano para o efeito. A área arrefecida corresponde, em média, a 35 m^2/habitação consumindo-se 0,02 GJ/m^2/ano.

Existem vários interessados no uso da energia no sector doméstico. Segundo Bourne e Walker (2005), das várias definições de *stakeholder,* a mais apropriada é a que os define como agentes que interagem entre si, negociando sobre um tema sobre o qual partilham interesses. Assim, na utilização de energia na habitação em Portugal identificam-se os seguintes conjuntos de *stakeholders* (ERSE, 2012a):

i. Produtores/distribuidores/vendedores de energia,

ii. Estado português/entidades reguladoras/agências energéticas,

iii. Consumidor final;

Os produtores/distribuidores/vendedores de energia têm como principal objectivo o lucro. Do ponto de vista da gestão pública o objectivo passa por maximizar o benefício social das políticas públicas. Existe ainda o dever de cumprir e fazer cumprir os requisitos legislativos (nacionais e internacionais). Até ao final de 2012, os mercados da energia encontram-se em processo de liberalização e também cabe à gestão pública moderar essa transição. Os consumidores finais de energia na habitação procuram condições de serviço competitivas, com qualidade, que lhes permitam manter ou melhorar a qualidade de vida na habitação.

O quadro 2.2 mostra um resumo dos vários factores que influenciam a utilização de energia na habitação.

Quadro 2.2 - Factores que influenciam o consumo de energia na habitação

(Adaptado de Kowsari & Zerriffi, 2011)

	Categorias	**Factores**
Factores Endógenos (características da habitação)	Características económicas	Receita, despesa, propriedade
	Características não económicas	Habitação (área, tipologia, idade), moradores (idade, educação, profissão, acesso à informação)
	Características culturais e comportamentais	Preferências (ex.: alimentação), práticas, estilo de vida, estatuto social, etnia
Factores Exógenos (condições externas)	Ambiente Físico	Localização geográfica, clima
	Política	Política energética, subsídios, condições de mercado
	Oferta de energia	Preço, disponibilidade, acessibilidade, fiabilidade da oferta
	Características dos equipamentos	Eficiências de conversão de energia, custo e métodos de pagamento, complexidade operacional

Segundo Kowsary e Zerriffi (2011) existem várias variáveis que afectam a tomada de decisão em relação à utilização de energia em casa. Apesar de, no quadro 2.2, essas variáveis serem resumidas e separadas com o objectivo de facilitar a sua interpretação, na realidade elas estão inter-relacionadas e o estudo dos consumos energéticos no sector deve ter essas interdependências em consideração. Esta variabilidade corrobora os resultados obtidos por Swan e Ugursal (2009), que destacaram a heterogeneidade da habitação e a dificuldade de modelar este género de sistemas devido ao elevado número de variáveis envolvidas e complexidade das suas correlações.

2.7 Vertente construtiva

Tal como foi descrito na secção 2.5 da presente dissertação, a habitação em Portugal apresenta uma enorme diversidade quanto à sua distribuição pelo território, tipologia e qualidade construtiva. A variabilidade do sector implica que a adopção de medidas de melhoria na vertente construtiva seja adequada a cada situação. Uma habitação com qualidade irá garantir o conforto aos utilizadores (térmico, lumínico e acústico), tendo ainda por base uma abordagem passiva quanto à climatização e iluminação, conduzirá a uma utilização eficiente da energia (Rosmaninho, 2006). Na presente secção a importância da vertente construtiva para a eficiência energética na habitação é revista. Inicia-se o capítulo com uma descrição do clima em Portugal e as suas implicações na construção. Descreve-se um conjunto de práticas construtivas que contribuem para um aumento de eficiência. A secção termina com a apresentação de um caso de estudo sobre habitação projectada para maximizar a eficiência no uso da energia.

As condições climáticas e a envolvente dos edifícios têm uma influência significativa no comportamento térmico dos edifícios e, no consumo de energia, para satisfação das exigências de conforto térmico (Simões, 1994). Variações na temperatura do ar exterior e a incidência da radiação solar são os factores que mais influenciam os edifícios (Gonçalves & Graça, 2004). Quanto mais extrema for a temperatura média do ar na envolvente, mais exigentes tenderão a ser as necessidades de climatização no interior dos edifícios. No decorrer do século XX, a normalização cultural e construtiva, a divulgação generalizada do conhecimento e a disponibilidade de novas tecnologias contribuiu para a perda de importância de uma arquitectura consciente do clima e do "sítio" (Rosmaninho, 2006).

Segundo o Instituto de Meteorologia, com base nas normais entre 1961 e 1990, a temperatura média anual varia entre 7 °C nas terras altas do interior norte e centro e os 18 °C no litoral sul. O mesmo estudo indica que a precipitação média anual tem os valores mais altos no Minho e Douro Litoral (entre 2041 mm e 3200 mm) e os valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo (menos de 600 mm)(Instituto de Meteorologia, 2008).

Existem vários sistemas para classificar o clima. O Instituto de Meteorologia utiliza a classificação do clima proposta por Köppen-Geiger. Portugal é classificado em duas regiões de acordo com a figura 2.17.

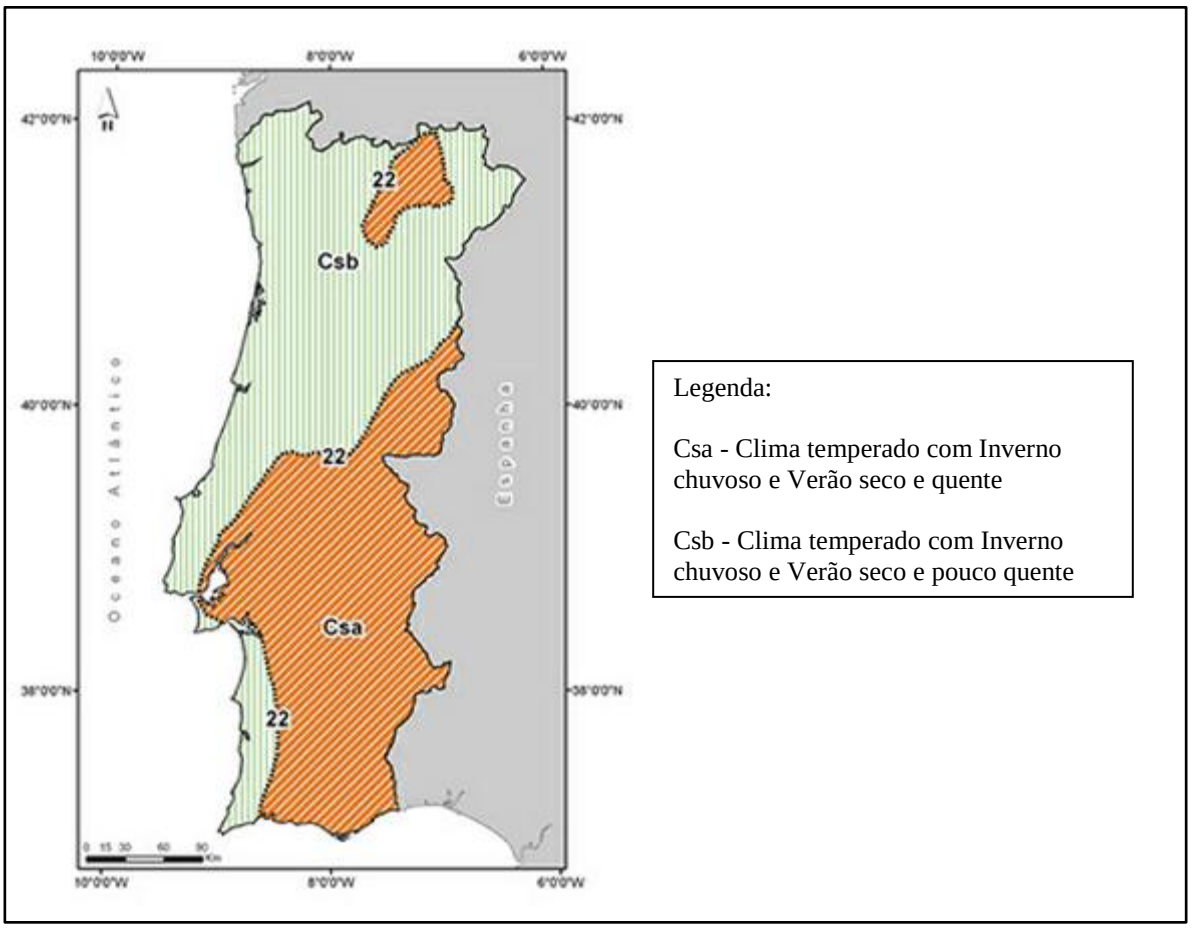


Figura 2.17 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen-Geiger.

(Instituto de Meteorologia, 2008)

Peel (2007) reviu as zonas climáticas de acordo com a classificação de Köppen-Geiger e concluiu que a maioria da Europa possui um clima frio (44 %) ou árido (36 %). Portugal Continental encontra-se na fracção de clima temperado (17 %), com variações de temperatura e pluviosidade menos extremas do que as verificadas na maioria da Europa. Segundo Wong (2012), durante o século XX, os Invernos foram-se tornando mais amenos e os Verões mais extremos, aumentando as necessidades de arrefecimento no interior dos edifícios e, simultaneamente decrescendo, as referentes ao aquecimento. O mesmo autor prevê ainda que esta tendência se agrave no decorrer do século XXI, com influência nos padrões de consumo de energia na habitação.

Como se pode observar na secção sobre legislação térmica e energética dos edifícios a divisão climática do País baseou-se no clima desagregado na estação de aquecimento e arrefecimento. As zonas climáticas de Inverno foram estabelecidas a partir do número de graus-dias de aquecimento (GD20) na base de 20°C e, na estação de arrefecimento, os limites das três zonas climáticas de Verão foram estabelecidos com base nos valores actualizados da temperatura exterior de projecto de Verão, a qual corresponde à temperatura seca do ar exterior que não é excedida, em média, durante mais do que 2,5% do período correspondente à estação convencional de arrefecimento (1 de Junho a 30 de Setembro, ou seja, 4 meses).

Em relação à habitação, a sua adaptação ao clima é ainda uma das principais preocupações a ter em conta, ainda na fase de projecto/concepção. A orientação da habitação, a sua forma e a sua integração na paisagem potenciam poupanças até 20 % do consumo de energia na média das habitações (Morrissey, Moore, & Horne, 2011), e, quando associado a técnicas construtivas apropriadas, até 40 % (Sozer, 2010). A envolvente da habitação é determinante no desempenho térmico da mesma porque estabelece a fronteira do sistema. O ideal é que a envolvente permita garantir situações de conforto no interior da habitação. Segundo Pina dos Santos e Matias (2006) a envolvente das habitações divide-se como se pode observar na figura 2.18.

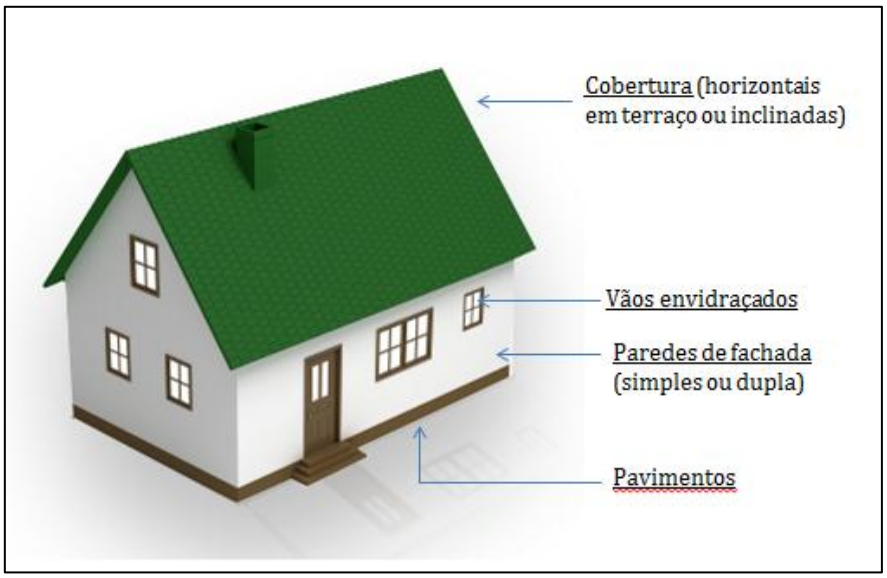


Figura 2.18 – Envolvente da habitação.

(Pina dos Santos & Matias, 2006)

Os materiais utilizados possuem determinadas características que devem ser tidas em conta no sentido de garantir um bom desempenho térmico das habitações. A condutibilidade térmica (**λ**), expressa em (**W/m².°C**), é uma propriedade que caracteriza os materiais termicamente homogéneos, e que representa a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura unitária desse material, por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces, planas e paralelas. Um material para ser considerado isolante térmico tem de ter condutibilidade térmica inferior a 0,065 W.(m.°C) e uma resistência térmica (**R**) superior a 0,030 (m².°C)/W (Pina dos Santos & Matias, 2006). Os isolantes mais comuns estão representados na figura 2.19.

Acrónimo	Isolante	Imagem	Massa Volumica (kg/m^3)	Condutibilidade (λ) ($W/m^2.°C$)
EPS	poliestireno expandido moldado		11-13	0,045
MW	lã mineral		20-35	0,045
PIR	espuma rígida de poli-isocianurato		20-50	0,04
PUR	espuma rígida de poliuretano		20-50	0,04
XPS	poliestireno expandido extrudido		25-40	0,037
ICB	aglomerado de cortiça expandido		90-140	0,045

Figura 2.19 – Isolantes mais comuns.

(Adaptado de Pina dos Santos & Matias, 2006)

Existem ainda isolantes compósitos, aplicáveis exclusivamente pelo exterior, os *External Thermal Insulation Composite System* (ETICS). A escolha dos isolamentos e do método de aplicação depende das características de cada projecto e das necessidades de isolamento existentes a zona em que a habitação é construída ou intervencionada.

As pontes térmicas são zonas na envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é menor. Estas áreas verificam-se onde existe uma penetração total ou parcial da envolvente através de materiais com maior condutibilidade térmica, onde há mudanças na espessura da estrutura ou onde existem ligações entre elementos construtivos (parede/piso/tecto) (Pessoa, 2011). É através das pontes térmicas que ocorre uma parte significativa das trocas de calor com o exterior (figura 2.20).

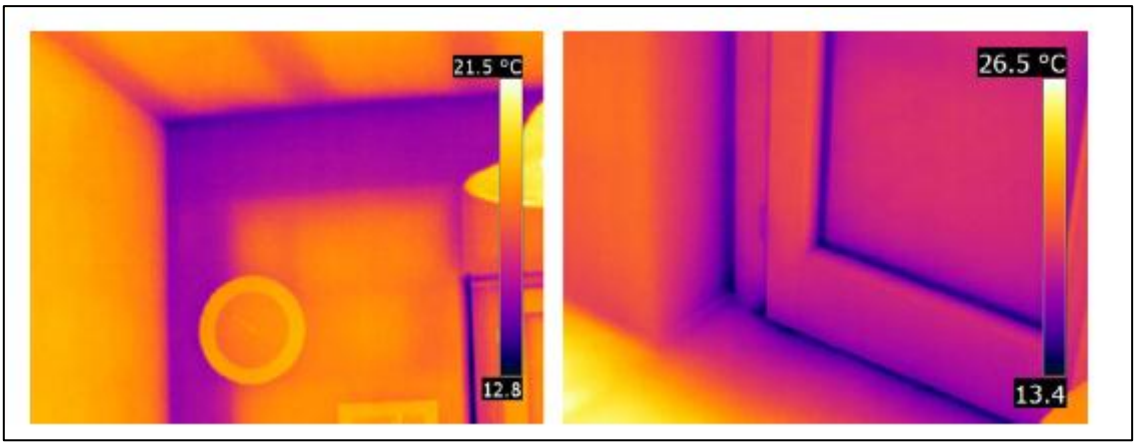


Figura 2.20 - Fotografias termográficas por infravermelhos de pontes térmicas.

(Asdrubali, Baldinelli, & Bianchi, 2012)

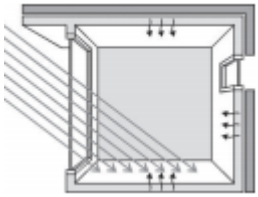
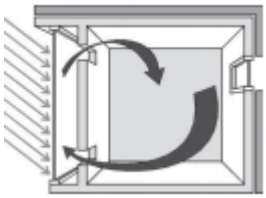
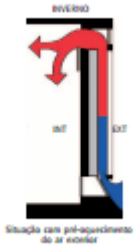
Como se pode ver na figura 2.20, nas pontes térmicas formadas nas intercepções de paredes da envolvente e nos vãos envidraçados a temperatura é mais baixa (12,8 - 13,4 °C) do que na restante envolvente (21,5 – 26,5 °C). As pontes térmicas podem ser corrigidas com materiais isolantes, aplicados pelo interior ou pelo exterior.

Os vãos envidraçados, como se pode também observar na figura 2.20, são área sensíveis em termos de trocas térmicas. Tipicamente a solução para os vãos envidraçados passa por melhorar as caixilharias e optar por vidros duplos ou, mais recentemente, triplos. Em Portugal 75 % das habitações têm ainda janelas com vidros simples, 19 % das habitações têm vidros duplos sem corte térmico e apenas 7 % têm vidros duplos com corte térmico (INE/DGEG, 2011). Dias *et al* (2012) confirmam que a melhor solução para melhorar a habitação em Portugal consiste em aplicar isolamento exterior e substituir os vãos envidraçados simples por soluções com vidros duplos, potenciando uma poupança até 80 % da energia utilizada em climatização.

A arquitectura bioclimática, desenvolvida nas últimas três décadas apresenta uma série de soluções cujo objectivo é utilizar estratégias arquitectónicas passivas – sem utilizar energia final - que permitam adaptar a habitação ao ambiente em que está inserida, minimizando o consumo de energia utilizada em climatização. Muitas das estratégias utilizadas, como a ventilação natural, orientação solar, utilização de inércia térmica, estratégias de criação de sombra são adaptações de técnicas antigas, resultantes de séculos de conhecimento empírico (Guedes, Matias, & Santos, 2009). Gonçalves e Graça (2004), ao estudarem várias soluções bioclimáticas adaptáveis ao território nacional desagregam-nas como medidas para a estação de aquecimento (Inverno) ou estação de arrefecimento (Verão) como se pode observar no quadro 2.3 e no quadro 2.4.

Quadro 2.3- Sistemas passivos de climatização (Inverno).

(Adaptado de Gonçalves e Graça, 2004)

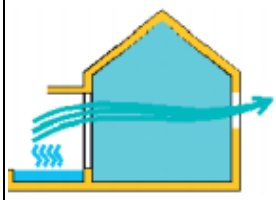
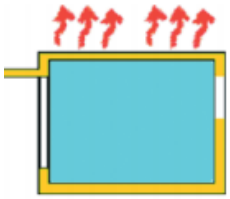
Inverno (Estação de Aquecimento)			
Estratégias Bioclimáticas	**Sistemas Passivos**		**Tipo de Edifício**
Promover Ganhos Solares		Ganho Directo-promove o aquecimento rápido do espaço. Os vãos envidraçados, devem localizar-se preferencialmente no quadrante Sul.	Todos os Edifícios com ocupação nocturna ou diurna.
		Ganho Indirecto. A Parede de Trombe absorve energia solar durante o dia fazendo-o sentir o seu efeito com mais intensidade durante a noite.	Sistemas a utilizar em zonas com edifícios com ocupação à noite.
		Ganho desfasado - Estufas ao pé da parede de Trombe, embora exija maior preocupação na sua desactivação durante o Verão.	As estufas são utilizadas no período diurno no inverno devendo ser desactivadas no Verão.
		Ganho separado - colector a ar permite a introdução de ar quente em espaços com grandes necessidades de renovação de ar no período de Inverno.	Edifícios com ocupação diurna e com grande número de ocupantes. Salas de aula, auditórios, etc.
Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente é condição fundamental em Portugal.		Toda a habitação.

Da síntese de estratégias de ganhos térmicos de Gonçalves e Graça (2004) conclui-se que o objectivo durante os meses mais frios é maximizar os ganhos solares e minimizar as perdas de calor. No caso da reabilitação de habitação existente destacam-se a promoção de ganhos solares directos através dos vãos envidraçados e a melhoria dos isolamentos da envolvente das habitações. No caso da parede de Trombe, deve manter-se as condutas para o interior da habitação abertas nas horas de incidência solar mas fechadas durante a noite, evitando perdas de calor (Jaber & Ajib, 2011). As estratégias adoptadas para melhorar as condições interiores no Inverno deverão ser concebidas por forma a serem desactivadas no Verão promovendo, por exemplo, o sombreamento dos elementos destinados à captação dos ganhos solares. A aplicação do isolamento térmico é benéfico em ambas as estações pois no Inverno reduz as perdas por

condução e no Verão constitui uma barreira para minorar o efeito conjunto das temperaturas elevadas e da radiação solar.

Quadro 2.4 - Sistemas passivos de climatização (Verão).

(Adaptado de Gonçalves e Graça, 2004)

Verão (Estação de Arrefecimento)			
Estratégias Bioclimáticas	**Sistemas Passivos**		**Tipo de Edifício**
Ventilação		Ventilação natural	Toda a habitação.
Arrefecimento pelo Solo		O edifício é arrefecido com o solo e o ar exterior é arrefecido no solo e introduzido no edifício	Toda a habitação.
Arrefecimentos Evaporativo		Promover ventilação com pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.	Toda a habitação.
Arrefecimento Radiativo (pouco utilizado)		A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício.	
Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior.		
Restringir Ganhos Solares	Sombrear envidraçados		Toda a habitação.
Restringir Ganhos por Condução	Isolar envolvente		Toda a habitação.

No quadro 2.4 são consideradas várias opções para promover conforto térmico na habitação durante os meses de Verão. O essencial durante estes meses é minimizar os ganhos térmicos na

habitação, mantendo o conforto térmico. Nas zonas do País com Verões mais quentes a manutenção das condições de conforto térmico no interior das habitações é difícil de garantir sem recorrer a equipamentos de ar condicionado (Guedes, et al., 2009).

2.8 Equipamentos domésticos

Na presente secção é analisada a importância dos equipamentos no consumo de energia no sector residencial. São definidos conceitos relevantes para a análise dos equipamentos domésticos e analisada a representatividade de cada equipamento/categoria de equipamentos na habitação em Portugal assim como a função da etiquetagem energética nos mesmos.

Com o objectivo de compreender os consumos dos equipamentos no sector doméstico devem distinguir-se dois conceitos centrais (Siderius, Jeffcott, & Blok, 2012):

i. Eficiência energética do equipamento, consistindo na quantidade de "unidades funcionais" conseguidas por energia consumida. Por exemplo, num frigorífico a unidade funcional é o volume arrefecido, numa máquina de lavar roupa é a massa de roupa lavada por ciclo;

ii. Consumo energético do equipamento, consistindo na quantidade de energia que ele necessita para desempenhar a sua função ao longo do tempo. Por exemplo, no caso de um frigorífico pode definir-se como a energia utilizada por dia de funcionamento, numa máquina de lavar roupa é a energia consumida por ciclo de lavagem.

O estudo dos equipamentos deve ter em consideração a relação custo-eficiência dos mesmos quando se avalia as vantagens da substituição de equipamentos em utilização por equipamentos equivalentes, mais eficientes, disponíveis no mercado. McNeil e Bodja (2012), ao estudarem o mercado dos Estados Unidos da América, concluíram que ainda é custo eficiente investir na substituição da maioria dos equipamentos apesar de os ganhos tenderem a decrescer quando comparados com estudos realizados há mais de uma década. Os autores explicam este fenómeno pela introdução, há vários anos, de *standards* de qualidade que estabeleceram mínimos e também pela introdução de etiquetagem energética. Estas medidas aumentaram o investimento dos produtores em eficiência provocando a actualização qualitativa do sector. A principal limitação da análise à relação custo-eficiência dos equipamentos consiste na modelação de um só momento, quando se faz o levantamento dos preços e consumos, o que não traduz a volatilidade num mercado em que a energia e os equipamentos estão sujeitos a mudanças constantes.

Em Portugal, com o aumento do poder de compra das últimas décadas, vários equipamentos aumentaram a sua dispersão pelo parque habitacional como se pode observar na figura 2.21.

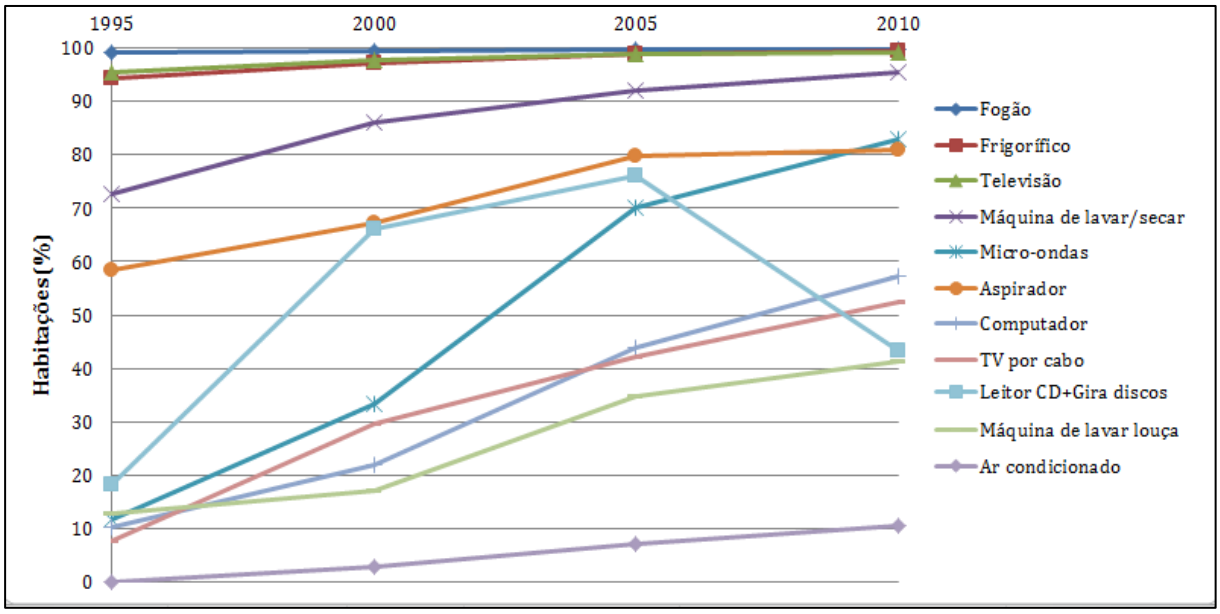


Figura 2.21 - Evolução da distribuição de electrodomésticos em Portugal, entre 1995 e 2010.

(Pordata, 2012a)

A figura 2.21 corrobora Carvalho *et al* (2012) quanto ao aumento da presença de equipamentos na habitação em Portugal. Todos os equipamentos representados na figura 2.21 estavam presentes em mais habitações em 2010 do que em 1995. Podem então dividir-se os equipamentos em três grupos:

i. Tendencialmente universais: equipamentos presentes em praticamente todas as habitações como fogão, frigorífico, televisão e máquina de lavar roupa;

ii. Crescimento rápido e potencial crescimento futuro: equipamentos como micro-ondas, TV por cabo, computador;

iii. Crescimento lento com tendência para a saturação: equipamentos como máquina de lavar louça, ar condicionado, aspirador.

Estas tendências têm duas consequências no uso futuro de energia no sector residencial. Os equipamentos tendencialmente universais vão tender a ser mais eficientes com o passar do tempo, contribuindo cada vez menos para o consumo total de energia na habitação. Os equipamentos com crescimento rápido nos últimos anos e expectável crescimento futuro, em especial os equipamentos multimédia e de lazer, ao aumentarem em número nas habitações, vão aumentar o seu peso no total do consumo de energia na habitação.

Na figura 2.22 pode observar-se o consumo relativo dos equipamentos em relação ao consumo eléctrico total na habitação em Portugal.

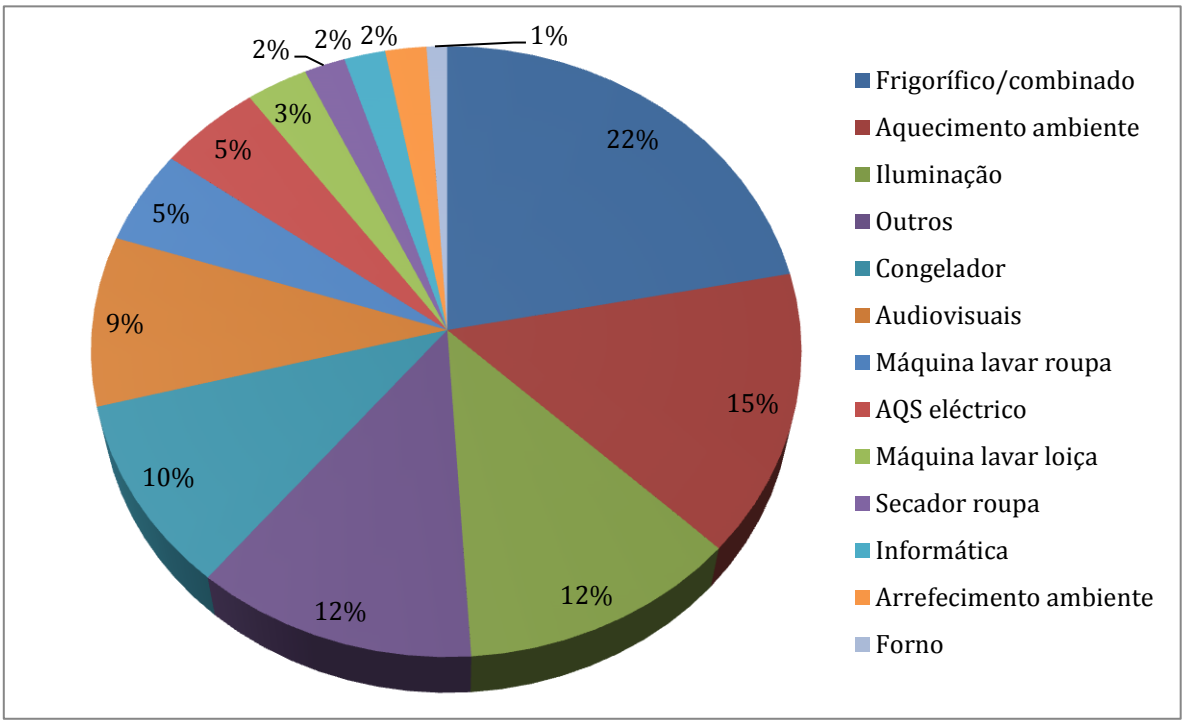


Figura 2.22 - Peso dos consumos finais de energia eléctrica na habitação em Portugal em 2004.

(ADENE, 2010)

De acordo com a figura 2.22 os equipamentos de frio (frigorífico/combinado, congelador) representavam, em 2004, 32 % do consumo de energia eléctrica na habitação. De acordo com o mesmo estudo (ADENE, 2010) isto deve-se à utilização em contínuo e à perda de frio, maioritariamente (68 %) através dos isolamentos do equipamento. Outros grandes consumidores são o aquecimento ambiente (eléctrico) devido à elevada potência dos equipamentos e fraca qualidade da construção; a iluminação, havendo em média 27 lâmpadas por habitação (a maioria ainda incandescentes, com elevada potência) e ainda os equipamentos audiovisuais (ADENE, 2010).

O estudo Ecofamílias II, realizado em 968 habitações de voluntários, obteve resultados interessantes em relação aos consumos associados aos vários equipamentos utilizados na habitação (EDP/Quercus, 2011). Em relação à iluminação aponta para uma média de lâmpadas por casa superior à identificada pela ADENE, 32 lâmpadas por habitação. A distribuição de iluminação por tipo de lâmpadas indica que as mais utilizadas são as fluorescentes (44 %), halogéneo (30 %) e incandescentes (23 %) enquanto a tecnologia LED, mais eficiente do mercado, ainda só representa 3 % das lâmpadas identificadas (EDP/Quercus, 2011).

As habitações auditadas no projecto Ecofamílias II tinham quase todas (entre 80 e 90 %) máquinas de lavar roupa e loiça o que representa uma dispersão maior do que a identificada pelos dados da figura 2.22. Das máquinas de lavar loiça identificadas, 46 % tinham etiqueta energética A – equipamento eficiente – assim como 51 % das máquinas de lavar roupa.

Os equipamentos de frio foram identificados no Ecofamílias com uma distribuição média de 1,1 equipamentos por casa, demonstrando que, em muitas habitações, existe mais do que um deste tipo de equipamentos. O equipamento de frio mais comum é o frigorífico combinado (63 %) seguido pelo frigorífico de duas portas (32 %). Em 48 % dos frigoríficos combinados

encontrados a classe energética era "A" ou superior, descendo o valor para 38 % no caso dos frigoríficos com duas portas. Apesar de as arcas verticais serem tendencialmente menos eficientes do que as horizontais, as primeiras existem em maior quantidade (21 %) do que as segundas (16 %) (EDP/Quercus, 2011).

A prevalência de equipamentos utilizados na climatização (aquecimento e arrefecimento) nas habitações Ecofamílias II pode ser observada na figura 2.23.

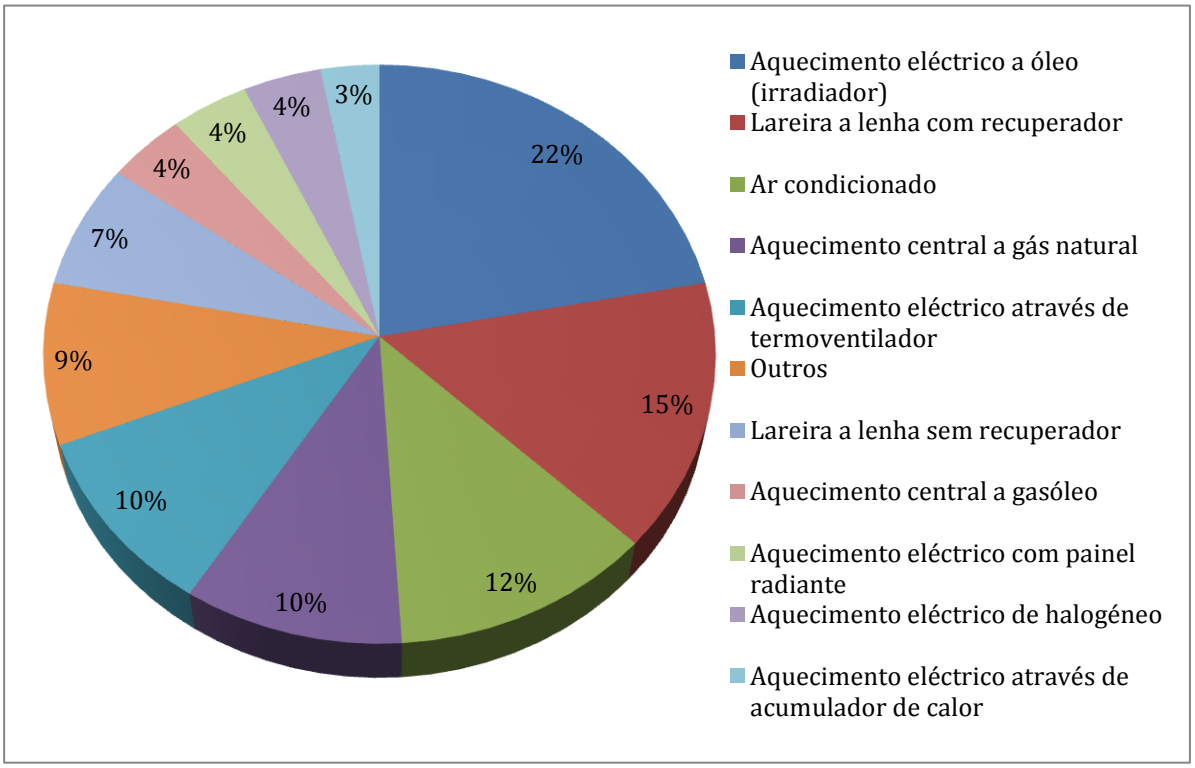


Figura 2.23 - Equipamentos utilizados na climatização da habtação.

(EDP/Quercus, 2011)

Como se pode observar pelos dados da figura 2.23, existe uma grande diversidade de formas de climatizar activamente o ar no interior das habitações. Destacam-se s sistemas de aquecimento eléctrico a óleo (22 %) (EDP/Quercus, 2011). O mesmo estudo identificou a energia eléctrica como sendo a fonte de energia mais utilizada para climatização (62 %), seguindo-se a biomassa (23 %) e o gás natural (10 %).

Os sistemas de climatização mais comuns variam consoante a região, sendo os sistemas de aquecimento central a gasóleo e as lareiras mais comuns no norte do País enquanto o ar condicionado tem maior representatividade no sul do País. Na região de Lisboa o equipamento de climatização mais utilizado é o aquecimento eléctrico a óleo.

Carvalho *et al* (2012) realça o consumo de gás na habitação, representando em Portugal uma média de 220 m^3 e gn/ano por família. Na figura 2.24 podem observar-se os equipamentos mais utilizados para produção de águas quentes sanitárias – excluindo solar térmico - segundo o estudo EcoFamílias II (EDP/Quercus, 2011).

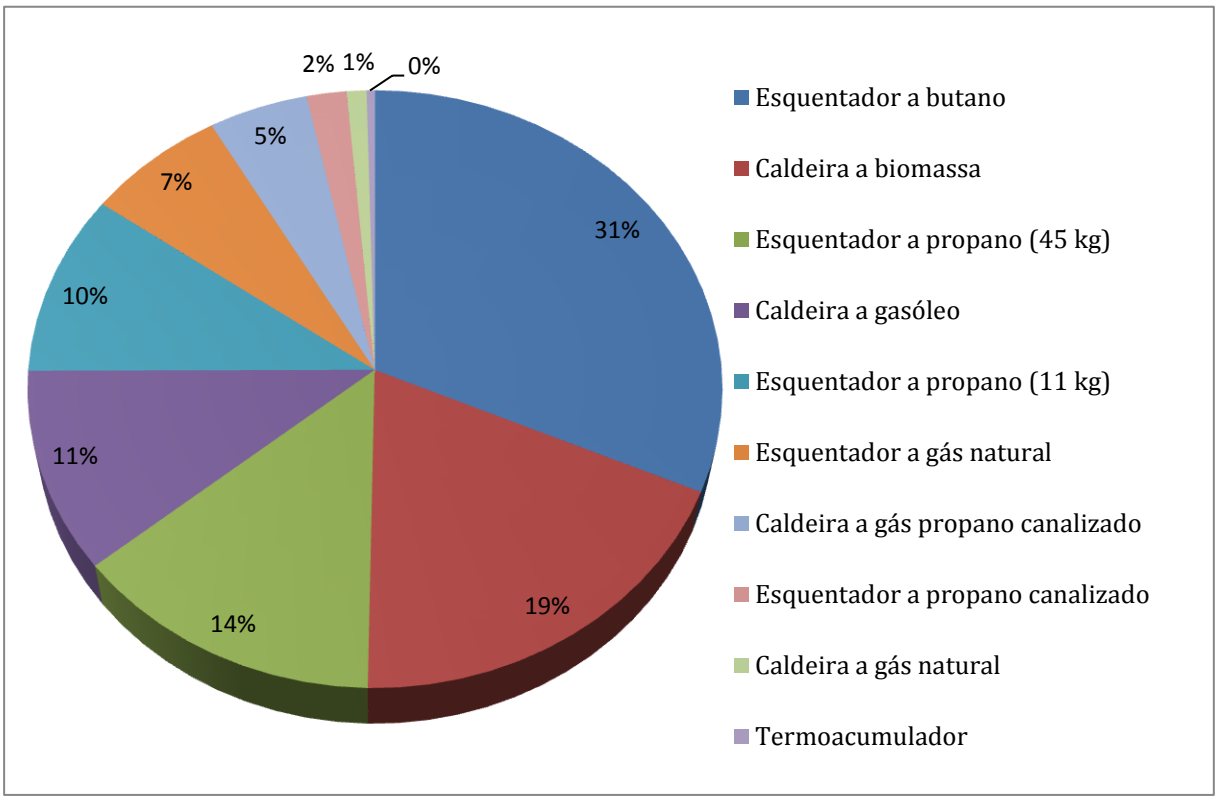


Figura 2.24 - Equipamentos utilizados no aquecimento de águas.

(EDP/Quercus, 2011)

Como se pode observar na figura 2.24 existe uma grande diversidade de formas de produzir águas quentes na habitação em Portugal sendo o esquentador a butano a opção mais comum. Segundo o estudo Ecofamílias II, na região de Lisboa, o método mais comum de aquecer água é utilizando esquentadores a gás natural. O mesmo estudo afirma que a introdução de sistemas de águas quentes solares na habitação diminui o consumo de energia em 11 % (EDP/Quercus, 2011). Os painéis solares térmicos constituem, portanto, uma tecnologia madura que pode substituir a maioria dos consumos com a produção de águas quentes sanitárias e climatização. Entre as vantagens deste sistema destacam-se os reduzidos impactes sobre o ambiente, a disponibilidade de energia solar no território português e o carácter renovável que faz com que a energia solar seja, à escala humana, inesgotável.

Gaspar e Antunes (2011), ao estudarem com que idade é que a substituição dos equipamentos maximiza a eficiência no uso da energia chegaram à conclusão que o ideal, em média, é substituí-los ao fim de 5 anos de utilização, sendo que, actualmente os equipamentos utilizados na habitação são substituídos, em média, ao fim de 11-15 anos.

Com o objectivo de informar de forma clara os consumidores em relação à eficiência dos equipamentos a União Europeia introduziu um sistema de etiquetagem nos equipamentos domésticos em 1992. Actualmente este sistema funciona numa escala qualitativa entre A (mais eficiente) e G (menos eficiente), para:

i. Frigoríficos, arcas congeladoras e combinados;
ii. Máquinas de lavar e/ou secar roupa;
iii. Máquinas de lavar loiça;
iv. Lâmpadas;
v. Fornos eléctrico;
vi. Ar-condicionado;
vii. Televisões.

Com a introdução de equipamentos cada vez mais eficientes a classe A foi dividida em "A+", "A++" e "A+++". Em 2006 as classes "A+" e "A++" só eram comuns em frigoríficos e máquinas de lavar (Almeida *et al*, 2011). O consumo de energia, para desempenhos idênticos, pode ser três vezes superior em equipamentos com classe G, quando comparados com os da classe A (ADENE, 2010). Segundo Almeida *et al*, em 2011, 90 % dos equipamentos vendidos na União Europeia tinham classe energética igual ou superior a A. Actualmente as etiquetas são iguais em toda a União Europeia a 27, têm pictogramas em vez de texto o que facilita a compreensão da mesma. Todos os consumidores têm informação disponível *online*, no *website* com o URL: *www.newenergylabel.com*, acerca do sistema de etiquetagem e deveres dos vendedores/distribuidores. Um esquema padrão de uma etiqueta energética pode ser observado na figura 2.25 (CECED/AGEFE, 2012).

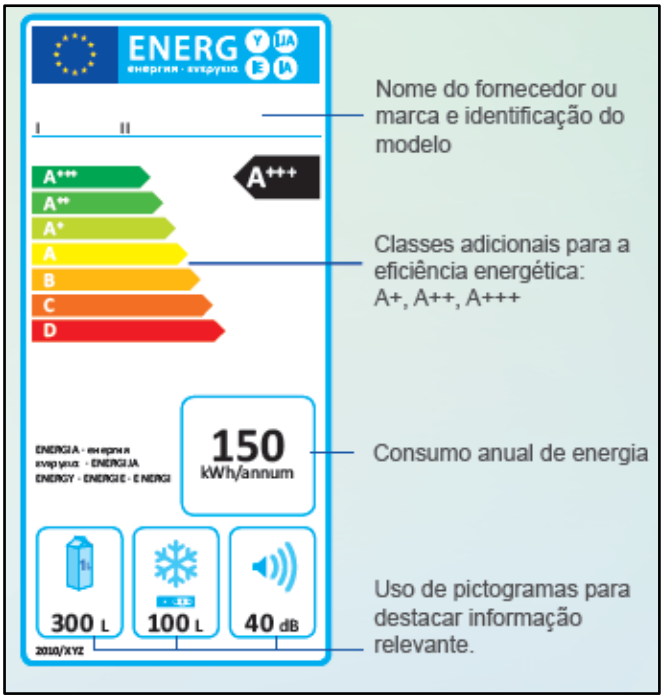


Figura 2.25 – Esquema ilustrativo de uma etiqueta energética de equipamentos domésticos.

(CECED/AGEFE, 2012)

As etiquetas energéticas nos equipamentos domésticos têm uma influência positiva no momento da compra, apesar de poderem induzir em erro pessoas mal informadas em relação à informação disponibilizada (Mills & Schleich, 2010). Ou seja, a diferença de consumo entre dois

equipamentos equivalentes pode ser o suficiente para alterar a classificação constante na etiqueta mas não ser grande o suficiente para compensar a diferença no investimento. Os mesmos autores, ao estudarem 22 mil compradores, destacam, no caso português, a influência do preço da energia eléctrica na decisão de investir em equipamentos mais eficientes e afirmam que a origem socioeconómica das famílias portuguesas pouco afecta a tomada de decisão na altura de adquirir equipamentos mais eficientes.

2.9 Práticas e políticas

Os hábitos e comportamentos dos moradores é outro vector que interfere nos padrões de consumo de energia. Na presente secção o tema das práticas de consumo é abordado assim como as possíveis abordagens políticas de promoção de consumos mais eficientes.

De acordo com McMakin *et al*(2002), as pessoas ficam mais receptivas a adoptar comportamentos conducentes a uma utilização eficiente de energia em três situações. Quando vêem nisso um benefício para elas (por exemplo, o aumento de conforto ou uma redução de custos), se tiverem a oportunidade de monitorizar o seu próprio consumo ou ainda se tiverem fácil acesso a informação relevante para a adopção de melhores comportamentos em termos de utilização de energia. Por outro lado, Stern (2011) defende que é fundamental dar incentivos financeiros a quem investe em eficiência energética, uma vez que, um incentivo directo ao investimento em eficiência, tornando a opção racionalmente lógica, economicamente viável e, ao mesmo tempo, fazendo com que o investidor senta que a sua conduta é enaltecida por receber um "prémio".

O problema da tomada de decisão na habitação, em relação ao uso da energia, é extremamente complexo porque interrelaciona factores económicos, sociais e culturais com o ambiente físico da habitação. Por exemplo, a importância do rendimento das famílias nos seus hábitos de consumo de energia nem sempre é lógico uma vez que a tomada de decisão não tem em conta apenas os factores económicos (Kowsari & Zerriffi, 2011). Segundo Mills e Schleich (2012), Portugal é o País europeu em que o nível de escolaridade mais tem influência nas preocupações com poupança de energia na habitação. De acordo com o mesmo estudo, a preocupação com emissões de gases com efeito de estufa e a presença de crianças no agregado familiar também se mostraram variáveis que fazem os portugueses poupar energia.

Phillips (2012), ao estudar como o regime de propriedade em relação à habitação altera e determina, os hábitos e comportamentos de consumo, chegou à conclusão que, quem está mais disposto a investir para aumentar a eficiência são os donos de habitação que moram nas suas próprias casas. Os inquilinos, segundo o autor, não têm, por vezes, informação suficiente sobre a qualidade construtiva das casas, por exemplo, quanto nível de isolamento. A escolha das casas no mercado de arrendamento fica então distorcida já que casas piores, onde nunca foram feitos investimentos para melhorar a eficiência, podem surgir mais baratas no mercado. Outro fenómeno descrito pelo autor é dos arrendatários que não estão dispostos a investir porque não conseguem ver nisso nenhuma vantagem. Este género de percepções e predisposição para investir em eficiência deve ser tido em conta quando se pensam políticas para o sector.

Segundo Golubchikov e Deda(2012), é necessário repensar as políticas de promoção de eficiência energética no sector doméstico. Actualmente a abordagem ao consumo de energia por parte das famílias é incompleta e demasiado tecnocrata, dando pouca importância à vertente social.

Ao analisar, dentro de cada habitação, como os comportamentos interferem no consumo, Almeida *et al* (2011) concluíram que ao evitarem deixar equipamentos em *standby*, evitando os comumente designados como consumos fantasma, o consumo desses mesmos equipamentos tem potencial para ser reduzido para metade. Este estudo teve em conta vários Países europeus incluindo Portugal e afirma também que a Comissão Europeia, na Directiva Ecodesign, de 2008, limitou a potência em *standby* dos equipamentos vendidos na Europa para um máximo de 2 W.

Existe um fenómeno ligado aos comportamentos no consumo de energia que explica, em parte, porque é que apesar das inovações que potenciam a utilização eficiente dos recursos energéticos, os resultados observados nem sempre correspondem aos esperados. O fenómeno designa-se por efeito ricochete – tradução livre de *rebound effect* – e é uma consequência comportamental da utilização de equipamentos cada vez mais eficientes. O efeito ricochete directo define-se como "um incremento em eficiência energética de um determinado serviço faz com que o custo unitário do serviço diminua, podendo levar a uma utilização mais frequente do mesmo"(Sorrell & Dimitropoulos, 2008). Por exemplo, uma família que troque uma máquina de lavar loiça por uma equivalente mais eficiente vai gastar menos energia – e portanto dinheiro – por cada ciclo de lavagem, o que pode fazer com que lavem mais ciclos do que anteriormente, anulando parte da poupança potencial. Existe ainda o efeito ricochete indirecto segundo o qual o dinheiro poupado com a utilização de equipamentos mais eficientes pode financiar acções ou a aquisição de outros equipamentos, gerando novas formas de poluição/consumo que não existiriam sem esse capital para investir (*ibidem*).

A política de ambiente pode ser feita recorrendo a diferentes abordagens frequentemente desagregadas em três grandes grupos, três tipos de instrumentos diferentes (Antunes *et al*, 2003; Santos *et al*, 2006):

i. Instrumentos de comando e controlo ou regulação directa – controlando o comportamento dos agentes pelo lado da quantidade, estabelecendo metas ou limites obrigatórios (Ex: normas, proibições, cotas, licenças);

ii. Instrumentos económicos ou de mercado – alterando o comportamento dos agentes alterando estruturas de incentivo em mercados existentes ou criando novos mercados (Ex: subsídios, direitos transaccionáveis de emissão)

iii. Instrumentos de informação e de actuação voluntária – envolvendo entidades públicas ou privadas na divulgação de informação sobre boas práticas ou assumindo compromissos de forma voluntária (Ex: certificação ambiental)

Na escolha dos instrumentos indicados para cada situação existem vários factores a ter em consideração como se pode observar no quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Critérios de avaliação de políticas.

Critérios de Selecção e Avaliação de Políticas	**Descrição**
Eficácia	capacidade de atingir os objectivos estabelecidos
Eficiência económica (estática)	capacidade de atingir os objectivos com o menor custo possível
Eficiência dinâmica/Apoio à Inovação	torna-se eficiente ao longo do tempo, apoia inovação com vantagens a longo prazo
Equidade	distribuição de custos e benefícios resultantes da implementação pelos agentes económicos
Geração de receitas	capacidade de os instrumentos gerarem receitas que podem ser redistribuídas ou investidas em mais medidas
Capacidade de *enforcement*	capacidade por parte da as autoridades de fazerem cumprir a medida
Integração com outras políticas sectoriais	capacidade de conjugar uma medida sectorial com demais (Ex: transportes e habitação)
Exequibilidade técnica	capacidade técnica de aplicação da medida ou instrumento
Aceitação pelas partes interessadas	relaciona-se com a equidade e com a percepção dos agentes sobre a medida

Os processos que levam cada indivíduo a alterar os seus comportamentos no que diz respeito à forma como utiliza a energia em casa são complexos e dependem de vários factores (Swan & Ugursal, 2009). O condicionalismo da tomada de decisão e a heterogeneidade dos indivíduos na sua relação com o espaço que habitam são factores a ter em conta na criação de medidas de apoio à eficiência na habitação. Várias soluções políticas são apresentadas mas cada uma delas deve ser adaptada a problemas específicos, utilizando critérios de selecção e avaliação na escolha do que melhor de adequa a cada caso.

2.10 Caso de estudo – *Passivhaus Alemã* e equivalentes nacionais

O projecto *Passivehaus* surgiu na Alemanha, em 1998, com o objectivo de minimizar os consumos de energia nas novas habitações. Em 2001 foi elaborado um relatório sobre o projecto sendo os dados seguintes uma compilação do projecto e resultados após um ano de utilização das habitações(Feist, Peper, Kah, & Oesen, 2001).

Em 1999 foram construídas, em Hannover, 32 moradias unifamiliares, com área útil de 111 m^2, utilizando técnicas que permitissem atingir o objectivo do projecto. A construção das habitações respeitou duas condições, ser tecnicamente exequível com os materiais/equipamentos disponíveis no mercado e ser economicamente competitiva em comparação com moradias equivalentes. A execução do projecto teve em especial atenção a geometria das habitações, a eficiência da envolvente utilizando isolamentos de elevada qualidade e vãos envidraçados com vidros duplos. Foi tida em especial atenção a correcção de pontes térmicas na estrutura. O

sistema de águas quentes sanitárias é garantido por colectores solares térmicos. Os habitantes pagaram ainda uma comparticipação de 1250 €, por habitação, para a instalação de turbinas eólicas nos arredores cuja energia produzida sirva para cobrir os consumos nas habitações. Na figura 2.26 podem observar-se as habitações do projecto *Passivhaus* de Hannover.

Figura 2.26 - Fotografias das fachadas viradas a sul (esquerda) e a norte (direita) das Passivhaus de 1999.

(Feist, et al., 2001)

No ano de execução do projecto a amplitude térmica registada variou entre -13 °C no inverno e 31 °C no verão. Apesar do clima, a temperatura no interior das habitações, conseguida quase exclusivamente através de técnicas de climatização passiva, nunca desceu abaixo dos 21 °C no inverno nem ultrapassou os 25 °C no verão.

A percepção dos habitantes quando questionados em relação às diferenças de qualidade entre as novas habitações (*Passivhaus*) e as anteriores foram positivas. A maioria destaca um incremento de conforto, menos condensações nos envidraçados, ausência de estratificação térmica na habitação e melhor qualidade no ar interior.

Os resultados em termos de poupança mostraram-se extremamente positivos com uma redução de 66 % da energia em comparação com casas equivalentes. Em particular na climatização as necessidades reduziram-se 85 % em comparação com outras casas novas, 90 % em relação ao parque construído. Estas primeiras *Passivhaus* reduziram as necessidades de aquecimento até ao ponto em que as perdas de calor dos equipamentos eléctricos fazem diferença na temperatura do ar interior, sendo os utilizadores encorajados a utilizar os equipamentos mais eficientes disponíveis. Concluiu-se ainda que nas *Passivhaus*, devido à elevada eficiência construtiva, a variação nos consumos associada aos comportamentos era menor do que noutras habitações equivalentes.

O modelo proposto para as *Passivhaus* mostrou ser exequível e economicamente viável e foi sendo replicado e optimizado no decorrer da última década. Foi este mesmo paradigma de construção sustentável que serviu de inspiração à Directiva 2010/31/EU, no estabelecimento de metas para habitação. Em Portugal também já existem projectos com o objectivo de criar habitações com necessidades quase nulas de energia baseados no paradigma de construção das *Passivhaus* (PassiveOn-Project, 2007).

O Edifício Solar XXI, construído em 2006, é parte integrante do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), em Lisboa. Este edifício, apesar de não ser de habitação, demonstra que é possível, no clima do Sul da Europa (neste caso Lisboa), seguir um paradigma de construção tendo como base a eficiência na utilização da energia, com bons resultados. O edifício foi projectado para minimizar as necessidades de climatização ao longo de todo o ano. No inverno os ganhos térmicos são maximizados devido à sua orientação (fachada principal virada a Sul) e

elevada área de envidraçados. No verão utiliza sistemas de ventilação natural na fachada e um sistema de arrefecimento com tubos enterrados na parte posterior do edifício para manter a temperatura de conforto no interior sem consumir energia eléctrica. Para além disso, a envolvente do edifício encontra-se bem isolada, mantendo a temperatura interior constante ao longo do ano. Para suprir as necessidades energéticas, mesmo que reduzidas, o edifício conta com 16 m^2 de painéis solares térmicos e um total de 301 m^2 de painéis fotovoltaicos, divididos entre a fachada e a cobertura do parque para automóveis, contíguo ao edifício. O edifício consegue ter um desempenho semelhante ao descrito como "*net zero energy building*" (NZEB), devolvendo à rede eléctrica a mesma quantidade de energia que utiliza, sem comprometer o conforto dos utilizadores (Gonçalves, Aelenei, & Rodrigues, 2012).

3. Metodologia

3.1 Fases do Trabalho

A metodologia utilizada na presente dissertação encontra-se resumida na figura 3.1.

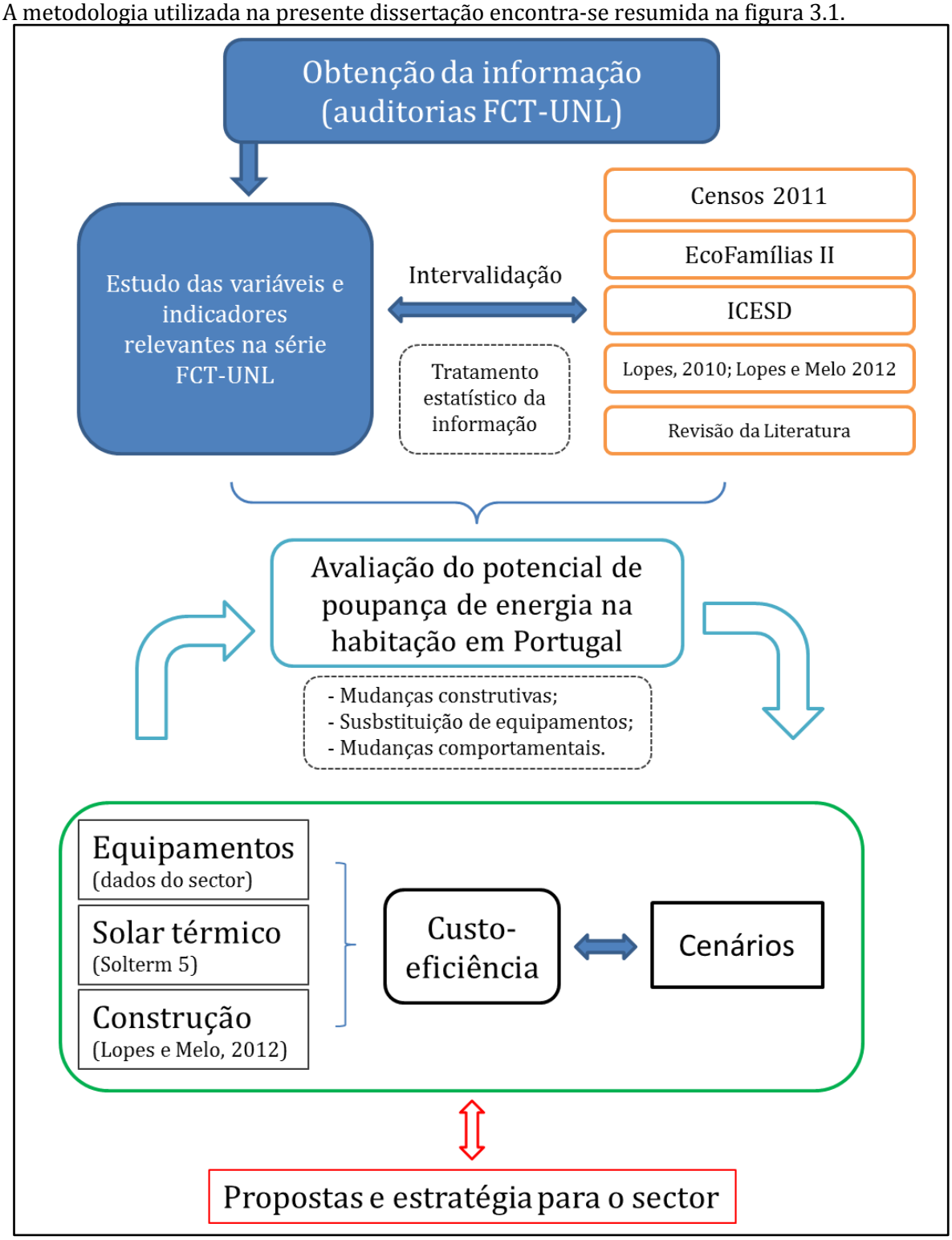


Figura 3.1 – Esquema da metodologia utilizada na realização da presente dissertação.

Obtenção da informação

A presente dissertação tem como base um conjunto de trabalhos de finalistas do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente (MIEA) e do Mestrado em Energias Renováveis – Conversão Eléctrica e Utilização Sustentáveis (MERCEUS). Os trabalhos são baseados em estudos efectuados por cada aluno à sua própria casa e tinham como principal objectivo avaliar o potencial de poupança energética que se conseguiria atingir de forma custo-eficiente e sem afectar o conforto dos habitantes. Estes estudos, designados de ora avante como ""auditorias"", incluem uma breve caracterização da habitação quanto à localização e tipologia, a sua classificação de acordo com o RCCTE, o consumo dos vários combustíveis e electricidade (medida e facturada), e ainda a desagregação do consumo por fonte e uso final. As medições de consumo eléctrico foram efectuadas utilizando o equipamento *Voltcraft Energy Monitor 3000.*

Os trabalhos tinham de se basear na situação actual da habitação, e de descrever um plano de negócios que potenciasse investimentos da família em aumentos de eficiência, mantendo ou aumentando o conforto. A previsão da classe energética após a aplicação das medidas previstas no plano de negócios era também requerida. A aula sobre o trabalho (versão 2011) e as características técnicas do equipamento utilizado para medir os consumos eléctricos dos equipamentos estão disponíveis no Anexo 1 e no Anexo 2, respectivamente. Em diante, até ao final da dissertação, a série de dados resultante dos trabalhos acima referidos vai ser designada como FCT-UNL.

A primeira fase do trabalho com os dados das "au FCT-UNL consistiu em passá-los do formato original, em papel, para uma base de dados digital, como é representado na figura 3.2.

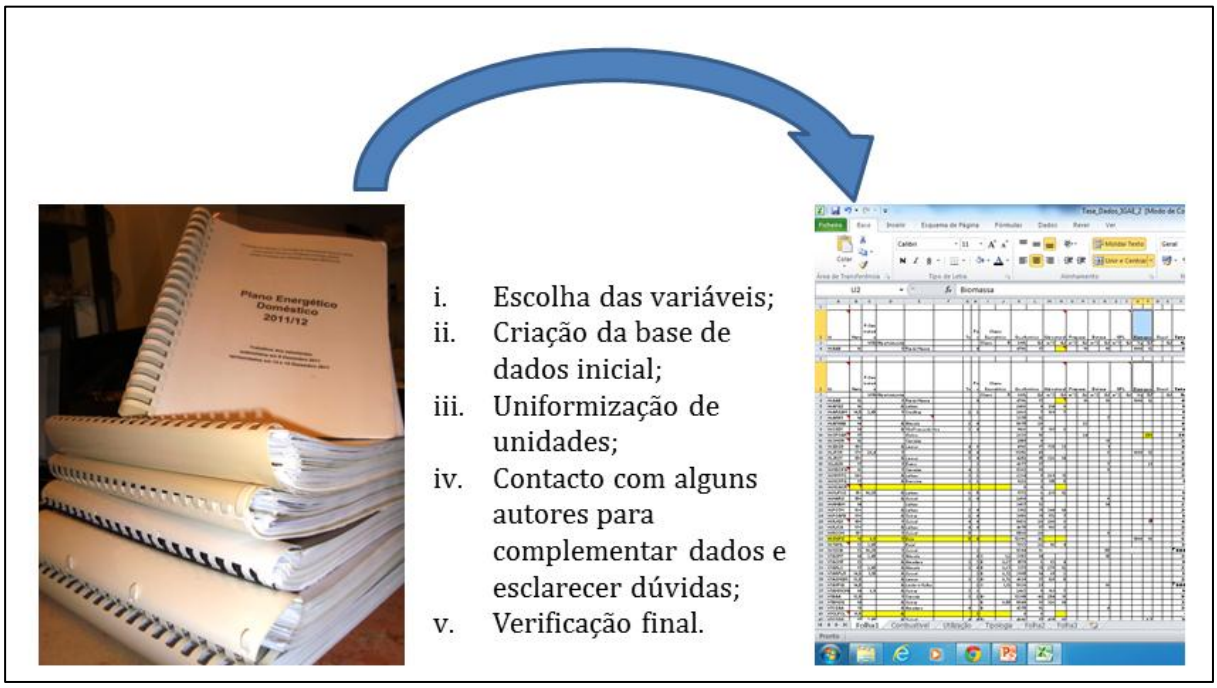


Figura 3.2 - Esquema do processo de criação da base de dados FCT-UNL.

Como a figura 3.2 indica, o processo de criação da base de dados informatizada "FCT-UNL" começou pela leitura dos vários trabalhos e escolha das variáveis relevantes para o tema da dissertação (Anexo 3).

Procedeu-se à criação da base de dados inicial com 207 trabalhos, uniformizando, simultaneamente as unidades utilizadas. Optou-se pela utilização de Joule (e múltiplos) para quantificar o consumo durante todo o estudo. Os autores de trabalhos cujos dados apresentavam lacunas limitantes ao aproveitamento das suas ""auditorias"" foram contactados por correio electrónico. Os trabalhos seleccionados (200), foram revisitados com o objectivo de evitar erros

na transcrição. As séries usadas, para cada variável, têm frequentemente menos de 200 dados devido a omissões nas "auditorias".

A base de dados referida acima como sendo a principal utilizada nesta dissertação foi comparada e cruzada com trabalhos de referência no sector em Portugal como sendo i) o relatório EcoFamílias II, realizado com base em 968 autorias válidas a casas de famílias voluntárias (EDP/Quercus, 2011); ii) Estatísticas nacionais sobre o uso da energia na habitação baseadas em inquéritos a uma amostra de 7468 famílias (INE/DGEG, 2011) iii) A dissertação de mestrado e consequentes artigos científicos do Eng. Tiago Poças Lopes, que estimou as poupanças com climatização na habitação em Portugal e estudou vários cenários político-económicos de aplicação das mesmas.

Estudo individual de variáveis

No estudo das variáveis individuais o objectivo é aferir a qualidade dos dados utilizados na tese, validando a série utilizada (FCT-UNL) por comparação com outros estudos sobre o consumo de energia no sector doméstico em Portugal.

O estudo das várias variáveis recolhidas das "auditorias" FCT – UNL (Anexo 3) foi realizado utilizando ferramentas de estatística descritiva (média, máximo, mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação quartis) e coeficientes de correlação de *Pearson* entre a série FCT-UNL e homólogas. A utilização de caixas de bigodes e outras figuras é utilizada para facilitar a leitura dos dados de cada habitação auditada.

Do estudo individual das variáveis resultaram dados que permitiram caracterizar a amostra utilizada, caracterizar o consumo de energia e responder à principal questão da presente dissertação estimando quanto é possível poupar melhorando o uso da energia na habitação em Portugal.

Potencial de poupança

Os consumos de energia na habitação calculados nas "auditorias" FCT-UNL foram comparados com os consumos calculados no estudo EcoFamílias II e INE/DGEG com o objectivo de perceber se os resultados FCT-UNL constituem uma aproximação a estimativas anteriores.

O potencial de poupança com eficiência energética na habitação em Portugal foi calculado para as habitações habituais em Portugal (4 milhões). Calculou-se o consumo médio em valor absoluto e em percentagem do consumo. Considerando o potencial médio das "auditorias" FCT-UNL calculou-se ainda o potencial de poupança nacional multiplicado a média por habitação pelo número total de habitações.

Testes estatísticos efectuados aos dados FCT-UNL

Das variáveis disponíveis na série FCT-UNL estão no âmbito da presente dissertação aquelas que possam ter influência nos consumos totais ou nos potenciais de poupança na habitação e cuja alteração permita melhorar o desempenho energético na habitação portuguesa. Os testes foram realizados utilizando o programa *SPSS-IBM*.

A relação entre as variáveis "Consumo total (GJ/ano)", "Poupança total (GJ/ano)", "Habitantes por habitação (pessoas/habitação)" e "Número de assoalhadas (Tn)" foi estudada. Devido à variabilidade dos dados entre habitações foi utilizado o teste de correlação *Spearman rho* por ter menos sensibilidade em relação a *outliers* do que o teste mais comum (*Pearson*). Além deste foi utilizado o teste de correlação *Kendall tau-b,* outro teste não paramétrico (como o *Spearman rho*) que se assemelha bastante ao anterior permitindo detectar se há diferenças entre os resultados, indicando erros na execução dos testes.

O estudo estatístico dos dados FCT-UNL teve como objectivo saber, assumindo que se aplicam medidas de melhoria de eficiência, se investir num conjunto específico de medidas ao invés de apostar nas restantes (por exemplo, investir só em mudanças de equipamentos ou investir em mudanças construtivas e comportamentais) produz resultados significativamente diferentes no que toca a potencial de melhoria. Utilizou-se o teste de independência *t-Student,* operacionalizado com o *software IBM-SPSS*, com significância a 95 % (α=0,05) (Anexo 4).

Melhoria de classe térmica RCCTE

Do total de habitações auditadas da série FCT-UNL, 37 incluíram a previsão da classe energética da habitação após a aplicação das medidas propostas. Lopes e Melo (2012) estudaram, com base na metodologia do RCCTE, a alteração de classificação energética através da adopção de medidas de melhoria. As diferenças entre os dados utilizados por Lopes e Melo e a série FCT-UNL impossibilitaram a replicação da metodologia utilizada. Todavia, as medidas propostas por FCT-UNL e as mudanças de classe obtidas foram cruzados com o estudo apresentado na dissertação de Poças Lopes (2010) tirando-se conclusões sobre os pontos de convergência e divergência entre as duas análises.

Substituição de equipamentos

O estudo da substituição de equipamentos pelos seus equivalentes mais eficientes cumpriu três premissas;

i. Terem etiquetagem energética que permita estimar o consumo com base num sistema de certificação reconhecido a nível europeu,
ii. Terem sido estudados por Madeira e Melo (2003) porque se utilizou a mesma metodologia,
iii. Estarem entre os equipamentos (ou classe de equipamentos) identificados como grandes consumidores em estudos anteriores (EDP/Quercus, 2011) (ADENE, 2010)(Siderius, et al., 2012).

O consumo global anual de cada equipamento foi calculado dividindo o consumo do equipamento (ADENE, 2010), em percentagem, pelo total de energia eléctrica consumido em cada habitação (INE/DGEG, 2011). O consumo de cada equipamento (GJ/habitação/ano) foi então multiplicado pelo número total de habitações onde esse equipamento está presente (Pordata, 2010a) para obter o consumo global.

O potencial de poupança global anual calculou-se subtraindo ao consumo global anual o consumo dos equipamentos eficientes (obtido através de um levantamento no *www.topten.pt* e em cadeias de retalho) a multiplicar pelo número total de habitações onde esse tipo de equipamento está presente (Pordata, 2010a). O investimento extra em equipamentos eficientes calcula-se subtraindo ao preço médio dos equipamentos menos eficientes no mercado, o preço do equipamento eficiente em causa.

O custo da energia poupada calcula-se segundo a seguinte equação:

$$CEP = CI / (EP \times PVU)$$

CEP – custo da energia poupada (€/GJ)

CI – custo do investimento (extra) (€/equipamento)

EP – energia poupada (GJ/ano)

PVU – período de vida útil (anos) (Madeira e Melo, 2003)

O custo da energia poupada (CEP) representa a relação entre investimento inicial que é necessário realizar em eficiência energética, e a energia poupada durante o período de vida útil desse investimento. O CEP é um indicador de custo-benefício, sendo custo-eficientes as medidas cujo CEP é menos que o preço da energia comprada à rede. Quanto maior for a diferença entre o CEP e a tarifa, melhor é a relação custo-benefício de uma medida (Madeira e Melo, 2003).

O período de retorno do investimento calcula-se segundo a seguinte equação:

$$PR = CI / (EP \times T)$$

PR – período de retorno (anos)

CI – custo do investimento (extra) (€/equipamento)

EP – energia poupada por ano (GJ/ano)

T – tarifa (€/GJ) (Eurostat, 2012b)

(EP x T) – custo total da energia poupada por ano

Quando mais baixo for o período de retorno do investimento melhor. Períodos de retorno elevados não incentivam os consumidores a investir em equipamentos mais eficientes. No limite, se o período de retorno for maior que o tempo de vida útil, a troca de equipamento não é custo-eficiente.

O estudo da substituição parcial da produção de águas quentes sanitárias e climatização convencional por um sistema solar térmico foi realizado utilizando o *software Solterm* 5.1.4 criado no Laboratório Nacional de Energia e Geologia (Aguiar & Carvalho, 2012). O modelo utilizado permite testar várias condições de funcionamento para todos os sistemas solares térmicos certificados. O simulador foi utilizado para testar o desempenho de um sistema termossifão (150 litros) para produção de águas quentes solares, orçamentado por uma empresa do sector. Repetiram-se ensaios para três capitais de distrito (Bragança, Lisboa e Faro), assumindo as condições presentes no RCCTE para produção de águas quentes solares, orientado de forma optimizada pelo programa, substituindo diferentes tipos de combustível tipicamente utilizados para os mesmos fins que os colectores. A habitação simulada foi um T3, com 4 habitantes, assumindo-se aproximadamente 1m^2 de painel por habitante e uma utilização. As figuras representativas das simulações realizadas encontram-se disponíveis no Anexo 4.

Os dados de estudo do investimento em reabilitação e melhorias construtivas foram obtidos a partir da dissertação de mestrado do Eng. Tiago Poças Lopes e consequentes artigos científicos. O autor, utilizando habitações representativas do País, estudou a aplicação de melhorias construtivas tendo, ainda, efectuado um estudo económico das melhorias e dos potenciais de poupança de energia com climatização (Lopes e Melo, 2012).

Com base no estudo aos equipamentos, equipamentos solares térmicos e mudanças construtivas, desagregaram-se os potenciais de poupança identificados nas "auditorias" FCT-UNL. A partir das poupanças desagregadas sistematizaram-se os cenários de investimento, com diferentes tipos de apoio e variações no preço da energia.

Com base no estudo à poupança de energia na habitação em Portugal são ainda sugeridas propostas que visem facilitar a execução da transição da habitação actual para um parque construído mais eficiente.

3.2 Comparação e intercalibração de séries de dados

A série de dados central da presente dissertação, como já foi referido, foi obtida por múltiplos estudantes, fazendo parte de um trabalho académico cujo método seguido foi o do "aprender fazendo", em que cada "auditor" recolheu dados da sua própria habitação. Apesar de todos os indivíduos serem, à data, alunos com, pelo menos, um historial académico de quatro anos e várias horas de treino com o objectivo de realizar as melhores "auditorias", foram identificadas algumas limitações.

A escolha da amostra utilizada foi aleatória em relação às habitações auditadas, não o tendo sido em relação à sua localização. Todos os autores das "auditorias" eram alunos da FCT-UNL à data das "auditorias". A sua maioria (95 %) estudou habitações dos distritos de Lisboa ou Setúbal.

As "auditorias" realizadas são compostas por extensa informação sobre as casas mas, nem todos os trabalhos responderam a todos os objectivos preconizados inicialmente. O ajuste dos consumos às classes consideradas assume então um erro em alguns dados. Os trabalhos realizados em 2007 não incluem a classificação energética determinada pelo RCCTE pelo facto de o Sistema de Certificação Energética ainda não se encontrar em vigor, à data de realização dos mesmos. Os dados são provenientes de habitações habituais em Portugal Continental e não incluem os arquipélagos dos Açores e da Madeira. Os consumos indirectos também não serão contabilizados, tais como a energia consumida nas áreas comuns dos prédios e energia necessária para fazer chegar água canalizada às habitações e tratá-la depois de usada.

A comparação entre a série de dados FCT-UNL e outros estudos anteriores permite intercalibrar os estudos utilizados e verificar se a probabilidade de estarem próximos da realidade nacional é elevada. A comparação entre a série FCT-UNL e outros estudos implicou, em alguns casos, conversões de unidades e a adaptação e a comparação de resultados obtidos utilizando metodologias diferentes, embora equivalentes. Estas assunções e conversões assumem uma margem de erro.

4. Resultados e discussão

4.1 – Enquadramento dos resultados e discussão

Na secção resultados e discussão pretende responder-se à questão central desta dissertação:

Qual é o potencial de poupança de energia na habitação em Portugal?

Nesse sentido são apresentados os resultados relativos à tipologia de habitações portuguesas, sua distribuição geográfica, tamanho dos agregados e classe energética (com base no RCCTE) das mesmas. Parte-se para a análise dos consumos de energia, por tipo e forma de utilização. A terminar esta primeira fase de discussão de resultados apresentam-se os resultados dos potenciais de poupança e a forma de os atingir. A comparação de determinadas variáveis da série FCT-UNL com dados do projecto EcoFamílias II, dos Censos 2011 ou do relatório ao consumo de energia na habitação da DGEG servem como forma de validar futuros resultados em relação aos potenciais de poupança identificados na série FCT-UNL.

Numa segunda fase apresentam-se relações entre variáveis que permitam começar a delinear áreas prioritárias de intervenção política. Esta fase é complementada com a análise às mudanças de classe energética (com base no RCCTE) após aplicação de medidas propostas pelos "auditores" dos dados FCT-UNL. São ainda apresentados os resultados do estudo às soluções disponíveis no mercado que permitam às famílias residentes em Portugal poupar energia na sua habitação.

Termina-se esta secção com sugestões fundamentadas pelos resultados que incentivem o aumento da eficiência na utilização da energia no parque habitacional nacional.

4.2 Caracterização das Habitações Auditadas

A figura 4.1 mostra a distribuição das habitações auditadas FCT-UNL em comparação com o estudo EcoFamílias II e com estatísticas nacionais, os Censos de 2011.

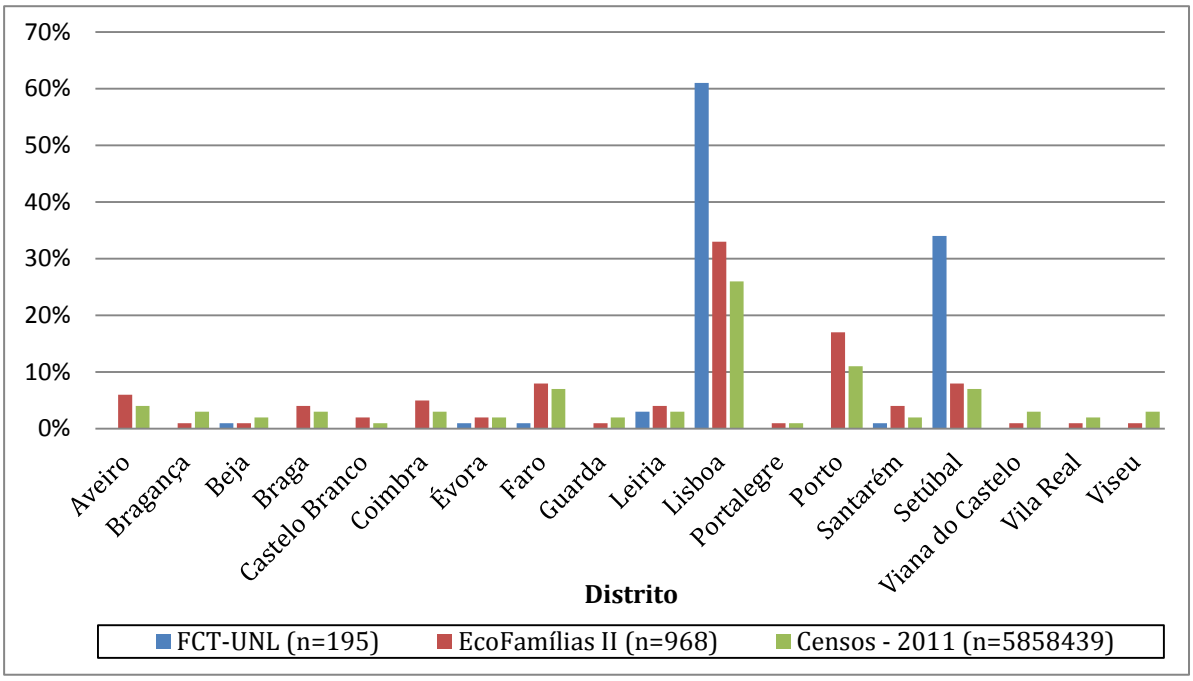


Figura 4.1 – Distribuição das habitações das séries FCT-UNL, EcoFamílias II e Censos 2011 por distrito.

A referência na distribuição de habitações em Portugal são os dados nacionais recolhidos nos Censos 2011 (INE, 2011b). A amostra utilizada pelo EcoFamílias II aproxima-se da distribuição dos Censos havendo uma correlação positiva forte (R=98 %). A amostra FCT-UNL está positivamente correlacionada com os dados dos Censos (R=86 %).Os distritos de Lisboa e Setúbal foram aqueles onde se realizaram a maioria das "auditorias" (95 %) na série FCT-UNL havendo ainda assim habitações auditadas em Leiria, Beja, Évora, Faro e Santarém.

Como se pode observar no eixo secundário da figura 4.2, a maioria das habitações auditadas na série FCT-UNL encontram-se em zonas mais amenas, segundo a classificação constante no RCCTE. Na mesma figura, no eixo principal, podem observar-se os consumos anuais *per capita*, em cada uma das zonas climáticas.

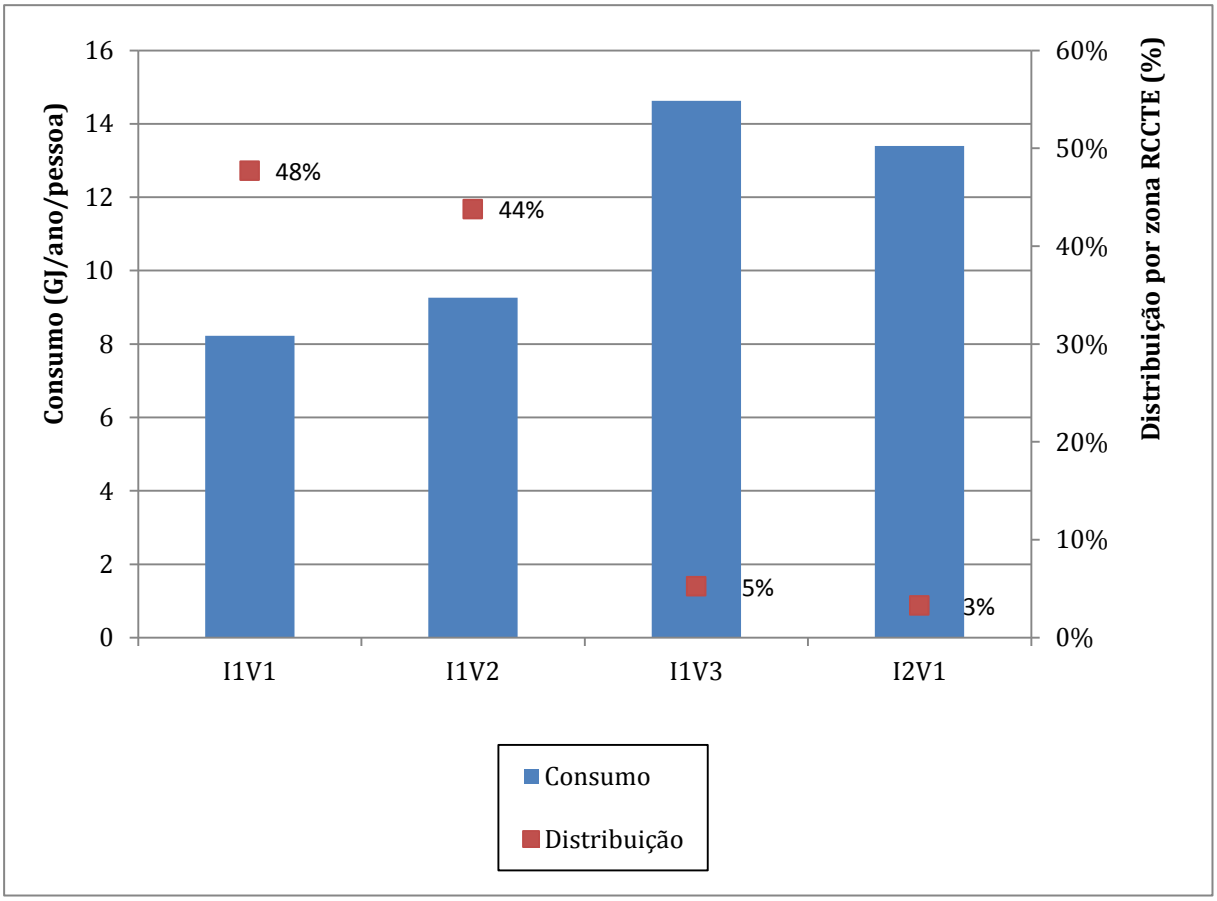


Figura 4.2 – Distribuição segundo zonamento RCCTE e consumo anual per capita nas habitações FCT-UNL.

Os dados da figura 4.2 confirmam que os consumos tendem a ser maiores em zonas climáticas menos favoráveis. A diferença no consumo anual *per capita* entre as zonas mais amenas (I1V1, I1V2) e as menos amenas (I1V3, I2V1) é imputável a necessidades de climatização. No caso I1V3, o incremento de consumo deve-se à utilização de sistemas de arrefecimento activo nos meses de verão enquanto, na região I2V1, o consumo extra poderá estar associado a aquecimento nos meses de inverno.

Na figura 4.3 estão representadas as classes energéticas das várias habitações segundo o RCCTE.

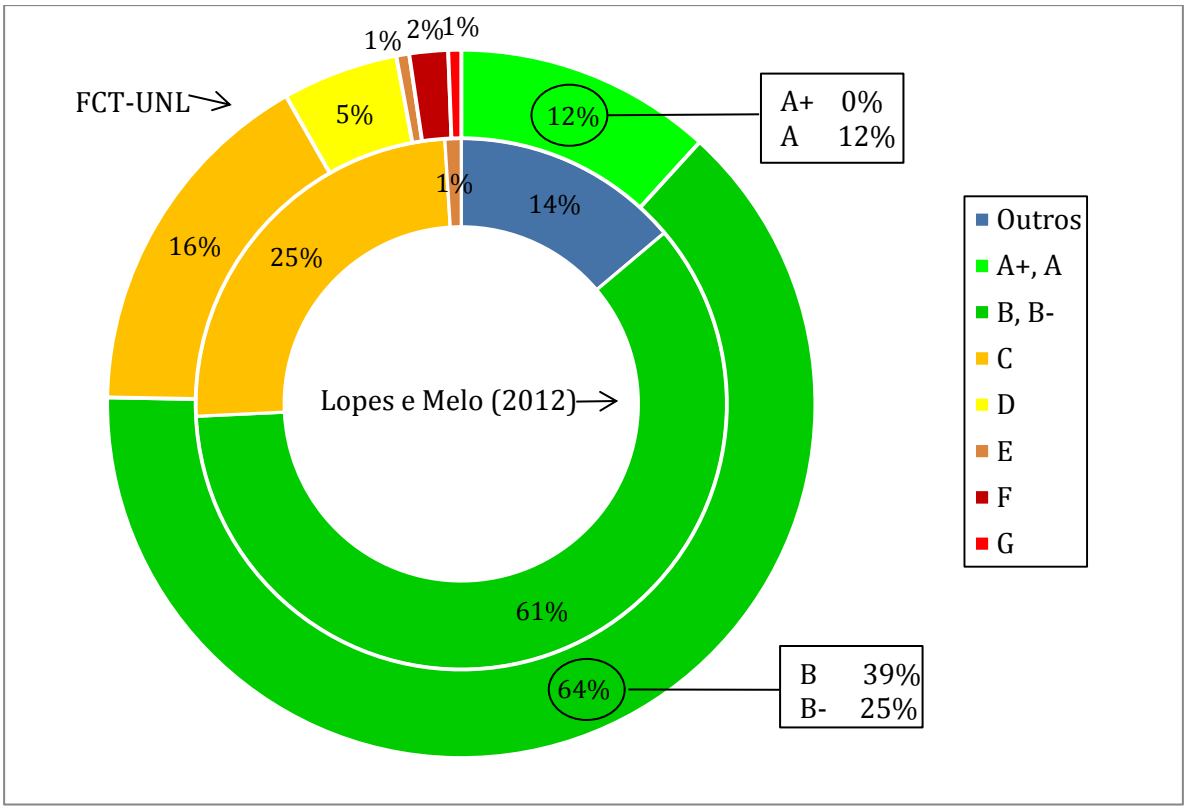


Figura 4.3 - Classificação energética segundo RCCTE das habitações FCT-UNL e Lopes e Melo(2012) para a Área Metropolitana de Lisboa.

Considerando os requisitos para habitações novas (construídas a partir de 2007), a maior parte das habitações auditadas (79 %) estão conforme o regulamento RCCTE. Tendo em conta que as casas já se encontravam habitadas à data das "auditorias" este resultado indica uma qualidade aceitável do parque habitacional. Os dados de Lopes e Melo (2012), para a Área Metropolitana de Lisboa (AML), são coincidentes com os dados da série FCT-UNL. Lopes e Melo (2012) usaram, no seu estudo, seis habitações representativas por zona, num total de dezoito habitações na AML, em 2001. A fracção "outros" que representa 14 % dos dados de Lopes e Melo, explica a parte dos dados não coincidentes com a série FCT-UNL.

Os resultados não reflectem a ideia transmitida por Rybkowska e Schneider (2011) que apontam para um parque habitacional nacional com qualidade longe do desejável. Este resultado em relação ao RCCTE pode reflectir a opinião de autores que afirmam que as classes definidas pelo regulamento são pouco exigentes e não incentivam a adopção de princípios de climatização passiva (J. Ferreira & Pinheiro, 2011; J. V. Ferreira & Domingos, 2011; Oliveira Panão, Camelo, & Gonçalves, 2011). Destaca-se ainda o facto de nenhuma habitação ter a classificação A+ e um quarto de todas as habitações terem classe C ou inferior.

Em relação a tipologias, os dados FCT-UNL foram divididos em apartamentos (71 %) e moradias (29 %). No estudo EcoFamílias II 61 % das "auditorias" foram a apartamentos e 39 % a moradias. Os dados do Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 (ICESD) apontam para um universo com 51 % de moradias e 49 % de apartamentos em Portugal (INE/DGEG, 2011). Por outro lado, o mesmo relatório indica que 70 % das habitações se inserem em áreas predominantemente urbanas. Os dados FCT-UNL foram também recolhidos em distritos com áreas predominantemente urbanas, aproximando-se nesse descritor do referido relatório. A figura 4.4 mostra o número de assoalhadas (Tn) das habitações estudadas em FCT-UNL e no projecto EcoFamílias II.

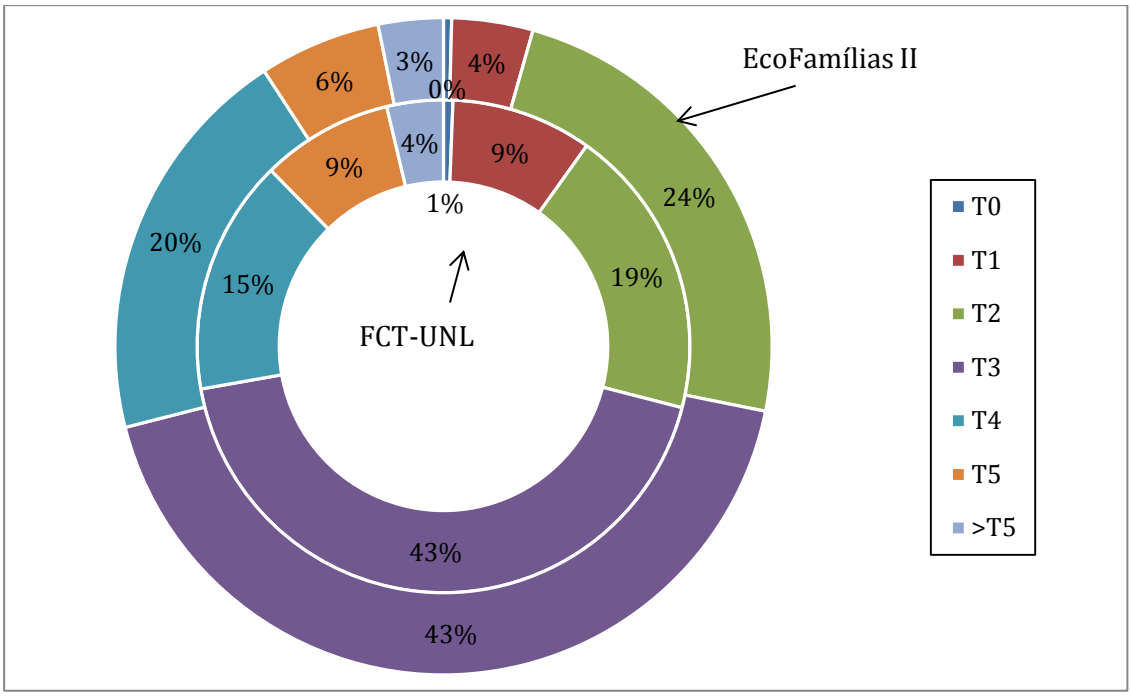


Figura 4.4 - Número de assoalhadas por habitação identificados em FCT-UNL e EcoFamílias II.

Os dados FCT-UNL e EcoFamílias II estão muito próximos quanto ao número de assoalhas por habitação (R=97 %). Nas duas séries a tipologia mais habitual são as habitações com quatro assoalhadas (T3), seguindo-se as casas com três assoalhadas (T2) e cinco assoalhadas (T4).

Na figura 4.5 pode observar-se a dimensão dos agregados familiares por habitação, nas séries FCT-UNL e EcoFamílias II.

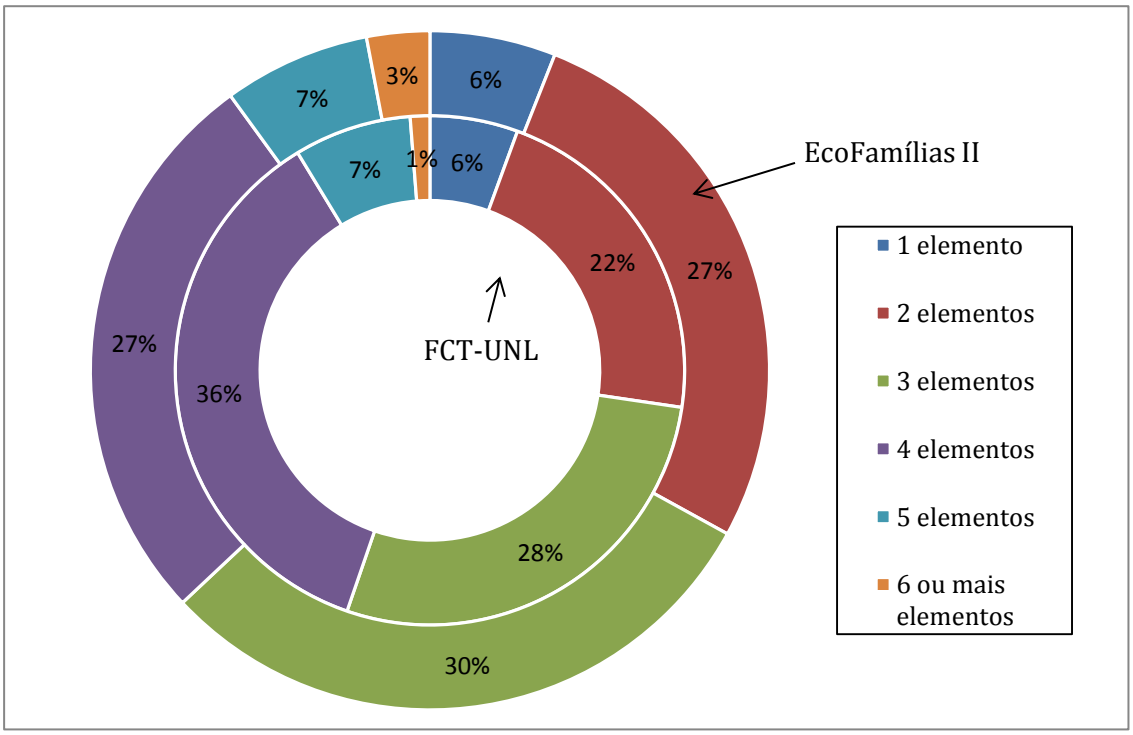


Figura 4.5 - Número de elementos dos agregados familiares estudados em FCT-UNL e EcoFamílias II.

A distribuição de pessoas pela habitação identificada na série FCT-UNL aproxima-se do estudo EcoFamílias II (correlação forte com R=94 %). A média de pessoas por habitação na série FCT-UNL é 3,2 pessoas/habitação, já nas estatísticas nacionais sobre habitação este valor é de 2,7 pessoas/habitação(INE, 2011c). Esta discrepância pode dever-se ao facto de os dados constantes na série FCT-UNL terem sido obtidos por estudantes universitários. Na sua maioria os estudantes universitários têm menos de 30 anos de idade e segundo dados no INE, apenas 12 % dos representantes de famílias clássicas fazem parte dessa faixa etária. O tamanho dos agregados pode estar associado ao facto de a maioria dos autores das "auditorias" FCT-UNL viverem, ainda com os seus pais, em famílias mais numerosas (INE, 2011a). Na figura 4.6 pode observar-se a relação entre o número de assoalhadas das habitações auditadas na série FCT-UNL e o número de pessoas por habitação.

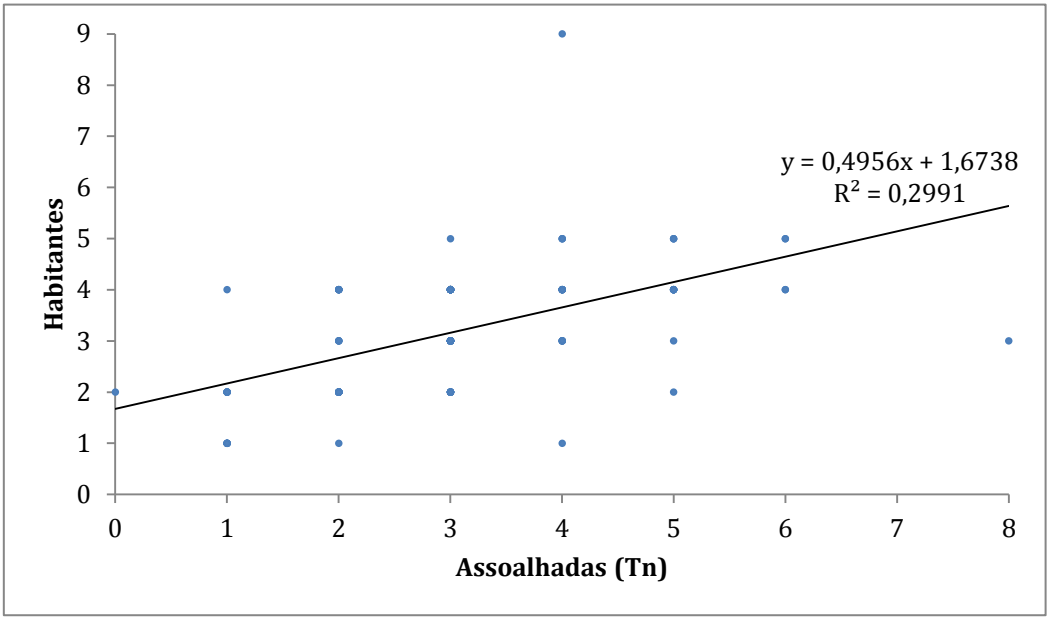


Figura 4.6 – Relação entre número de assoalhadas e habitantes na série FCT-UNL.

Observou-se uma correlação positiva, fraca (R^2=0,3), entre o número de assoalhas de uma habitação e os seus habitantes, na série FCT-UNL. Como seria de esperar, habitações com mais divisões tendem a ter mais habitantes mas, apesar de a maioria habitações não ter mais de cinco habitantes, existem várias habitações com cinco ou mais assoalhas onde vivem menos de cinco pessoas.

A caracterização e comparação das "auditorias" FCT-UNL com estudos anteriores demonstra que os valores obtidos constituem uma boa aproximação à realidade nacional, assumindo a fiabilidade de estudos como os Censos, o ICESD (INE/DGEG, 2011) e o projecto EcoFamílias II (EDP/Quercus, 2011). A secção seguinte tem como propósito compreender as dinâmicas de consumo de energia nas habitações auditadas.

4.3 Caracterização dos Consumos de Energia

Na presente secção, os consumos de energia na habitação, nos dados das "auditorias" FCT-UNL são caracterizados, comparados com outros estudos, tal como foi anteriormente efectuado na caracterização das habitações. O uso da energia é estudado tanto em relação aos combustíveis (e energia eléctrica) utilizados como em relação às utilizações que lhe são dadas na habitação.

Consumo de energia

Na figura 4.7 podem observar-se as caixas de bigodes dos consumos totais de energia correspondentes aos vários anos de "auditorias" que compõem a série FCT-UNL.

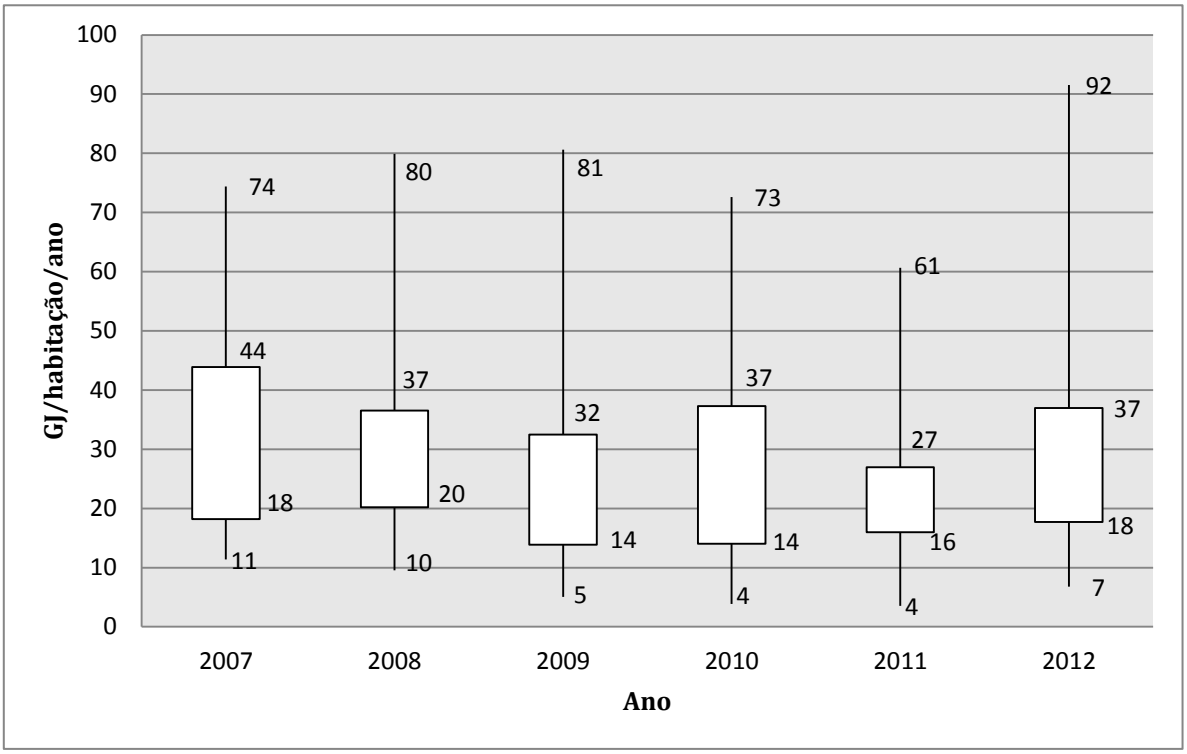


Figura 4.7 - Caixa de bigodes sobre os consumos na habitação auditada em FCT-UNL (2007-2012).

Os dados da figura 4.7 mostram os consumos (em GJ/habitação/ano) das várias "auditorias" realizadas na série FCT-UNL. A figura 4.7, apesar de apresentar os quartis máximos e mínimo, não representa *outliers* (considerando *outliers* os consumos afastados do consumo médio mais de três vezes o valor do desvio padrão). Para cada ano de "auditorias" pode observar-se o valor mínimo registado, o quartil inferior e superior, entre os quais se encontram 50 % das "auditorias" e o máximo registado.

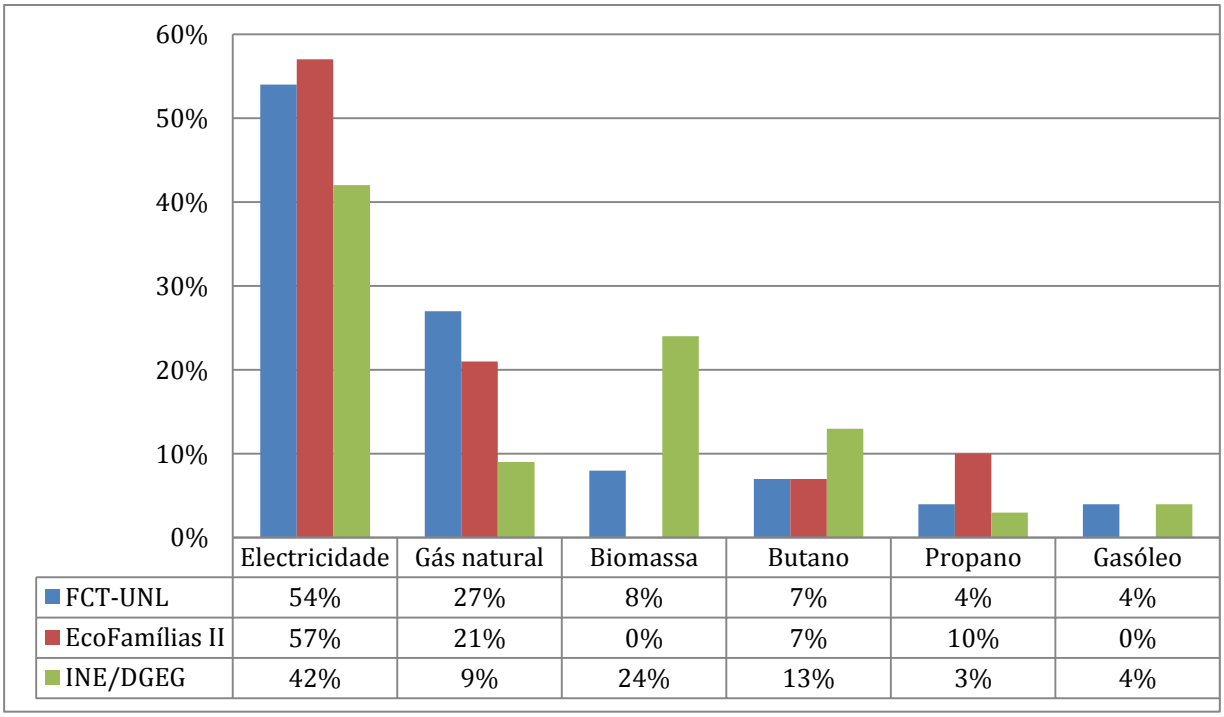
Dos dados apresentados tiram-se duas conclusões principais. A primeira é que os consumos das habitações auditadas não variam de forma consistente ao longo dos anos do estudo. Isto pode dever-se ao facto de a amostra, quando desagregada, ser da ordem das dezenas (entre 25 "auditorias" em 2007 e 40 em 2011) de habitações auditadas por ano o que pode ser insuficiente para observar alterações consistentes. Mas pode indicar que existem duas tendências opostas a manter os consumos estáveis, por um lado aumentam as iniciativas de apoio à eficiência energética e a legislação torna-se mais abrangente e exigente incentivando uma quebra de consumo mas, por outro lado, o número de equipamentos nas habitações portuguesas tem vindo a aumentar, contribuindo assim para um acréscimo dos consumos. A segunda conclusão é que a grande dispersão dos consumos (de 4 GJ/habitação/ano a 92 GJ/habitação/ano) confirma a complexidade do domínio de estudo (habitação) e dos consumos a ela associados confirmando

as conclusões de vários autores (Kowsari & Zerriffi, 2011; Stephenson et al., 2010; Swan & Ugursal, 2009).Apesar de a habitação ser trabalhada de forma genérica na presente dissertação, dentro desta categoria há factores como o tamanho e tipologia que afectam bastante os consumos (Kaza, 2010). Por exemplo, existem na série FCT-UNL desde apartamentos T0 ocupados por duas pessoas (consumos de 5 GJ/habitação/ano) a moradias T6 com hóspedes (consumos de 96 GJ/habitação/ano) o que explica a dispersão observada.

A média de energia consumida nas habitações das famílias FCT-UNL é 28 GJ/ano em cada habitação, com um coeficiente de variação de 1 GJ/ano. Este valor está entre o valor obtido no estudo EcoFamílias II (25 GJ/ano em cada habitação) e os valores do Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 (31 GJ/ano em cada habitação). Multiplicando os 28 GJ/ano consumidos em cada habitação pelo número de habitações que são residência habitual em Portugal Continental (3 773 956 habitações segundo INE/DGEG) chega-se a um consumo total de 106 PJ/ano, abaixo dos 123 PJ/ano registados em 2010 (Pordata,2012) uma vez que não se incluem os arquipélagos dos Açores e Madeira e as segundas habitações. Esta proximidade com os outros dados confirma que as "auditorias" FCT-UNL constituem uma boa aproximação à realidade nacional em termos de práticas de consumo, embora não seja representativa fora da AML.

Tipo de energia consumida

Na figura 4.8 pode observar-se o consumo de energia na habitação por fonte de energia utilizada.



	Electricidade	Gás natural	Biomassa	Butano	Propano	Gasóleo
FCT-UNL	54%	27%	8%	7%	4%	4%
EcoFamílias II	57%	21%	0%	7%	10%	0%
INE/DGEG	42%	9%	24%	13%	3%	4%

Figura 4.8 – Energia final na habitação em Portugal.

Na figura 4.8 pode observar-se a divisão da energia final por fontes na série FCT-UNL, EcoFamílias II e INE/DGEG. O estudo EcoFamílias II, destinado fundamentalmente aos consumos eléctricos, não tem dados completos sobre as outras fontes, ficando-se por electricidade e gás (natural, butano e propano). Nas três séries a electricidade corresponde à energia final com mais peso. Segundo o inquérito DGEG/INE, a energia eléctrica em 1989 representava 16 % do consumo na habitação, em 1996 representava 28 % e em 2010 já representava 42 %. A disparidade entre o peso da electricidade nas séries FCT-UNL (54 %) e EcoFamílias II (57 %) em

relação aos inquéritos nacionais pode dever-se ao elevado número de auditados por estes estudos na grande Lisboa. A localização das habitações também pode explicar a diferença no peso do gás natural e biomassa entre o estudo FCT-UNL e o inquérito ao consumo INE/DGEG. Segundo EDP/Quercus (2011) no relatório do EcoFamílias II, nos distritos de Lisboa e Setúbal os esquentadores funcionam fundamentalmente a gás natural, o que explica o peso desse combustível no estudo FCT-UNL. O mesmo relatório indica ainda que nesses dois distritos o principal equipamento de climatização é o aquecimento eléctrico a óleo, já no interior norte o mais usado são as lareiras, com ou sem recuperador de calor.

Emissões de CO_2 e na habitação

Segundo o estudo EcoFamílias II, cada família emite em média 2140 kg de CO_2/habitação/ano. O cálculo efectuado para a série FCT-UNL, utilizando factores de emissão do relatório INE/DGEG (2011) e do distribuidor de electricidade mais comum (EDP), em 2010, resultou no valor médio de 2129 kg de CO_2/habitação/ano. O estudo INE/DGEG considera que cada casa emite apenas 628 kg de CO_2/habitação/ano. A disparidade em relação aos outros estudos considerados pode dever-se ao facto de o relatório INE/DGEG considerar que a electricidade consumida não emite CO_2. De facto, ao ser consumida a energia eléctrica não emite CO_2 mas, em parte, já o emitiu aquando da sua produção pelo que deve ser contabilizada. Ao corrigir o valor apresentado considerando o consumo eléctrico como nos demais cálculos chega-se à emissão de CO_2 de 1858 kg de CO_2/habitação/ano, mais próxima dos outros dois estudos.

A ambição europeia é conseguir que o parque habitacional no continente se aproxime da neutralidade em termos de emissões. Segundo Atanasiu (2012) esta ambição está ainda longe de se tornar realidade. Apesar das dificuldades em melhorar as emissões associadas à habitação o mesmo autor acredita ser possível que, em 2050, 25 % do parque habitacional europeu não produza gases de efeito de estufa.

Utilização final da energia

Na figura 4.9 os consumos de energia eléctrica estão agrupados por utilização da energia final.

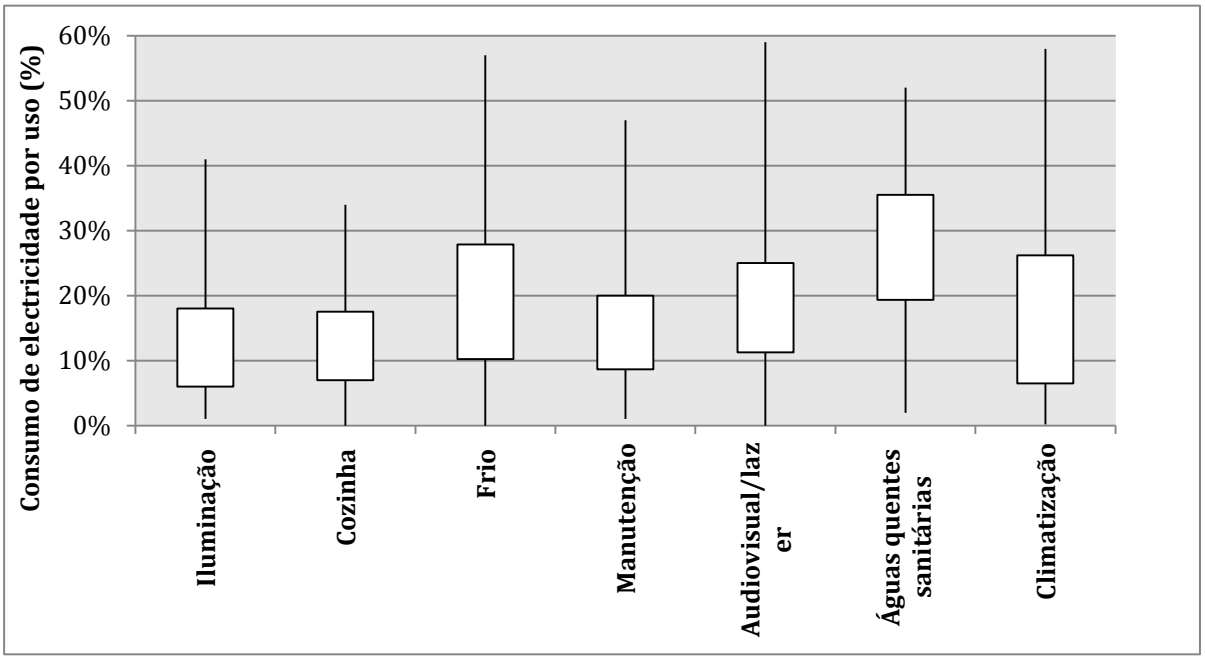


Figura 4.9 – Utilização da energia eléctrica nas habitações da série FCT-UNL.

A média do consumo de electricidade nas famílias estudadas nas "auditorias" FCT-UNL é 15 GJ/ano em cada habitação, valor próximo do registado no estudo EcoFamílias II, 14 GJ/ano na média das habitações. Almeida (2011) afirma que o consumo médio europeu em 2007 era de cerca de 10 GJ/ano em cada habitação, abaixo dos valores obtidos nas séries analisadas. No mesmo ano o autor considerou que o consumo médio em Portugal era 9 GJ/ano em cada habitação. Esta discrepância pode dever-se ao crescimento nos consumos eléctricos verificados por EDP/Quercus (2011) no relatório do EcoFamílias II mas também pode estar relacionado com diferentes metodologias de medição de consumo já que Almeida (2011) exclui a electricidade consumida com climatização e águas quentes sanitárias. A análise dos consumos de electricidade da série FCT-UNL permite perceber que, uma vez mais, existe dispersão na utilização da energia eléctrica.

A divisão no uso da energia final nas habitações auditadas é equitativo tendo em conta as categorias utilizadas. Os valores elevados nas águas quentes sanitárias provavelmente devem-se a um lapso em algumas "auditorias", em que se agregaram os consumos de outros combustíveis com electricidade. Existem habitações em que mais de metade da energia eléctrica é consumida pelos equipamentos de frio (frigorífico, arcas congeladoras, combinados), audiovisual/lazer (televisão, aparelhagem, rádio, equipamentos informáticos, consolas, sistemas de som, *et cetera*) e a climatização (aquecimentos eléctricos a óleo, aquecimentos eléctricos com resistência, equipamentos de ar-condicionado) Os valores mínimos de todas as classes consideradas aproximam-se de zero. As classes de consumo de electricidade consideradas nos inquéritos INE/DGEG são diferentes da utilizada na série FCT-UNL. Os resultados do INE/DGEG mostram que grande parte do consumo está associada às categorias "equipamentos eléctricos" (33 %) e "cozinha" (41 %). A classe "equipamentos eléctricos" é ambígua já que todas as outras classes consideradas também são compostas por equipamentos eléctricos.

A energia eléctrica utilizada está associada a uma potência contratada ao distribuidor (kVA) que, no caso das habitações auditadas na série FCT-UNL, se divide como se pode observar na figura 4.10.

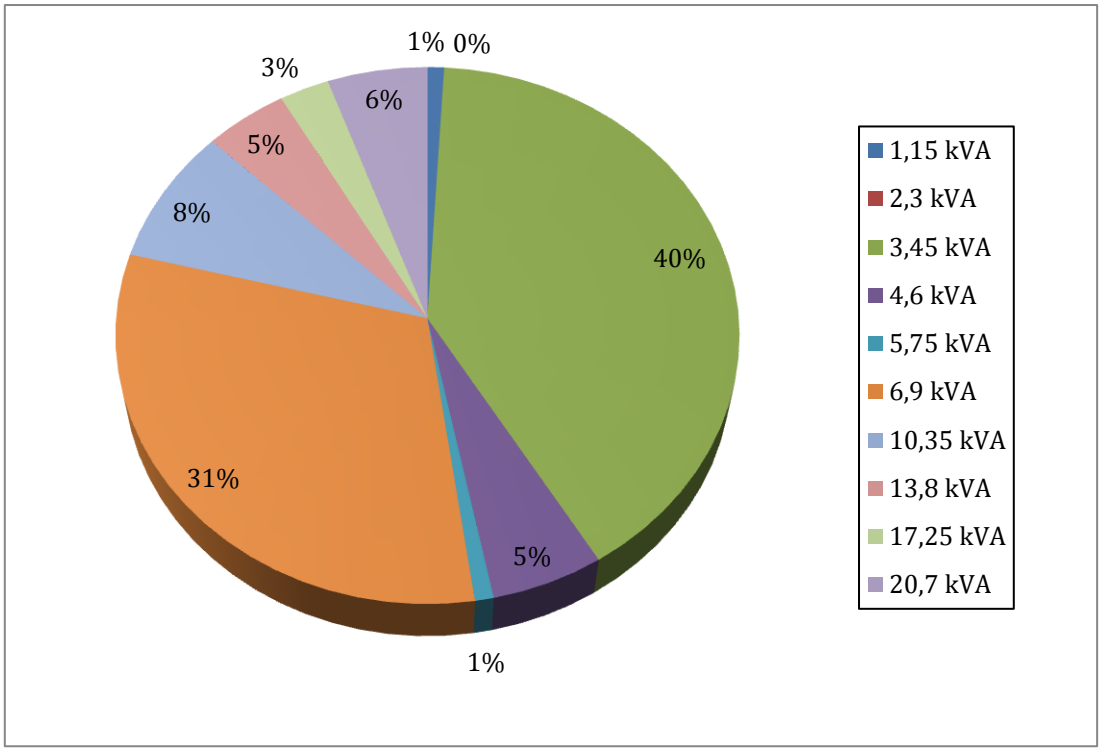


Figura 4.10 – Potencia contratada nas habitações FCT-UNL

Os dados da figura 4.10 mostram que apesar de existirem vários escalões de potência disponíveis, a grande maioria das famílias auditadas opta pelo escalão 3,45 kVA e 6,9 kVA. Esta distribuição é explicada pelo facto de a potência 3,45 kVA ter correspondido ao escalão mínimo disponível e o escalão 6,9 kVA ser um valor de referência para as famílias que iniciam o contrato de fornecimento de electricidade e que têm exigências de potência específicas que incluam utilizar vários grandes electrodomésticos em simultâneo (EDP/Quercus, 2011). A distribuição de potências contratadas resultante das "auditorias" EcoFamílias II corrobora os resultados obtidos na série FCT-UNL em relação à utilização maioritária do escalão 3,45 kVA (representando 22 % nas casa EcoFamílias II) e 6,9 kVA (38 %).

Na figura 4.11 podem observar-se os consumos de combustíveis (maioritariamente gás) para produção de águas quentes sanitárias e "cozinha" (confecção de alimentos).

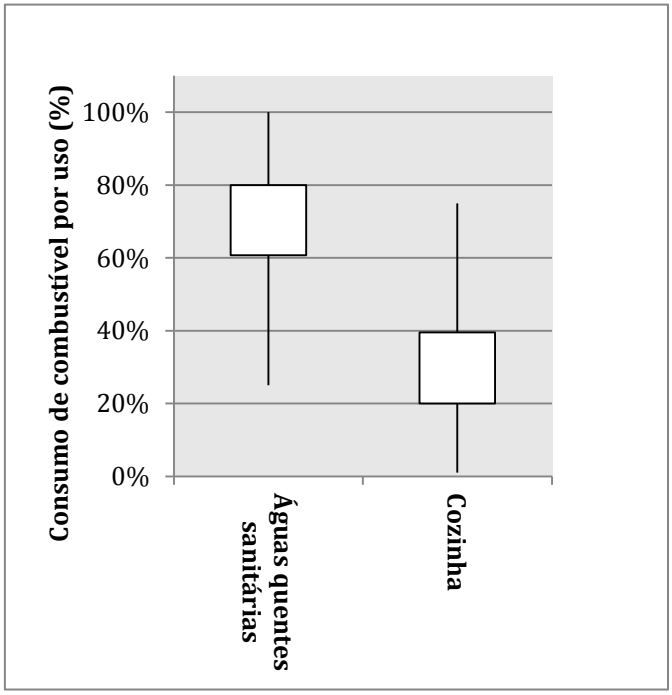


Figura 4.11 - Consumos de combustíveis por utilização (FCT-UNL).

A desagregação do consumo do consumo de gás pelas categorias principais de consumo, produção de águas quentes sanitárias e cozinha (confecção de alimentos). Na série FCT-UNL, apesar da elevada dispersão dentro das classes consideradas, o consumo de gás para produção de águas quentes sanitárias tende a ser superior ao utilizado na cozinha (confecção de alimentos). Segundo o estudo EcoFamílias II, o equipamento mais utilizado para a produção de águas quentes sanitárias é o esquentador a gás natural (32 %) seguido da caldeira a gás natural (19 %) e do termoacumulador (14 %). Segundo INE/DGEG a segunda maior parcela de consumo de energia na habitação corresponde ao aquecimento de águas sanitárias. O consumo médio de gás nas "auditorias" FCT-UNL é de 11 GJ/ano em cada habitação, uma vez mais próximo da média EcoFamílias II, 10 GJ/ano em cada habitação.

A distribuição da energia por utilização (dados FCT-UNL e INE/DGEG) pode ser observada na figura 4.12.

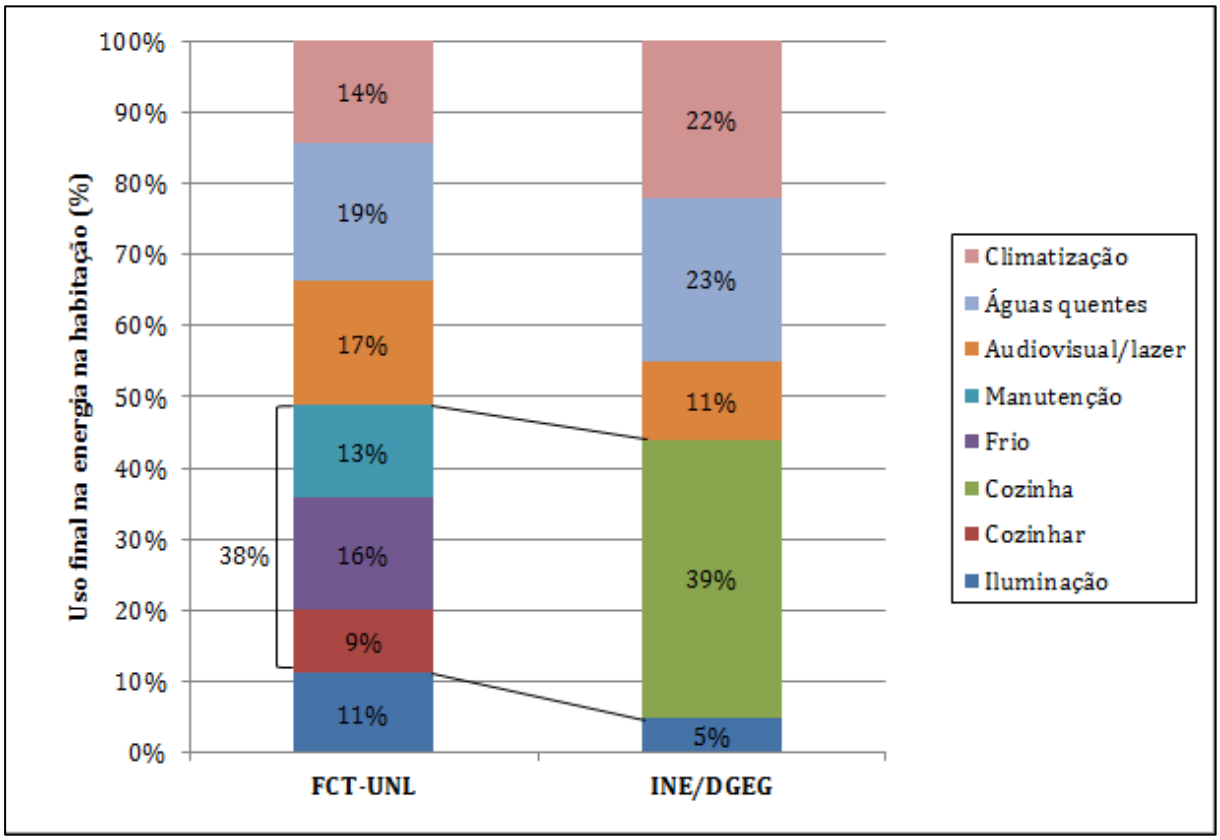


Figura 4.12 – Consumo de energia na habitação, por utilização.

(FCT-UNL, INE/DGEG,2011)

Os dados de consumo por utilização são convergentes entre as séries FCT-UNL e INE/DGEG apesar da diferente desagregação de consumos utilizada nos dois estudos e da elevada disparidade nos consumos. No estudo INE/DGEG, a fracção "cozinha" é utilizada no sentido lato, englobando a soma de três classes da série FCT-UNL, a classe cozinhar, frio e manutenção (entende-se por manutenção os equipamentos utilizados na "lida" da habitação como aspiradores e máquinas de lavar/secar). Quando se compara a classe "cozinha" da série INE/DGEG com o agrupamento de classes da série FCT-UNL, é possível verificar que têm um peso quase idêntico nos consumos totais de energia na habitação. O maior peso da classe "climatização" na série INE/DGEG explica-se por este estudo ser representativo de várias zonas do País em que as necessidades energéticas com climatização são superiores às da AML, onde a maior parte das "auditorias" FCT-UNL foram efectuadas. O facto de a fracção "audiovisual/lazer" ter um maior peso na série FCT-UNL também pode ser explicado por, nesta série, a maior parte das "auditorias" terem sido efectuadas em habitações em meio urbano, de famílias com elementos em faixas etárias entre os 18 e os 25 anos, utilizadores assíduos de tecnologia. A fracção iluminação, e o seu maior peso na série FCT-UNL pode ser explicado pela morfologia construtiva das zonas urbanas, em que os edifícios criam zonas de sombra que levam à necessidade de utilizar iluminação artificial, no interior das habitações, mais horas por dia.

4.4 Potencial de poupança na habitação em Portugal

O potencial de poupança custo-eficiente constituiu o principal objectivo das "auditorias" FCT-UNL e é com base nesses dados que o potencial de poupança na habitação em Portugal será estimado. As premissas, como já foi dito na metodologia do trabalho tiveram em conta a manutenção da qualidade de vida e a exequibilidade das propostas.

Na figura 4.13 pode observar-se a distribuição dos potenciais de poupança resultantes das "auditorias" levadas a cabo "pela" FCT-UNL, expressas em termos de percentagem do consumo e em GJ/ano.

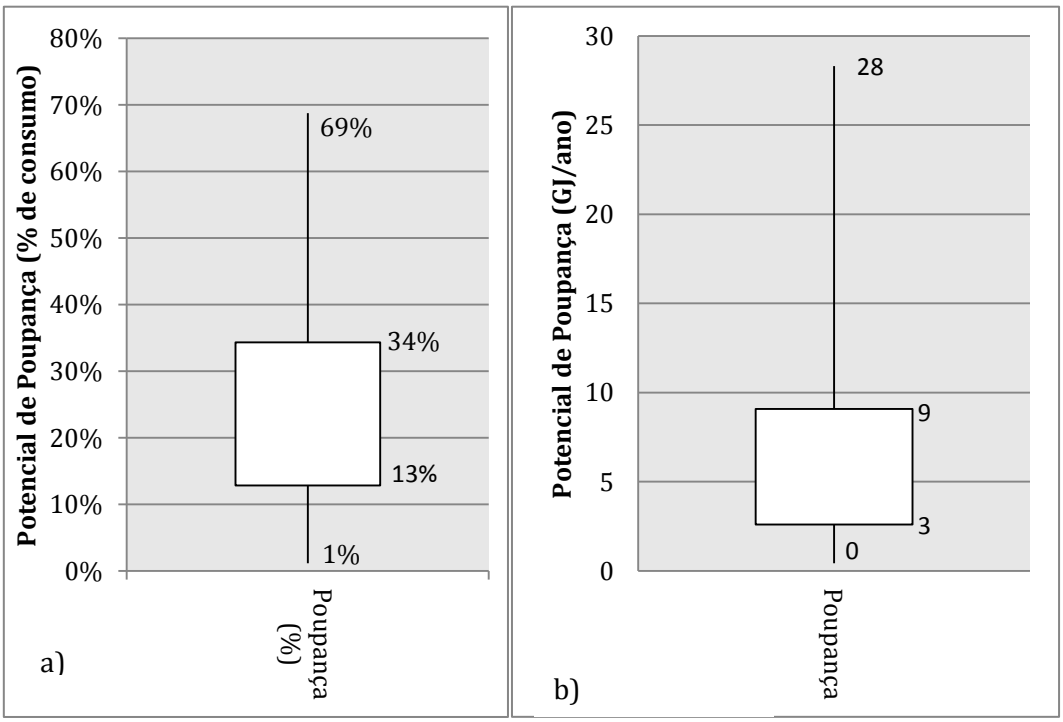


Figura 4.13 – a) poupança em percentagem do consumo, b) poupança em GJ/ano em cada habitação da série FCT-UNL.

As habitações auditadas, em média, com a aplicação de medidas custo-eficientes propostas pelos "auditores" (que também habitavam nas casas), atinge um potencial de poupança de 7 GJ/ano por habitação. A poupança média em fracção do consumo é de 25 %. Como se pode observar na figura 4.13, este potencial varia bastante entre as habitações auditadas. Considerando o potencial de poupança sem restrições ao investimento a média passa para os 13 GJ/ano em cada habitação (representando 44 % do consumo). O estudo EcoFamílias II chegou à conclusão que existe um potencial de poupança de 16 GJ/ano em cada habitação (63 % do consumo médio) sem ter em conta o critério custo-eficácia. Na realização de segundas visitas o programa EcoFamílias chegou à conclusão que as poupanças médias realizadas entre "auditorias" eram de 1,4 GJ/ano em cada habitação.

A poupança nacional custo-eficiente, assumindo que os valores calculados só são aproximações válidas dos 4 milhões de habitações INE/DGEG) ocupadas a maior parte do ano em Portugal Continental, é de 26 PJ/ano, 21 % dos 122 PJ/ano consumidos actualmente na habitação em Portugal (INE/DGEG). Assumindo que a poupança nas regiões autónomas é equivalente ao verificado em Portugal continental, o potencial de poupança aumenta para 28 PJ/ano, 23 % do total consumido no País, em 2010. Se o cenário incluir o potencial de poupança total, estimado

no estudo EcoFamílias II, a poupança de energia no sector residencial em Portugal pode chegar aos 63 PJ/ano.

Segundo o guia sobre eficiência energética da ADENE (2010) "com algumas pequenas intervenções nos edifícios, é possível poupar até 30-35 % de energia, sem prejuízo das condições de conforto". Esta afirmação é optimista quando comparada com os dados analisados mas demonstra que os decisores de topo nacionais nesta área têm consciência de que existe um potencial de poupança de energia na habitação.

4.5 Vectores de Poupança Energética

Na secção anterior os potenciais de poupança na habitação em Portugal foram estimados. Na presente secção descreve-se a forma de as atingir, agregando as propostas dos autores das "auditorias" FCT-UNL em três grandes grupos de medidas:

i. Substituição de equipamentos,

ii. Mudanças construtivas

iii. Alteração de comportamentos/hábitos de consumo de energia.

A síntese das medidas propostas pode ser observada no diagrama de *Venn* da figura 4.14.

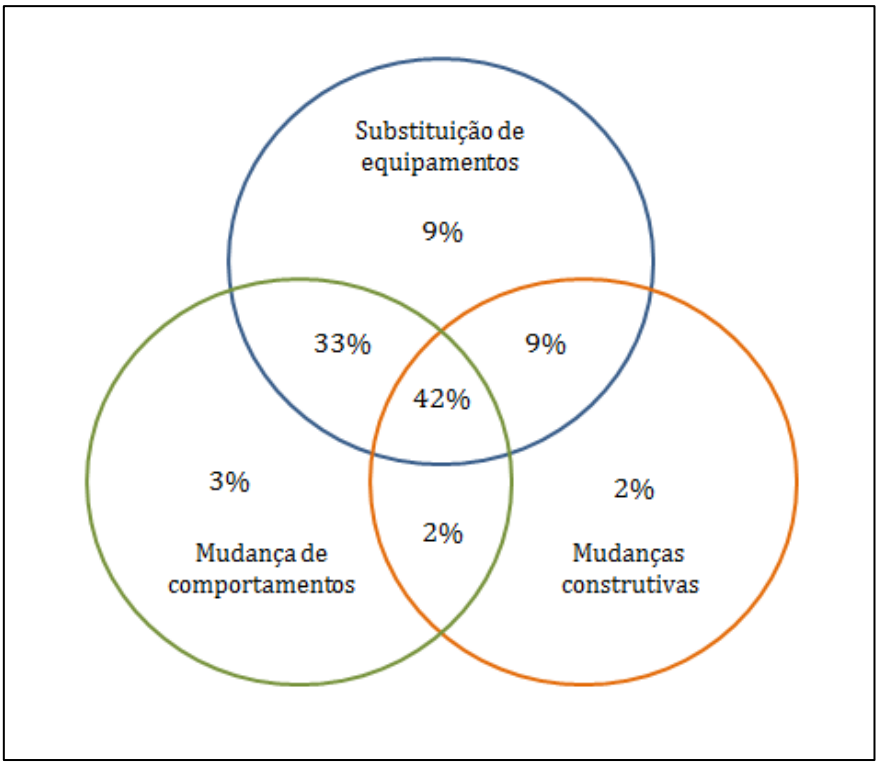


Figura 4.14 – Formas de melhorar a utilização da energia na habitação e percentagem dos utilizadores que as aplicam (FCT-UNL).

As várias medidas propostas pelos "auditores" da série FCT-UNL foram divididas em três categorias como se pode observar na figura 4.14. As medidas mais comuns (93 %) incluem a substituição de equipamentos. Esta forma de melhorar a utilização de energia é sugerida por vários autores (ADENE, 2010; Almeida, et al., 2011; Carvalho, et al., 2012; Gaspar & Antunes, 2011).

Entre os motivos para sugerir alterações de equipamentos está a simplicidade de identificar os equipamentos cujo desempenho pode ser alterado e a facilidade relativa de quantificar a melhoria de desempenho aquando da troca. Ou seja, é mais simples estimar quanto se poupa trocando um frigorífico do que isolando melhor as pontes térmicas de uma habitação.

As mudanças construtivas foram sugeridas por 55 % dos auditados. Alguns dos autores das "auditorias" referem que a execução das melhorias construtivas está dependente de factores que não controlam como sendo a capacidade de persuadir os vizinhos a investir em melhorias para todo o edifício como a aplicação de isolamento exterior. As propostas que incluem mudanças de comportamentos perfazem 80 % do total, estando relacionadas a maioria das vezes com a utilização de tomadas com corte de corrente ou a prática em utilizar os equipamentos evitando consumos fantasma (*stand-by*). Em 42 % das habitações auditadas as propostas de melhoria incluem medidas das três categorias utilizadas.

Correlações entre variáveis FCT-UNL

O estudo das correlações entre variáveis como o número de pessoas por casa, número de assoalhadas por casa, consumo total anual por habitação e potencial de poupança identificado é uma forma de começar a identificar pontos de actuação de políticas para uma habitação mais eficiente no uso da energia (Anexo 4).

As variáveis estudadas estão todas correlacionadas ainda que com correlações fracas (entre 32 % e 53 % com grau de significância de 99 %). Como era esperado existe uma correlação positiva entre o número de assoalhadas e os habitantes por habitação. O número de assoalhadas e de habitantes por casa estão positivamente correlacionados com o consumo de energia. Quando maior o número de assoalhadas tiver uma habitação mais espaços há para iluminar e climatizar e quanto mais pessoas viverem numa habitação maior é o seu consumo de energia. Apesar de a correlação ser positiva não é forte, evidenciando uma vez mais a heterogeneidade do sector e a importância de outros factores como a qualidade dos imóveis, hábitos de consumo dos habitantes e equipamentos utilizados. As correlações mais fracas são aquelas entre a poupança, o número de assoalhadas e número de pessoas por habitação.

O potencial de melhoria está positivamente correlacionado com o consumo de energia. Esta correlação indica que quanto mais alto for o consumo original maior é a margem para melhorar a eficiência.

A complexidade do consumo de energia na habitação faz com que não existam padrões vincados na amostra estudada e nas relações entre as variáveis. O consumo aumenta com o tamanho das casas e dos agregados familiares mas os potenciais de poupança também, ainda que com correlações ligeiramente mais fracas.

Tipologia e consumo total

Com base em testes de independência estatística de variáveis (t-test e teste de igualdade de variâncias de *Levene*) determinou-se que a tipologia das habitações está relacionada com os consumos das mesmas (Anexo 4).

As vivendas (ou moradias) auditadas na série FCT-UNL consomem significativamente mais energia do que os apartamentos. Numa moradia a área em contacto com a envolvente em relação ao volume de ar interior tende a ser maior do que num apartamento. Esta diferença faz com que seja necessário utilizar mais energia em climatização numa vivenda para conseguir manter a temperatura de conforto no interior. Outro motivo plausível, ainda que empírico, aponta para uma associação entre a tipologia das casas e os rendimentos dos agregados. Nas zonas maioritariamente urbanas as áreas de construção têm valores locativos elevados e, portanto, quem tem rendimentos mais elevados pode ter maior facilidade em viver em moradias. Estas mesmas famílias podem utilizar a energia sem que o custo da mesma as faça moderar o consumo. A figura 4.15 mostra a diferença no consumo e poupança entre moradias e apartamentos (sem *outliers*).

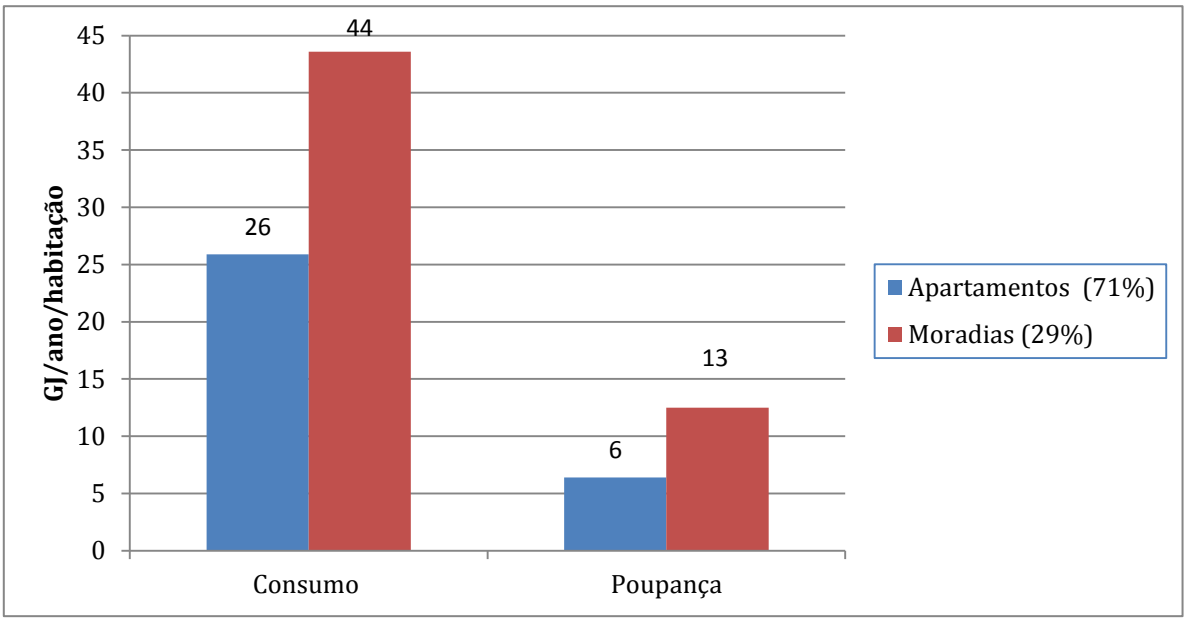


Figura 4.15 – Consumo e poupança de energia em apartamentos e vivendas (FCT-UNL).

Do ponto de vista da eficiência na utilização da energia na habitação é preferível morar em apartamentos. O presente estudo não teve em conta os consumos indirectos dos apartamentos como, por exemplo, a energia consumida nas áreas comuns dos edifícios com iluminação e elevadores.

Potencial de poupança com propostas de melhoria

Os autores que deram origem à série FCT-UNL propuseram conjuntos de melhorias para aumentar a eficiência no uso da energia na habitação (figura 4.14). No âmbito da presente dissertação procurou-se relacionar os tipos de propostas com o potencial de melhoria resultante.

No quadro 4.1 são apresentadas as percentagens de melhoria potencial, em fracção dos consumos totais, conseguidos com cada conjunto de mudanças propostas pelos "auditores" (substituição de equipamentos, mudanças construtivas e mudanças de comportamentos), assim como a poupança, adoptando os outros conjuntos de melhoria, excluindo os considerados. Assim, pretende-se compreender se a opção por determinado tipo de medidas é significativamente melhor em termos de potenciais de poupança, na série FCT-UNL.

Quadro 4.1 – Potencial de poupança consoante as propostas adoptadas.

	Potencial de poupança médio (% do consumo)	Potencial de poupança médio aplicando as restantes melhorias (% do consumo)	Significativamente diferente (t-Student)
Substituição de equipamentos	28%	20%	Não
Mudanças construtivas	29%	25%	Não
Mudanças de comportamentos	29%	18%	Não
Substituição de equipamentos e mudanças construtivas	24%	28%	Não
Substituição de equipamentos e mudanças de comportamentos	28%	27%	Não
Mudanças construtivas e mudança de comportamentos	23%	27%	Não
Substituição de equipamentos, mudanças construtivas e mudanças de comportamentos	31%	28%	Não
Apenas substituição de equipamentos	13%	29%	Não
Apenas mudanças construtivas	13%	28%	nd
Apenas mudanças de comportamentos	17%	27%	Não

Nota 1. Os testes de independência utilizados estão disponíveis para consulta no Anexo 4. Assumiu-se um nível de significância de 95% (α=0,05).

O quadro 4.1 permite identificar como deve ser feita a abordagem à melhoria de eficiência na habitação. Excluir uma das classes de melhoria não contribui para a melhoria global. Introduzir melhorias em mais do que uma das classes é melhor do que actuar em classes isoladas. A melhor forma de melhorar a eficiência na habitação é actuar de forma integrada, alterando comportamentos, substituindo equipamentos e executando melhorias construtivas.

Os problemas de eficiência no uso da energia estão sujeitos a várias variáveis o que gera um cenário complexo. Nenhum conjunto de medidas se mostrou significativamente diferente em termos de poupança o que indica que não existe uma solução padrão, uma receita que funcione em todas as habitações. Apesar de não ser significativamente diferente, agir sobre um único vector de melhoria (apenas substituição de equipamentos, apenas mudanças construtivas ou apenas mudança de comportamentos) gera poupança tendencialmente menores do que actuar em conjuntos de melhorias mais transversais. O desafio na criação de incentivos à poupança é o de criar políticas gerais (nacionais ou europeias) que possam maximizar o benefício em cada habitação, adaptando-se à sua singularidade.

Mudança de Classe energética (RCCTE)

A série FCT-UNL inclui "auditorias" que previram a classe energética, determinada com base no RCCTE, após a aplicação de medidas de melhoria propostas pelos "auditores". A melhoria de classe e as formas de a atingir foram anteriormente estudadas por vários "auditores" sendo que, a presente secção, cruza os resultados das "auditorias" FCT-UNL com os observados por Lopes e Melo (2012). Os referidos autores estudaram o impacte na classificação energética (RCCTE) em função de alterações condicionadas pela idade da habitação, tipologia e a sua localização (tendo anteriormente estudado a representatividade de cada tipo de habitação nas várias regiões de Portugal). As melhorias propostas por Lopes e Melo podem ser observadas no quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Melhorias de poupança de energia propostas.

(Lopes, 2010)

Medidas de Reabilitação utilizadas					
Edifícios anteriores a 1960	Fachadas	Isolamento pelo interior com EPS com acabamento em gesso cartonado			
	Cobertura	Esteira horizontal	Leve	Isolamento nas vertentes com XPS	
			Laje aligeirada	Isolamento sobre a esteira horizontal com XPS	
	Envidraçados	Substituição por janelas com vidro duplo.			
Edifícios construídos após 1960	Fachadas	Edifícios de 1960-1985		Isolamento por ETICS com EPS	
		Edifícios de 1986-até à actualidade		Prédios	Não se intervêm
				Vivendas	Isolamento com ETICS
	Cobertura	Isolamento na esteira horizontal com XPS			
	Envidraçados	Edifícios de 1960-1985		Substituição janelas de vidro duplo	
		Edifícios de 1986-2001		Colocação de janelas de alumínio a 10 cm das existentes	

Das "auditorias" da série FCT-UNL, 37 apresentaram a classe energética da habitação após a aplicação das melhorias. As propostas de melhoria construtivas das "auditorias" e os resultados obtidos na série FCT-UNL são então ser comparados com as do quadro 4.2 em termos de classificação energética resultante da aplicação das mesmas, de acordo com o RCCTE.

As 37 "auditorias" foram todas em habitações na região de Lisboa e Setúbal. Em 8 delas as mudanças propostas não foram suficientes para melhorar a classe energética da habitação o que corresponde a um aumento de classe em 78 % das "auditorias" como se pode observar na figura 4.16.

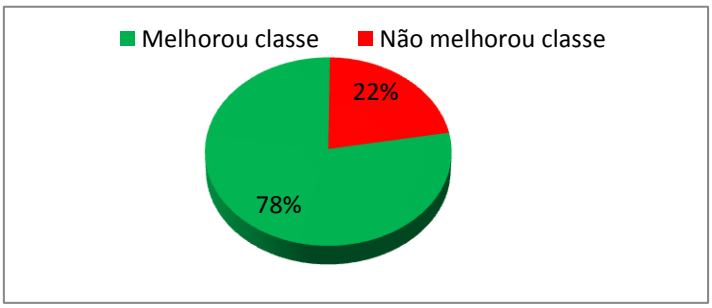


Figura 4.16 – Eficácia das propostas nas habitações FCT-UNL, em termos de classe RCCTE.

Várias "auditorias" referem que as mudanças construtivas não são custo-eficientes mas ainda assim foram adoptadas por melhorarem o conforto nas habitações. Este género de observações

converge com as conclusões do estudo Lopes e Melo (2012) que quantificou o investimento médio em reabilitação (13 400 €) e um tempo de retorno entre 9 e 19 anos, dependendo do cenário de preços da energia considerado, atingindo-se uma redução das necessidades de climatização (particularmente aquecimento), de 71 %.

As medidas consideradas nas "auditorias" FCT-UNL que resultaram na melhoria da classe energética das habitações inclui as medidas sugeridas por Lopes e Melo (2012) às quais acrescenta criação de sombreamento de vão envidraçados e isolamento de paredes pelo interior. A maioria dos autores das "auditorias" actuaria na substituição de vãos envidraçados por melhores caixilharias com vidros duplos e aplicação de isolamento (geralmente EPS) nas paredes pelo exterior e na cobertura. Foram identificadas outras medidas que afectam a classificação da habitação mas não são alterações construtivas. Medidas como a instalação de sistemas de águas quentes solares ou calafetagem de portas foram, também, propostas por alguns autores. As medidas construtivas adoptadas fazem parte das consideradas na revisão bibliográfica da presente dissertação, nos quadros 2.2 e 2.3. Na figura 4.17 apresentam-se as melhorias propostas que levaram a uma melhoria de classe térmica das habitações.

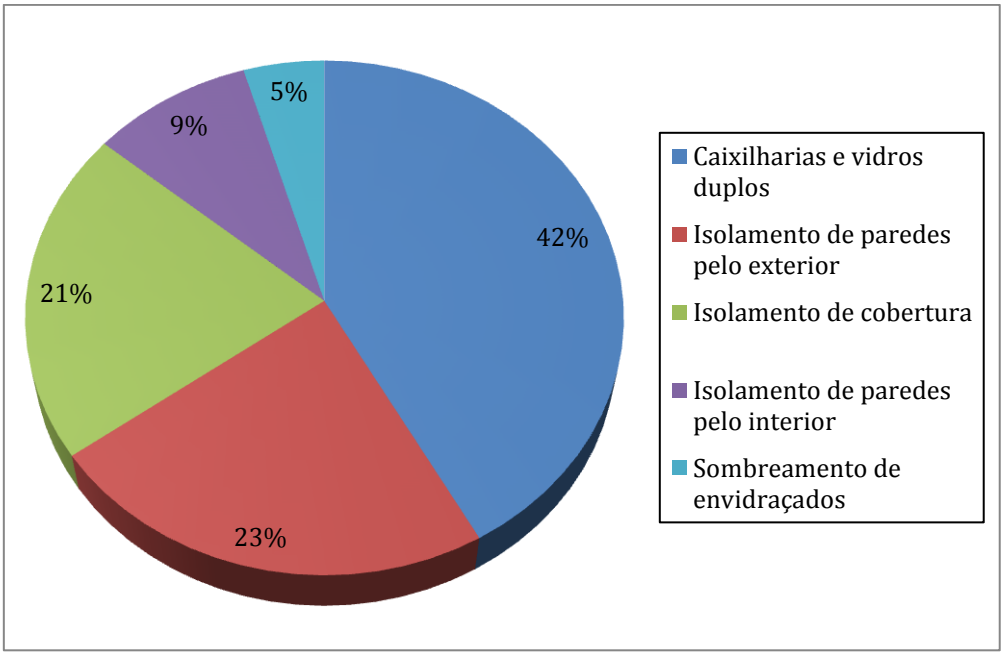
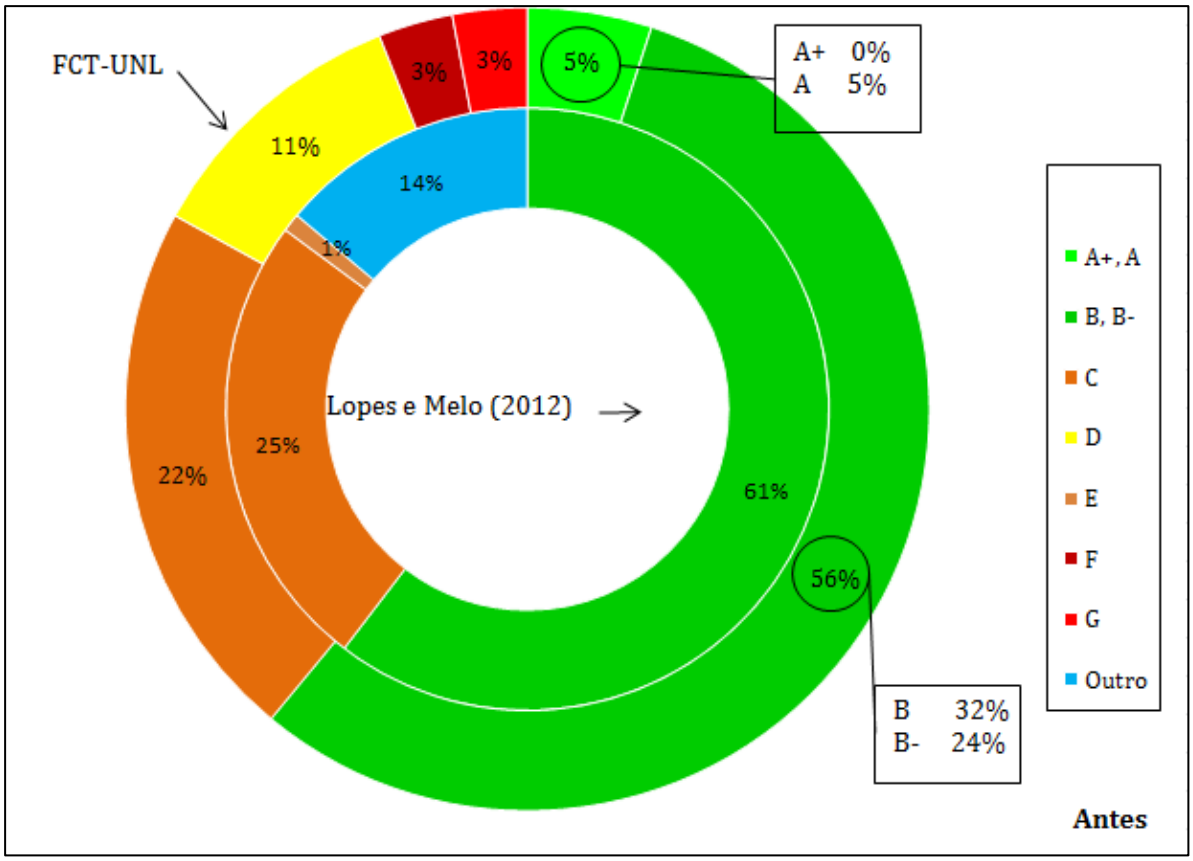


Figura 4.17 – Propostas de melhoria que levaram a mudança de classe energética, na série FCT-UNL.

Na figura 4.18 estão representadas as classes energéticas antes da aplicação de melhorias na série FCT-UNL e na AML na série Lopes e Melo (2012), assim como depois da aplicação das medidas de melhoria de classe propostas.



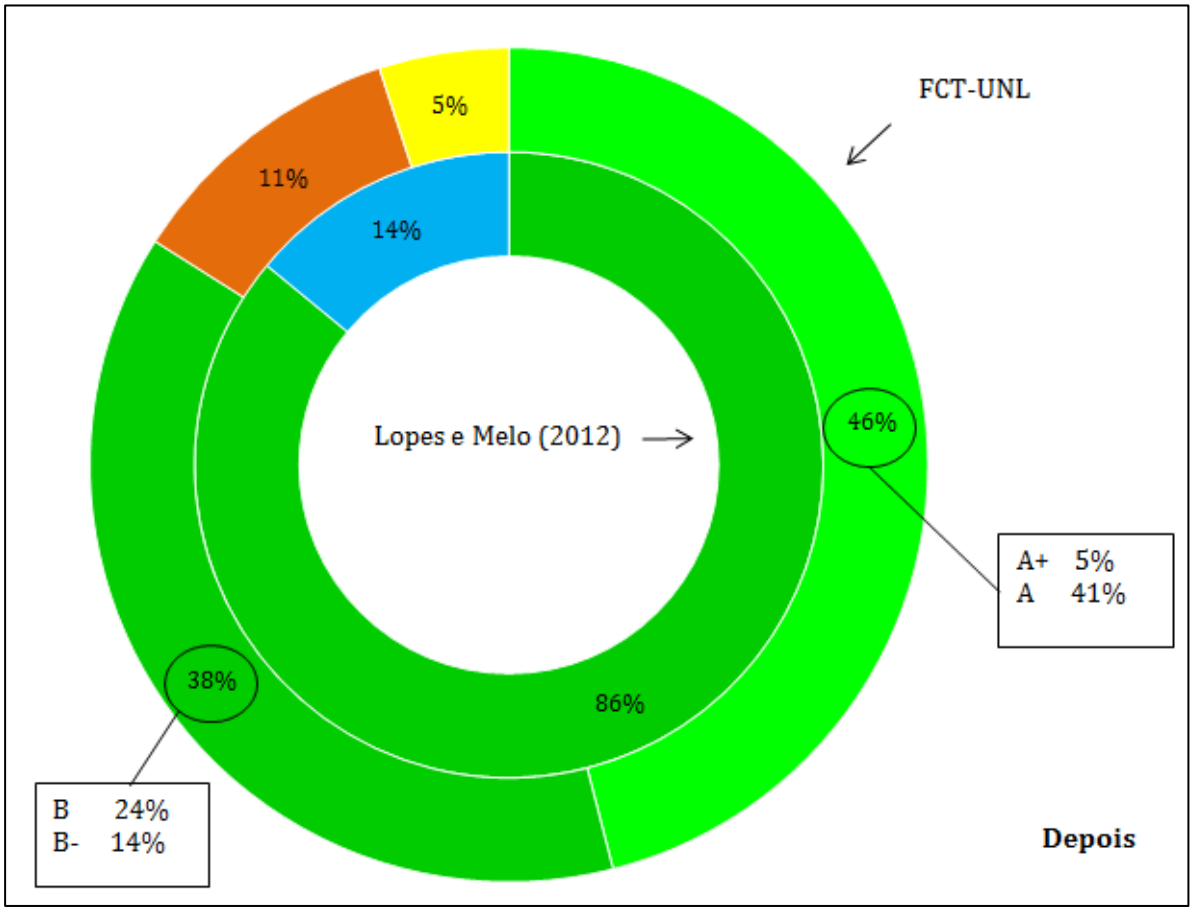


Figura 4.18 – Classes energéticas RCCTE antes (cima) e depois (baixo) das melhorias propostas, na série FCT-UNL e Lopes e Melo (2012).

As classes anteriores à aplicação das medidas observadas na série FCT-UNL e estudadas por Lopes e Melo inter-validam-se pela sua proximidade. Antes da aplicação das mudanças propostas, na série FCT-UNL já existiam habitações com classe "A", o que não se verifica na série utilizada por Lopes e Melo, provavelmente pela amostra ser composta por dezoito habitações representativas, em 2001. As classes "B,B-" e "C" são aproximadas nas duas classes. As restantes classificações energéticas na série FCT-UNL encaixam nas "outras" da série utilizada por Lopes e Melo. Em ambas as séries existe margem para melhorar a classe da maioria das habitações consideradas.

Na série utilizada por Lopes e Melo (2012) as classificações após as melhorias aplicadas ficam aquém das conseguidas na série FCT-UNL. Provavelmente grande parte das habitações "B,B-" da série de Lopes e Melo eram "B-" e passaram a "B" após aplicar as propostas. A classificação "A,A+" e "B,B-" da série FCT-UNL coincidem com a classificação "B,B-" da série de Lopes e Melo (2012). As habitações com classes inferiores coincidem com as "outras" da série usada por Lopes e Melo, cuja classe não está identificada.

Substituição de equipamentos

A substituição de equipamentos, sugerida por 93 % dos "auditores", é uma medida cujo custo-benefício foi estudado anteriormente por Madeira e Melo (2003) com resultados que apontam para elevados potenciais de poupança a nível nacional, com tempos de retorno baixos. Desde o início de 2012, segundo funcionários do retalho, a tendência da maioria dos fabricantes de equipamentos tem sido comercializar exclusivamente produtos com classes "A" ou superior. A excepção verifica-se nas lâmpadas que, apesar da imposição legal de um "*phase-out*" do mercado, ainda se conseguem encontrar com classes inferiores, provavelmente durante pouco tempo. No quadro 4.3 apresentam-se várias soluções para seis dos principais equipamentos consumidores de energia eléctrica na habitação.

Quadro 4.3 – Estudo da substituição de equipamentos eléctricos na habitação em Portugal.

Equipamento	Consumo global anual[1]	Classificação energética	Potencial de poupança			Investimento	Investimento extra	Custo da energia poupada	Investimento extra Nacional	Período de retorno[2]
	PJ/ano		%	Unitário (GJ/ano)	Nacional (PJ/ano)	€	€	€/GJ	M€	*BAU* (anos)
Frigorífico	11,4	A+++	80%	2,4	9,2	1091	431	22	1627	3,4
		A++	75%	2,3	8,6	931	271	15	1023	2,3
		A+	67%	2,0	7,6	660	0	0	0	0,0
Arca congeladora	5,2	A+++	83%	2,1	4,3	829	401	24	817	3,6
		A++	75%	1,9	4,0	501	73	5	149	0,7
		A+	54%	1,4	2,8	428	0	0	0	0,0
Máquina de lavar loiça	1,6	A+++	74%	0,8[3]	1,2	980	602	98	931	15,1
		A++	67%	0,7	1,1	576	198	36	306	5,5
		A/A+	33%	0,3	0,5	378	0	0	0	0,0
Máquina de lavar roupa	2,6	A+++	58%	0,4[4]	1,5	1252	826	245	2993	37,5
		A++	43%	0,3	1,1	826	400	162	1449	24,7
		A/A+	21%	0,15	0,5	426	0	0	0	0,0
Iluminação[5]	5,2	A - LED	94%	1,3[6]	4,9	600	480	46	1811	7,1
		A	40%	0,49	1,8	240	120	31	453	4,7
		C	30%	-0,56	-2,1	120	0	0	0	0,0
Televisão	5,5	A - LED (32')	67%	0,49	3,7	429	69	17	521	2,7
		B - LCD (32')	21%	0,15	1,1	360	0	0	0	0

[1] Baseado no consumo final de energia por equipamento (ADENE,2010) e distribuição de equipamentos pela habitação (Pordata, 2012).
[2] Assumindo cenário *business as usual* com energia a 0,188 €/kWh (52€/GJ)(CE, 2012).
[3] Assumindo dois ciclos de lavagem por semana.
[4] Assumindo dois ciclos de lavagem por semana.
[5] Assumindo substituição do total de lâmpadas da habitação (em média 30 lâmpadas) (EDP/Quercus, 2011).
[6] Assumindo 1h de funcionamento diário de cada lâmpada.

Os equipamentos considerados estão entre os responsáveis pela maioria do consumo segundo Madeira e Melo (2003), EDP/Quercus (2011) e os dados da série FCT-UNL. Num cenário de fim de vida dos equipamentos actualmente utilizados apresentam-se três alternativas, da menos eficiente à mais eficiente encontrada no mercado. Como os fabricantes cada vez mais fazem o esforço de produzir equipamentos eficientes (frigoríficos, arcas, máquinas da roupa e da loiça), qualquer substituição efectuada será por um equipamento com um desempenho "A" ou superior.

Da tabela conclui-se que no caso dos equipamentos de frio compensa investir na melhor tecnologia disponível já que a diferença entre esse investimento e outro numa categoria inferior tem um tempo de retorno do investimento inferior ao tempo de vida estimado para o equipamento. Nas máquinas de lavar, por enquanto, do ponto de vista estritamente económico ainda compensa mais investir nos modelos com desempenhos abaixo de "A+++", o que actualmente corresponde a classes "A/ A+" no caso das máquinas de lavar roupa (poupanças entre 21 e 33 %) e "A++" na da loiça (poupança de 67 %). No caso das lâmpadas ainda existem lâmpadas incandescentes à venda mas consomem mais do dobro das lâmpadas economizadores para emitir a mesma quantidade de *lúmen*, sendo portanto muito menos eficientes. A tecnologia *light-emitting diode* (LED) consome 10 vezes menos que as lâmpadas economizadoras comuns mas ainda é dispendiosa, tendo tempos de retorno elevados. O facto de a etiqueta ser semelhante entre lâmpadas economizadoras e LED indica que um sistema que divida a categoria "A" por "A+", "A++" e "A+++", como se faz em outros equipamentos, também se deveria aplicar a lâmpadas. No caso das televisões, convém investir na tecnologia LED, conseguindo-se um poupança significativa (67 %) e custo-eficaz.

Os valores obtidos por Madeira e Melo (2003) mostram que nos últimos anos a tecnologia na produção de equipamentos eficientes tem avançado já que hoje em dia os potenciais de melhoria nos equipamentos passaram de 50-60 % para 65-80 % para os equipamentos mais eficientes disponíveis. Os períodos de retorno sobre o investimento continuam a fazer com que seja um bom investimento a médio prazo substituir equipamentos pouco eficientes.

A presença crescente de equipamentos com etiquetas "A" até "A+++" mostra que a etiquetagem, ao influenciar a escolha do cliente fez também com que a cadeia de valor (fabricantes, distribuidores e vendedores) começasse a adaptar a sua oferta no que diz respeito à eficiência dos equipamentos que vende.

Substituindo os equipamentos em utilização pelos equivalentes apresentados no quadro 4.3, com melhor eficiência e preço custo-eficaz (frigorífico "A+++", arca "A+++", máquina de lavar loiça "A++", máquina de lavar roupa "A/A+", iluminação "A" e televisão "A"), consegue-se poupar 21 PJ/ano com um investimento extra de 3 724 milhões de euros, e um período de retorno médio de 3,3 anos. Madeira e Melo (2003), para um pacote equivalente de medidas, concluíram que com 972 milhões de euros de investimento extra conseguiriam uma poupança custo-eficaz de 10,7 PJ/ano. Esta diferença mostra que o potencial de poupança não só existe como em alguns equipamentos aumentou devido a avanços tecnológicos mas, por outro lado, é necessário investir mais por GJ poupado. Esta substituição, por si só, diminuiria o consumo total do sector 14 % o que representa uma diminuição de emissões de 1,6 milhões de toneladas de CO_2e/ ano (assumindo 0,340 kg CO_2e por kWh de energia eléctrica consumida considerados no estudo EcoFamílias II).

Um equipamento que existe em várias habitações portuguesas mas cuja poupança depende da correcta utilização – dependente do comportamento dos utilizadores- são as tomadas com corte de corrente (EDP/Quercus, 2011). Estes equipamentos evitam os consumos em *standby* dos vários equipamentos eléctricos. O potencial de poupança de energia eléctrica com a utilização efectiva destes equipamentos ronda os 5 % mas a monitorização da utilização dos mesmos é difícil de fazer já que depende do utilizador.

Equipamentos solares térmicos

A instalação de equipamentos solares para aquecimento de água quentes sanitárias e climatização apresenta-se como uma solução em relação ao consumo de outros combustíveis/fontes de energia. Os requisitos técnicos de instalação e funcionamento desta tecnologia aliados aos factores que podem impedir a sua instalação em edifícios (falta de acordos entre vizinhos entre outros) apresentados em várias das "auditorias" FCT-UNL tornam o exercício de calcular o potencial de poupança com esta tecnologia difícil. Assumindo os valores apresentados no relatório EcoFamílias II esta tecnologia é aplicável de forma custo-eficiente a 45 % das famílias (aproximadamente 1,7 milhões de habitações).

No intuito de verificar a aplicabilidade e custo-eficácia deste género de equipamento foi utilizado um *software* de modelação, o *Solterm* (Aguiar & Carvalho, 2012). No quadro 4.8 podem observar-se os desempenhos de dois kits de solar térmico com termossifão (Junkers TS150/JFK), aplicados a um T3 com quatro habitantes, em várias regiões do País e substituindo diferentes fontes de energia.

Quadro 4.4 – Simulações de utilização de equipamentos solar térmico em várias condições operacionais.

Local	Fonte de energia substituída	Posição do painel		Energia final produzida		Energia substituída	Rendimento global do sistema	Capital Investido	Retorno do investimento		Conservação de energia primária	Emissões GEE evitadas
		Azimute	Inclinação	(GJ/ano)	(GJ/m²/ano)	(%)	(%)	(€)	(€)	(anos)	(GJ/ano)	(tCO_2e/ano)
Lisboa	Gás natural	S	44°	9,0	2,0	82	37	3220	-2683	> 20	11,98	0,67
	Electricidade								1595	11	15,06	0,92
	Gasóleo aquecimento								701	20	11,98	0,89
	Butano engarrafado								7893	9	11,98	0,76
Faro	Gás natural	S	49°	9,4	2,1	86	37		-2520	>20	12,55	0,7
	Electricidade								1959	11	15,77	0,97
	Gasóleo aquecimento								1024	19	12,55	0,93
	Butano engarrafado								8553	9	12,55	0,79
Bragança	Gás natural	S	50°	8,0	1,8	73	36		-3052	>20	10,72	0,6
	Electricidade								773	13	13,47	0,83
	Gasóleo aquecimento								-26	>20	10,72	0,79
	Butano engarrafado								6405	10	10,72	0,68

Como se pode observar no quadro xx a eficácia do sistema solar térmico depende da localização em que este é utilizado. Com o mesmo sistema, produz-se mais energia em Faro do que em Lisboa e Bragança. A quantidade de energia substituída apresentou valores acima dos considerados no RCCTE (70 %), em todos os ensaios realizados. A análise dos vários ensaios mostra que a relação custo-eficiência da instalação de solar térmico, nas condições testadas, depende do tipo de energia que se substitui. Apesar de não ser custo-eficiente instalar um sistema solar térmico para substituir a produção de água quente com gás natural e, no caso de Bragança, também gasóleo de aquecimento, em todos os ensaios existe um benefício na vertente ambiental, com redução significativa de emissões para a atmosfera.

4.6 Desagregação da poupança Nacional de energia no sector residencial

Com base na informação recolhida nas "auditorias" FCT-UNL e os dados anteriores é possível sistematizar as poupanças de energia na habitação em Portugal. A poupança total identificada na série FCT-UNL é de 13 GJ/ano/casa, descendo para 7 GJ/ano/casa de poupança custo-eficiente. No caso do projecto EcoFamílias II o potencial total é superior, 16 GJ/ano/casa. As poupanças custo-eficientes estão associadas a mudança de equipamentos, com períodos de retorno baixo e, ainda, a alterações comportamentais. As restantes melhorias que, apesar de não serem custo eficiente, geram poupança extra. Estas medidas estão associadas a mudanças construtivas e instalação de sistemas solares térmicos. Na figura 4.19 estão representados os potenciais de poupança desagregados por tipo de medidas e custo-eficiência das mesmas.

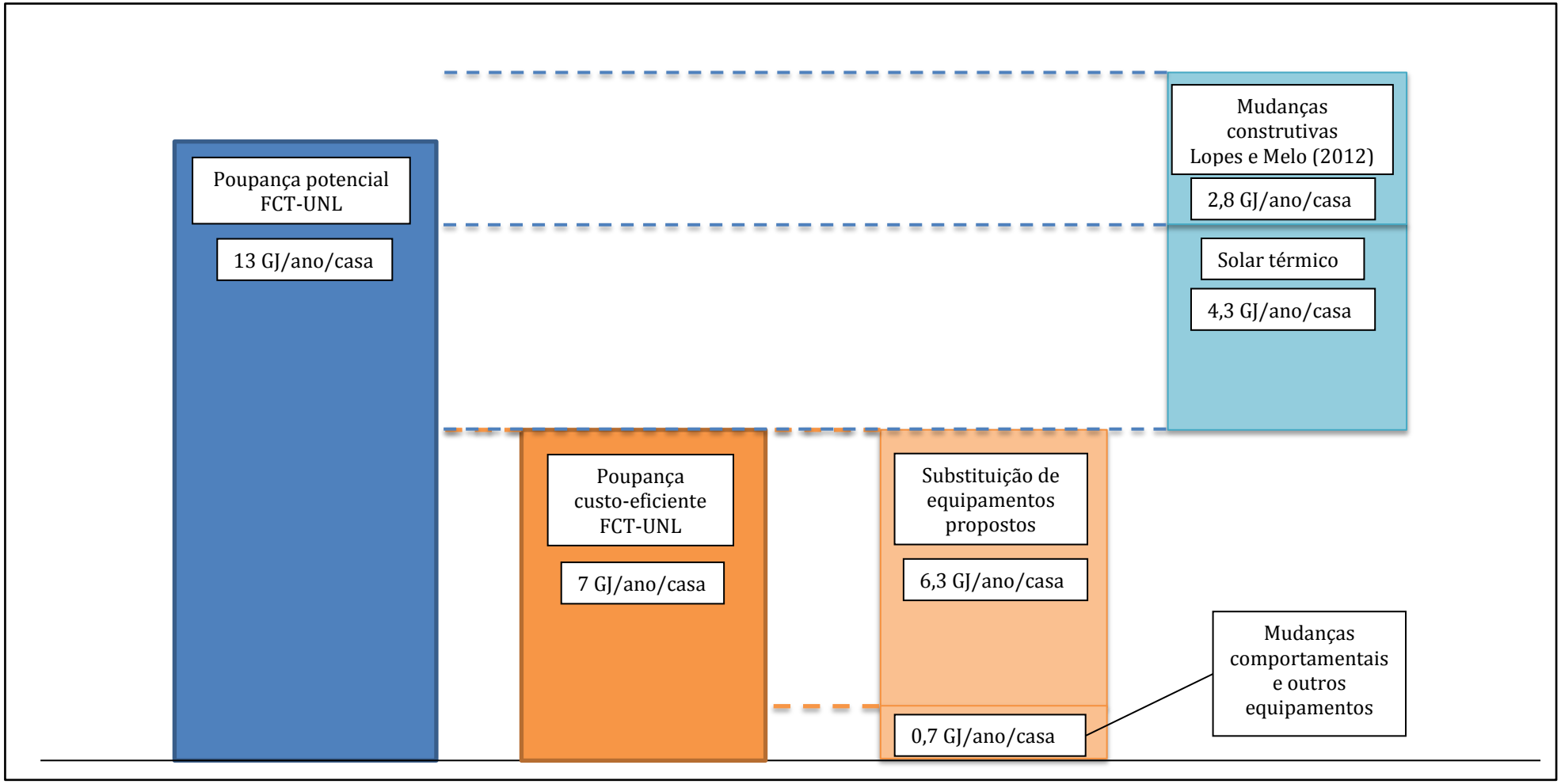


Figura 4.19 – Esquema representativo da desagregação dos potenciais de poupança identificados.

A energia poupada na habitação, com a substituição dos equipamentos sugerida anteriormente representa poupanças de 23 % do total consumido anualmente (28 GJ/ano/habitação), com tempos de retorno baixos. Empiricamente, e apesar de serem potenciais de melhoria difíceis de quantificar/verificar, assume-se que se conseguem poupar 0,35 GJ/ano/habitação com mudanças comportamentais (1,3 % do total consumido) e que ainda resta um potencial idêntico que pode ser conseguido substituindo outros equipamentos, não equacionados no presente estudo.

A energia poupada que não cumpre os requisitos de custo-eficiência, apresentando tempos de retorno elevador divide-se em mudanças construtivas e instalação de equipamentos solares térmicos. Assumindo uma substituição de 80 % (a média das simulações efectuadas no presente estudo) da energia usada para aquecimento de águas quentes sanitárias (19 % do total), atinge-se uma poupança de 15 % do total de energia consumida. No caso das mudanças construtivas, assumindo as necessidades com climatização das "auditorias" FCT-UNL (14 % do total consumido) e uma diminuição das necessidades de 71 % estimada por Lopes e Melo (2012), estima-se a uma poupança de 10 % do total consumido. A restante poupança é conseguida com recurso a um sistema de águas quentes solares. A soma das parcelas origina uma poupança potencial ligeiramente superior (14 GJ/ano/habitação) à estimada nas "auditorias" FCT-UNL (13 GJ/ano/habitação).

Assumindo o erro de uma extrapolação aproximada para as poupanças possíveis a nível nacional (reconhecendo as limitações de representatividade da amostra FCT-UNL), a poupança de 14 GJ/ano/habitação representa uma poupança nacional de 55 PJ/ano, 50 % da energia utilizada no sector residencial. Estas poupanças permitem evitar a emissão de 1064 kg de CO_2e/habitação/ano o que representa uma diminuição das emissões globais do sector em 4190 toneladas de CO_2e.

No caso de se pretender maximizar a poupança, tornando os pacotes de medidas custo-eficientes para as famílias, é necessário apoiar o investimento em solar térmico e melhorias construtivas. Além do cenário *business as usual* (BAU) em que se assume um preço da energia constante durante o período de vida útil do projecto, também se considera um cenário em que os preços da energia aumentam 2 % por ano (coerente com o aumento dos preços de gás natural e electricidade registado pelo Eurostat (2012b) e Eurostat (2012a), entre 2001 e 2011), este designando-se como "cenário 1". O cenário mais favorável a investimentos em eficiência energética por parte das famílias é o "cenário 2", no qual se assume uma subida do preço da energia de 2% por ano e um apoio ao investimento inicial de 30 %, na instalação de equipamentos solares térmicos e mudanças construtivas. No quadro 4.5 podem observar-se os vários cenários de aplicação das medidas analisadas.

Quadro 4.5 – Energia poupada por tipo de medida e cenários de investimento.

	Investimento		Energia poupada		Tempo de vida útil	Tempo de retorno		
	Habitação	Nacional	Habitação	Nacional		*BAU*	Cenário 1	Cenário 2
	(€/habitação)	(M€)	(GJ/ano/habitação)	(PJ/ano)	(anos)	(anos)	(anos)	(anos)
Mudanças de comportamento e outros equipamentos	na	na	0,7	3	na	na	na	na
Substituição de equipamentos	1623	6382	6,3	25	8	3,3	3,1	na
Sistema solar térmico	3220	12661	4,3	17	20	13	10,5	7,4
Mudanças construtivas	13400	52689	2,8	11	30	27	19	13,3
Total	**18243**	**71732**	**14,1**	**55**	**na**	**na**	**na**	**na**

No quadro 4.5, além de se quantificarem os investimentos em eficiência energética por casa assume-se que o pacote sugerido pode ser aplicado a todas as casas do território. Assim sendo, num cenário *business as usual* (BAU), em que se considera o preço da energia constante durante o período de vida útil das medidas, a substituição de equipamentos sugerida já é, em média, custo-eficiente. No mesmo cenário, o investimento em sistemas solares térmicos (na média das condições modeladas no Solterm), e as mudanças construtivas, ainda não são atractivos economicamente. No cenário 1, com o preço da energia a aumentar 2% por ano, em toda a vida útil das medidas, os três conjuntos de medidas tornam-se mais rentáveis mas, ainda assim, não é o suficiente no caso das mudanças construtivas e, nas famílias que procuram poupanças a médio prazo, no caso do sistema solar térmico. No cenário 2, comparticipando 30 % (cerca de 20 000 M€) do investimento em sistemas solares térmicos e mudanças construtivas, os tempos de retorno aproximam-se de um terço da vida útil das medidas, tornando-os mais atractivos economicamente. Conclui-se que quanto mais cara se torna a energia mais rentáveis se tornam os investimentos em eficiência energética mas que, investir em mudanças construtivas dificilmente é rentável para as famílias sem um apoio ao investimento. Se se conseguir poupar o máximo estudado, isso representa uma diminuição de 45 % da energia utilizada na habitação em Portugal. Apesar dos cenários propostos destaca-se a diferença de investimento por GJ poupado nos vários pacotes de medidas, como se pode observar na figura 4.20.

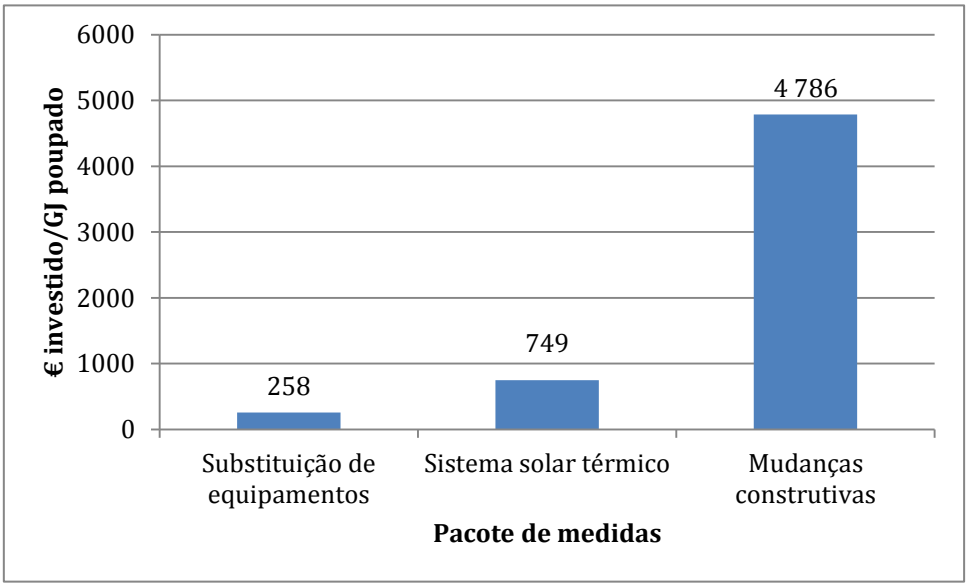


Figura 4.20 – Investimento por energia poupada em diferentes pacotes de medidas.

O investimento em mudanças construtivas, como se concluiu, torna-se mais atractivo para as famílias se for comparticipado mas esta comparticipação, se for planeada a nível nacional e financiada através de impostos, vai de qualquer forma ser um investimento indirecto do País. Este investimento teve como base o custo estimado por habitação por Lopes e Melo (2011) o que, provavelmente, apresenta um custo de investimento superior ao real já que tem como base auditorias com cerca de dez anos, não incluindo as habitações mais recentes, cuja qualidade construtiva é superior. Destaca-se ainda que o investimento em melhorias construtivas tem a vantagem de resolver o problema da eficiência a montante da substituição de equipamentos e da alteração comportamental, constituindo uma solução que permite melhores eficientes e, genericamente, gerando incrementos de conforto.

Quando se observa o investimento necessário para poupar cada GJ, nos pacotes de medidas propostos, verifica-se que a substituição de equipamentos e a instalação de sistemas solares térmicos são muito mais custo-eficientes do que as mudanças construtivas. Para tornar os pacotes de medidas realmente custo-eficientes, o capital de apoio ao investimento pode ser

conseguido de várias formas. Na secção 5, estratégias para tornar a habitação em Portugal mais eficiente são sugeridas e discutidas.

5. Políticas de eficiência e propostas

5.1 – Estratégia para uma habitação mais eficiente

A presente dissertação, no capítulo 4, procurou-se responder à questão colocada ao quantificar o potencial de poupança de energia na habitação em Portugal. As variáveis que influenciam os consumos e a poupança foram exploradas e as medidas para atingir o potencial de poupança estimado foram discutidas e agrupadas em classes. Na presente secção são apresentadas várias propostas e ideias para políticas de eficiência que, explorando os resultados obtidos e a revisão da literatura efectuada, permitam definir estratégias para o problema do consumo ineficiente de energia na habitação em Portugal ser superado.

As propostas indicadas, a ser consideradas, têm de ter em conta a não linearidade de políticas que podem gerar efeitos secundários contraproducentes ou até contrários aos objectivos propostos. Como forma de minimizar este risco todo o processo de aprovação de uma proposta de política deve passar por uma fase de optimização séria através de participação pública em que todos os interessados devem ser tidos em atenção.

Na figura 5.1 pode observar-se uma análise SWOT que visa identificar pontos que devem ser considerados aquando da definição de ideias para melhorar a eficiência na habitação.

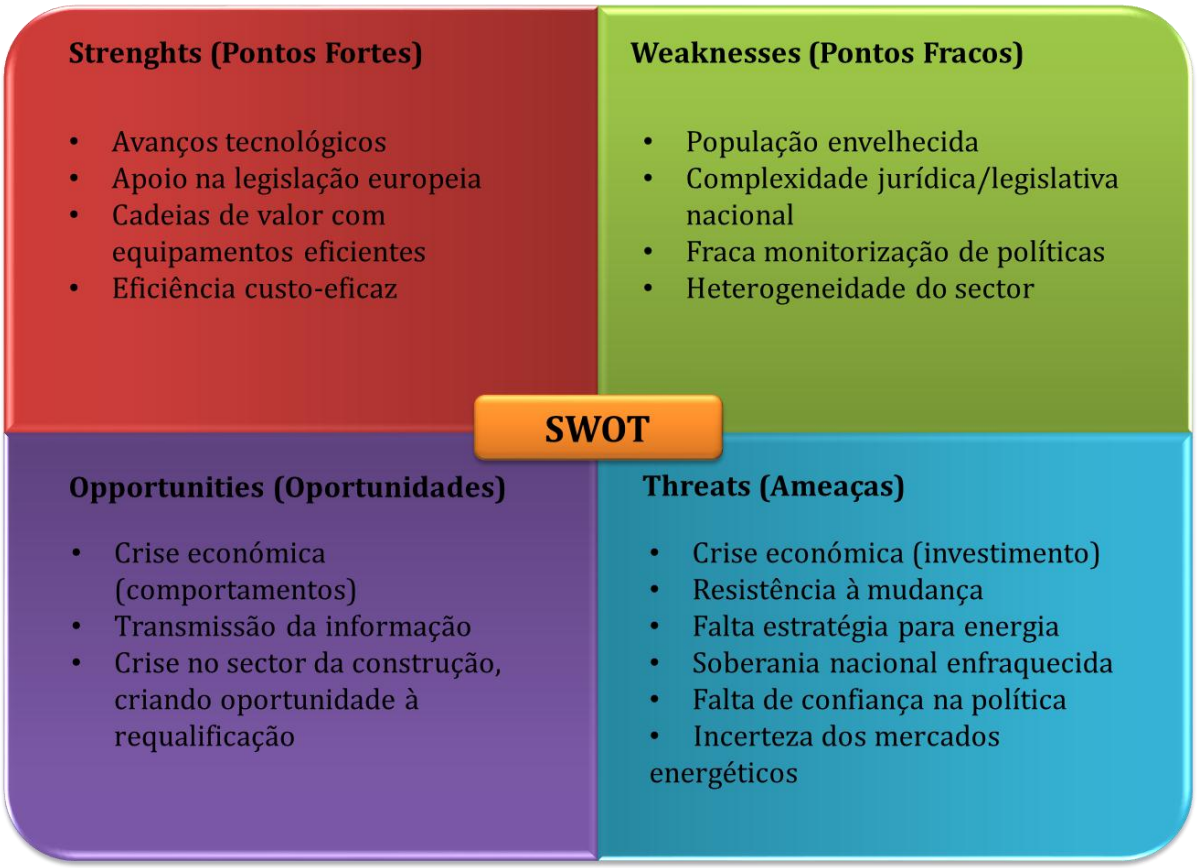


Figura 5.1 - Análise SWOT referente à eficiência energética na habitação

Os pontos fortes na delimitação de políticas passam pelos avanços tecnológicos nos equipamentos e nos elementos construtivos que têm vindo a tornar possível obter a mesma qualidade de vida com menos energia consumida, ou seja, de forma mais eficiente. A legislação europeia também preconiza a eficiência energética, constituindo uma base de apoio forte para políticas nacionais que pretendam atingir ou suplantar os objectivos comunitários. Ao mesmo tempo as cadeias de valor procuram colocar no mercado produtos cada vez mais eficientes como

se pode observar pelo estudo da substituição de equipamentos. Segundo funcionários do retalho os consumidores têm cada vez mais em conta que o investimento em melhores equipamentos tende a ser custo-eficaz.

No quadrante das oportunidades podemos considerar que a crise económica e consequente redução do poder de compra faz com que a energia seja utilizada de forma mais consciente (Banco de Portugal, 2012). A crescente facilidade em transmitir informação, introduzida com a denominada Internet 2.0 (redes sociais) permite difundir informação de forma economicamente acessível, rápida e fácil. A quebra no sector da construção constitui também uma oportunidade para planear e alocar recursos para reabilitar o parque habitacional existente ao invés de o continuar a expandir (Gil, 2012).

No quadrante dos pontos fracos destaca-se a população cada vez mais envelhecida do País (Rosa, 2012). Apesar de ser reflexo de avanços sociais importantes faz com que uma percentagem maior da população seja resistente à mudança e não encare com bons olhos investimentos com período de retorno a vários anos. O elevado número de habitações construídas (1,5 por família) é também um ponto fraco por aumentar o investimento necessário para medidas que pretendam incidir sobre todo o sector (INE/DGEG, 2012). A complexidade das normas e leis em vigor no País e a falta celeridade do sistema judicial, em Portugal, torna também mais difícil aos cidadãos aceitar novidades nesta área por não sentirem os seus investimentos salvaguardados (Rego, Sarrico, & Moreira, 2006). O acompanhamento insuficiente do cumprimento da legislação em vigor também não incentiva ao cumprimento de novas exigências e adopção de medidas propostas. A diversidade do sector residencial em Portugal e todas as variáveis que afectam o consumo e a poupança são um ponto fraco que pode ser encarado como desafio na construção de um conjunto de linhas de orientação.

As ameaças à implementação de novas ideias que potenciem a poupança de energia passam pela dificuldade de acesso ao crédito, pela natural resistência à mudança, pela falta de estratégia a médio prazo para a energia no sector. O Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) não incide só sobre o sector residencial, está actualmente em revisão e não garante os objectivos para 2020 (DGEG, 2012). A volatilidade dos mercados energéticos e o preço da energia faz com que a ameaça de uma crise energética incentiva a adopção de medidas que permitam poupar energia sirva para reduzir o risco associado à dependência energética (Ruiz, Guillamón, & Gabaldón, 2012). A crise económica e consequente pedido de ajuda externa condicionam a soberania do governo na tomada de decisão o que pode afectar potenciais políticas de desenvolvimento da eficiência no sector. Em último lugar mas não menos importante a confiança da população nos seus representantes políticos é cada vez menor e isso faz com que a aceitação de medidas impostas saia afectada (Rego, et al., 2006).

As propostas realizadas procuram ter em conta os critérios de avaliação de políticas referidos na secção 2.6. O principio do ajustamento de escala é tido como fundamental e portanto as várias medidas estão divididas pela escala a que, segundo o autor, melhor se aplicam. Todas as propostas são apresentadas a título de exemplo, reunindo possíveis sugestões para problemas identificados ao longo do trabalho, de forma simplificada, não podendo ser assumidas como definitivas e/ou inalteráveis. A aplicação de algumas das propostas é particularmente sensível e só seria viável com estudos mais detalhados de instrumentos e políticas de mercado assim como da legislação em vigor.

5.2 - Estratégia Europeia

Actualmente a legislação comunitária é o principal alicerce das melhorias atingidas em eficiência energética na Europa. Legislação como a etiquetagem nos equipamentos e certificação de edifícios constituem o caminho a seguir para cumprir os objectivos propostos e já explanados nas secções anteriores.

Proposta 1 – Etiquetagem Energética

À escala Europeia propõe-se o alargamento da etiquetagem energética a todos os equipamentos domésticos do mercado e a adição das classes A++ e A+++ a todos aqueles que assim o justifiques (como as lâmpadas). Tonn e White (1996) afirmam que as motivações éticas cada vez mais afectam o consumo e McMakin *et al* (2002) destaca a importância do acesso à informação na adopção de medidas mais eficientes. Quanto maior for o acesso do consumidor final ao consumo de energia mais perceptível será o impacto dos equipamentos no ambiente e na sua factura energética, facilitando assim, o processo de substituição de equipamentos pouco eficientes por homólogos mais eficientes.

A classificação – com etiquetagem - dos equipamentos segundo a tecnologia também deve ser complementada por etiquetagem por função em analogia com o que se faz hoje em dia nas lâmpadas em que se comparam tecnologias diferentes (LED, halogénio, incandescente) numa etiqueta "iluminação". Na figura 5.2 está representado um exemplo desta proposta.

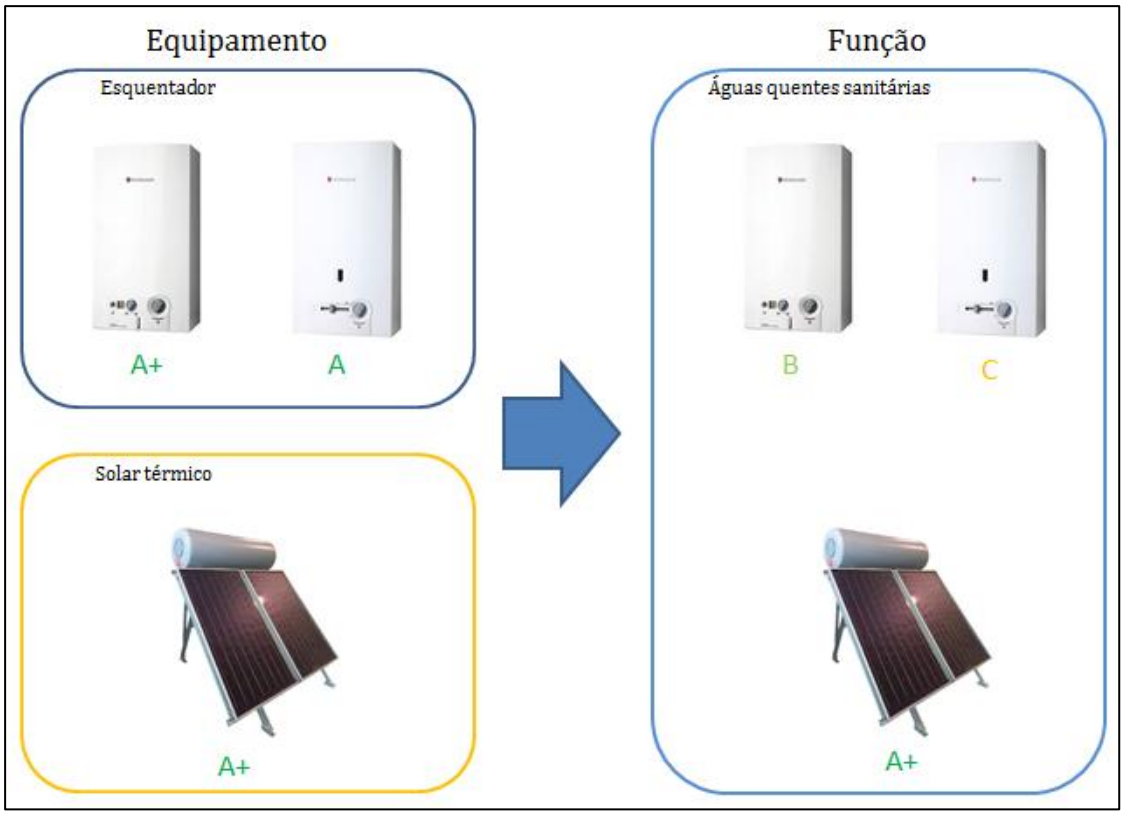


Figura 5.2 – Sugestão de etiquetagem por função ao invés de equipamento.

No exemplo da figura 5.2 apresentam-se três equipamentos que servem para aquecer água para utilização sanitária doméstica. Se os equipamentos fossem classificados por tecnologia - à esquerda na imagem – o esquentador mais eficiente ia ter uma classe inflacionada porque só era

comparado com os demais esquentadores. Quando se agrupam todos os equipamentos de aquecimento de água (direita), os esquentadores ficam automaticamente com uma classe pior já que "concorrem" com o aquecimento de água solar, mais eficiente. Esta proposta permite ao consumidor escolher a tecnologia que lhe oferece a melhor eficiência para a função que procura.

Proposta 2 – Atribuição de Cotas à Construção Nova

Outra proposta para a União Europeia passa por gerir o território europeu como qualquer outro recurso escasso, utilizando um instrumento de comando e controlo que atribua cotas de construção de nova habitação nos Países na União.

A presente dissertação centra-se no consumo de energia mas a construção de nova habitação deve ser abordada de forma integrada. O número de habitações num determinado País tem influência directa na quantidade de energia consumida (directa e indirectamente), área afectada e necessidade de investimento na construção e manutenção de infra-estruturas de apoio. O caso português é um exemplo de um País em que existe um excesso de habitação construída, em que as habitações habituais são cerca de 68 % do parque habitacional (INE, 2011b). Outro problema reside no facto de existir um elevado número de fogos a necessitar de reabilitação e esse assunto deve ser prioritário (INE, 2007) (Rybkowska & Schneider, 2011).

A atribuição de cotas deve ter em conta a quantidade de pessoas a residir no País e o número total de habitações desse mesmo País. Além disso deve variar conforme o investimento realizado em reabilitação. Ou seja, um País só pode aumentar o seu parque habitacional se realmente necessitar de mais habitações e se tiver investido na reabilitação do parque existente. Quanto mais pessoas por habitação houver e mais fogos forem reabilitados maior a cota de construção para o ano subsequente.

No caso da construção de habitações unifamiliares em terrenos sem condicionalismos à construção é difícil impor a proibição de construir com base numa cota nacional mas, nesses casos, as externalidades geradas devem ser pagas pelo promotor do projecto. O custo de licenciamento e o imposto municipal sobre imóveis (IMI) deverá ser mais elevado para este regime de excepção. Analogamente qualquer pessoa pode ter um veículo privado de elevada cilindrada se comportar os custos associados ao imposto automóvel, muito superior ao de um veículo com emissões reduzidas.

Com esta medida pretende-se alocar os meios e recursos humanos do sector da construção que foram directamente afectados com a crise económica ao mesmo tempo que se incentiva o investimento em reabilitação. Esta medida estabelece ainda barreiras aos planos regionais, tentando mantê-los entre limites de construção aceitáveis e que promovam o desenvolvimento do País. Num parque habitacional reabilitado e mais concentrado maximiza-se a eficiência no uso da energia, havendo também melhorias nas outras vertentes referidas. Esta proposta facilita atingir os objectivos estabelecidos pela Directiva 2010/31/EU.

5.3 - Estratégia Nacional

Em 1999, Luísa Schmidt no seu livro "Portugal Ambiental – Casos & Causas" destacava a falta de estratégia nacional para o ambiente e a falta de consequências efectivas da legislação existente. Desde então a estratégia existente é maioritariamente gerada à escala Europeia e adaptada ao País, havendo ainda uma grande margem para evoluir na área da estratégia para o ambiente nacional. É importante definir, à escala nacional, onde estamos e onde queremos chegar com o objectivo de criar uma estratégia efectiva, a médio prazo, com indicadores mensuráveis de desempenho e consequências para o incumprimento das linhas traçadas. No âmbito da presente dissertação apresentam-se algumas propostas à escala nacional que visam resolver as limitações no uso da energia na habitação identificadas ao longo do trabalho.

Proposta 3 – Estratégia para o Sector Residencial em Portugal

Esta proposta passa por criar uma estratégia nacional para o sector residencial. O mais próximo que existe é o Programa para a eficiência energética em edifícios (P3E), o que não é suficientemente específico para responder à diversidade do sector residencial. A estratégia proposta constitui uma abordagem ao sector de forma integrada já que, tal como se procurou demonstrar na presente dissertação, o número de variáveis e relações entre elas deve ser tido em atenção de forma conjunta. Por exemplo, o tamanho das habitações, tipologia, localização, cultura doa habitantes, características do agregado, entre outros factores têm influência no consumo (e no potencial de poupança) e a desagregação da influência de cada um deles pode não ser suficiente para explicar determinada tendência de consumo.

O primeiro passo é definir o âmbito, que seria o sector residencial em Portugal. Em segundo lugar teria de se compreender como está o sector neste momento recorrendo a vários estudos existentes como o EcoFamílias, os Censos, os inquéritos ao consumo, trabalhos académicos e participações públicas sobre o tema (EDP/Quercus, 2011), (INE/DGEG, 2011). Após a definição do ponto de partida os vectores de acção prioritários devem ser identificados e as metas a atingir quantificadas. Um plano de monitorização de todo o plano deve ser também planeado e implementado. No final do processo todo o plano deve ser avaliado e ajustado até se atingirem novas metas, e assim sucessivamente. A presente proposta e consequente descrição do processo de criação de uma estratégia nacional para o sector é um passo elementar para começar a melhorar a eficiência num sector em que, segundo os resultados da presente dissertação, é possível poupar 26 PJ/ano apenas com intervenções nas habitações que são residência habitual em Portugal Continental.

Proposta 4 – *Smart Grids* e Plataforma Online

Os avanços tecnológicos e as imposições europeias na área das *smart grids* e dos contadores inteligentes (secção 2.3) cria oportunidades de tornar a gestão da energia consumida na habitação uma tarefa mais interessante e completa. Um utilizador que instale um contador inteligente vai conseguir ter uma percepção clara de quanto consumiu, em tempo real, em cada parte da sua habitação.

Num cenário a médio prazo em que várias habitações comecem a ter contadores inteligentes a proposta passa por criar uma plataforma *online* - rede social - para que os consumos de energia sejam comparados entre consumidores e se crie um histórico detalhado de consumo em cada habitação.

Indicadores como consumo por habitação por ano, consumo por pessoa por ano e consumo por sector por ano, ao serem comparados entre habitações semelhantes incentivam a uma melhoria contínua. Por exemplo, um utilizador X que mora num prédio de 1970 na região de Lisboa pode achar os consumos na sua cozinha estão anormalmente altos, para confirmar que algo de anormal se passa pode investigar o histórico da sua própria casa ou pesquisar médias de consumo de cozinhas em Lisboa, em habitações semelhantes à sua.

Este instrumento pode começar como sendo de actuação voluntária e com o tempo, se resultar, pode passar a instrumento económico com a criação de mercados de consumo entre utilizadores com troca de créditos de consumo.

Proposta 5 - Taxar Vendedores/Distribuidores de Energia e Criar Fundo de Eficiência Energética

Portugal atravessa um período de recessão económica com impactes sociais consideráveis. Um aumento generalizado no preço da energia durante uma recessão económica pode uma diminuição do consumo associada à diminuição do conforto ao invés de ser totalmente imputável a melhorias de eficiência. A aplicação de taxas sobre o consumo pode não ser a melhor

solução, actualmente, porque utilizadores sem dinheiro para investir em medidas construtivas e troca de equipamentos não vão ter capacidade de melhorar a eficiência de forma sustentável.

Uma taxa extra sobre a energia só faz sentido sobre o consumidor final em segundas residências ou habitações com escalões de consumo consideravelmente acima da média regional (para integrar a influência do clima na tarifa). Quando o mercado da energia se tornar totalmente liberalizado a influência do estado sobre as tarifas será reduzida a mínimos e isso tem de ser compensado com um aumento da monitorização do mercado, com a finalidade de garantir um serviço de qualidade. Assume-se ainda que num serviço de qualidade, o utilizador final, em mercado aberto, tem direito a informação transparente sobre o que paga e deve ter acesso a informação sobre como maximizar o seu conforto minimizando o consumo de energia.

A presente proposta passa por taxar os vendedores/distribuidores de energia para residências em percentagem do consumo das mesmas, a partir de determinada quantidade de energia vendida. Ou seja, se se estabelecer o objectivo de poupar 25 % na habitação em relação a um determinado ano de referência, cada GJ vendido até 75 % da energia consumida no ano de referência está isenta da taxa, sendo cada GJ vendido entre os 75 % e os 100 % sobretaxados, escalonadamente. Prevê-se que esta medida sirva vários propósitos, em primeiro lugar obriga os vendedores de energia a encontrar um ponto de maximização do lucro que deixa de corresponder a vender o máximo de energia possível e a maneira mais fácil de o fazer é contribuírem activamente para a eficiência dos seus clientes. Em segundo lugar esta medida cria um fundo para investimento em eficiência energética no sector que pode depois ser investido na redução dos consumos das famílias portuguesas.

A medida proposta está dependente de premissas, a primeira é que os vendedores de energia não poderão transferir o custo da medida totalmente para as famílias. Isto só se consegue com tarifas totalmente transparentes que permitam ao consumidor e entidade reguladora terem acesso aos dados que determinam o preço. A segunda premissa é que os distribuidores têm de ver o seu negócio circunscrito à venda de energia para não haver compensação da medida com, por exemplo, rendas excessivas à produção ou garantia de potência instalada (ERSE/CMVM/CNE/CNVM, 2007). Toda a medida deve ter em atenção a manutenção da "tarifa social" e das tarifas multihorário. Além das condições expostas é importante ter em atenção as regras de mercado aplicáveis a nível europeu para garantir que a taxa a aplicar sobre o excesso de energia vendida é legal.

Proposta 6 – Partilha de Informação numa Plataforma Online

Existe informação disponível *online* sobre eficiência energética e consumo na habitação disponibilizada por várias entidades (ERSE, ADENE, INE, DGEG) mas encontra-se frequentemente dispersa e desorganizada.

Uma medida simples e que poderia ter um impacte no consumo de energia na habitação é o de agregar a informação disponível num só sítio, de forma simples e acessível. Actualmente existem serviços como de ensino à distância que formam recorrendo a formas alternativas de transmissão da informação vídeo e exercícios interactivos (Dann, 2012; Kahn, 2012). Em Portugal existe o *know how* para ensinar o essencial sobre temas ligados ao ambiente como se pode observar pelo programa Minuto Verde, só falta facilitar o acesso da população aos conteúdos (Quercus, 2012). A plataforma poderia ser colaborativa, com cada utilizador a acrescentar informação, seguindo o modelo da maior enciclopédia gratuita do mundo, a Wikipedia, que apesar de não ter qualidade suficiente para ser citada em artigos científicos é uma fonte de informação válida para o público em geral (Luyt & Tan, 2010).

Com o facilitado acesso a informação relevante potencia-se um consumo de energia nas habitações mais eficiente. Esta medida consegue chegar a uma parte substancial da população se for divulgada já que mais de um quinto da população nacional é assinante de um serviço de internet (Pordata, 2012a).

Proposta 7 – Medidas de Apoio Financeiro

No presente estudo verificou-se que o investimento em medidas que melhoram a eficiência tem tempos de retorno frequentemente abaixo do período de vida útil estimado para cada tipo de medidas. O problema é que tempos de retorno próximos do período de vida útil podem não ser cativantes o suficiente para que o consumidor troque o seu equipamento actual.

Segundo o Decreto-Lei 230/2004 é responsabilidade dos distribuidores a recolha dos equipamentos em fim de vida sem encargos para o utilizador mas algumas existem exemplos de cadeias de distribuição que ofereceram descontos em equipamentos eficientes em troca do equipamento em final de vida (Briefing, 2011). Este género de medidas pode ser implementado como incentivo à troca em todo o mercado e permite baixar os tempos de retorno dos novos equipamentos sem ser totalmente a fundo perdido já que parte do investimento necessário advém da valorização do equipamento/material em fim de vida.

Este género de subsídios é também necessário para baixar os tempos de retorno no investimento em isolantes, melhores vãos envidraçados e sistemas de climatização passiva. Nestes casos o processo pode passar por atribuir uma percentagem do investimento em melhorias como "cheque" de desconto na compra de equipamentos eficientes. Esta medida é mais eficiente do que deduções noutros impostos porque incentiva à melhoria de eficiência duas vezes, a primeira na aquisição de materiais que melhorem o desempenho e a segunda na troca de equipamentos. A desvantagem desta medida é o investimento sair do erário público, dos impostos de todos os contribuintes mas pode sugerir-se um mecanismo de investimento europeu no âmbito da Directiva 2010/31/EU.

O conjunto de medidas apresentado teve em conta as presentes limitações nacionais e a escala de aplicação mais indicada. Esta secção explanou linhas de acção que podem ser desenvolvidas em mais detalhe e cujo potencial depende da implementação das mesmas. Na secção seguinte são apresentadas as conclusões da dissertação, principais recomendações e possíveis desenvolvimentos futuros.

6. Conclusões

6.1 Síntese

O principal objectivo da presente dissertação consistia em quantificar os potenciais de poupança custo-eficaz na habitação em Portugal. O objectivo complementar passava por identificar formas de atingir essa poupança custo-eficaz.

O objecto de estudo foram os 4 milhões de habitações que constituem residência habitual em Portugal (68,2 % do total de habitações em Portugal).

O cerne da dissertação foram os dados obtidos nas "auditorias" domésticas realizadas ao longo de seis anos por 207 finalistas da Faculdade de Ciências e Tecnologia, 200 "auditorias" validadas. As "auditorias" incidiram sobre as características das habitações, os consumos por utilização e tipo de energia. Foram ainda estudadas medidas de aumento de eficiência no consumo, permitindo poupar energia sem comprometer o conforto dos habitantes.

A revisão da literatura começou com uma abordagem ao problema do consumo de energia mundial. No caso de Portugal revisitou-se a história do consumo de energia, o consumo actual, a habitação no País e o que afecta o consumo na mesma. Abordou-se a legislação sobre eficiência energética com maior influência no objecto de estudo e descreveram-se as três áreas com maior relevância para o consumo e eficiência; i) vertente construtiva, ii) práticas e políticas, iii) equipamentos. Concluindo-se da revisão que i) existe um excesso de casas em Portugal, ii) o sector da habitação em Portugal tem de melhorar, iii) existem formas de melhorar a qualidade das habitações e dos equipamentos e isso terá influência directa nos consumos, iv) a melhoria da eficiência na utilização da energia é um dos objectivos estratégicos da União Europeia. Terminou-se a revisão com um breve caso de estudo, as *Passivehaus*, um exemplo a seguir principalmente na futura construção de habitação em Portugal.

A metodologia começou pela digitalização e uniformização da série de dados baseadas nas "auditorias" dos alunos. A interpretação de cada variável e o seu cruzamento com outros estudos e projectos académicos foi realizada com o propósito de validar os dados utilizados e de caracterizar o objecto de estudo. Agrupando-se as categorias calcularam-se os consumos médios divididos por combustível e utilização da energia tendo estes também sido cruzados com estudos anteriores. Respondeu-se à questão central da dissertação calculando-se o potencial de poupança custo-eficaz por habitação e estimando o total nacional. A metodologia terminou com estudos sobre a melhor forma de atingir o potencial identificado, incidindo sobre a vertente construtiva, equipamentos e comportamentos.

Concluiu-se que em média consomem-se 28 GJ/habitação/ano em Portugal, correspondendo a 2129 kg CO_2 e/habitação/ano. Em relação aos combustíveis e utilizações da energia concluiu-se que existe uma grande variabilidade no sector. O consumo está relacionado com variáveis como a tipologia da habitação, tamanho do agregado ou tamanho da mesma mas não pode ser explicada exclusivamente por nenhuma das variáveis estudadas. Estimou-se ainda que é possível poupar de forma custo-eficiente e sem afectar o conforto 7 GJ/habitação/ano, num total nacional estimado de 28 PJ/ano. Este potencial de poupança consegue-se investindo 1623 €/habitação em substituição de equipamentos e mudança de comportamentos. O potencial total, adicionando medidas não custo-eficientes, aumenta para 14 GJ/habitação/ano (com investimentos por casa de 18 243 €). O potencial total, em Portugal, passa então para os 55 PJ/ano.

Concluiu-se que não existe uma receita ideal para poupar energia na habitação. O ideal é utilizar uma abordagem integrada que inclua melhorias construtivas, substituição de equipamentos e mudanças de comportamentos. Com as melhorias construtivas é possível melhorar a classe energética, estimada com base no RCCTE, da maioria das habitações. A substituição de equipamentos está facilitada porque a maioria dos novos equipamentos à venda no mercado são

eficientes. A dimensão mais dificilmente mensurável é a mudança de hábitos de consumo e de comportamentos dos habitantes.

Terminou-se o trabalho com várias sugestões de políticas de eficiência e propostas ajustadas à escala de acção mais indicada e à situação actual do País.

As conclusões mais relevantes da dissertação foram a confirmação de que existe margem para poupar energia na habitação em Portugal. A poupança favorece não só o consumidor final mas todo o sistema já que tem como efeitos complementares a diminuição dos impactes ambientais e sociais associados à produção e utilização da energia, e a dependência energética do País. Com a confirmação de que existe um potencial custo-eficaz as medidas de eficiência energética assumem-se ainda como economicamente viáveis para quem nelas investe.

6.2 Cumprimento dos objectivos

A resposta à questão "Qual é o potencial de poupança de energia na habitação em Portugal?" é:

Nas residências habituais de Portugal Continental consegue poupar-se em média 7 GJ/habitação/ano só com medidas custo-eficazes e sem comprometer o conforto. Este potencial de poupança extrapolado para o universo de estudo resulta numa poupança potencial de 26 PJ/ano, 23 % do total consumido neste sector em 2010. Adicionando as medidas com tempos de retorno elevados, o potencial de poupança aumenta para 14 GJ/habitação/ano, com poupanças potenciais nacionais de 55 PJ/ano (45 % do total consumido no sector).

Em relação à questão "Como atingir o potencial de poupança de energia identificado?" conclui-se que não existe uma minuta que sirva a todo o sector, devendo cada habitação ser avaliada individualmente mas a tendência é para que o potencial de melhoria seja maximizado ao serem consideradas alterações em três vectores de actuação:

i) Melhorias construtivas,

ii) Substituição de equipamentos,

iii) Mudanças de comportamentos.

Concluiu-se ainda que é desejável reforçar as medidas de incentivo à eficiência energética, europeias e nacionais. A base para as medidas nacionais passa por definir uma estratégia para o sector, apoiando o investimento em eficiência e facilitando o acesso à informação.

6.3 Limitações do estudo

Os consumos indirectos associados à habitação não foram tidos em conta na presente dissertação. Estes consumos são por exemplo a energia utilizada nas áreas comuns dos edifícios (elevadores, climatização, iluminação, campainhas), a energia necessária para garantir que a água chega a todos os fogos e a energia utilizada em transportes "de" e "para" a habitação. Segundo uma técnica da DGEG, responsável pelo inquérito ao consumo de energia no sector doméstico 2010 (INE/DGEG, 2011), não se conhece a existência de dados sobre estes consumos (Anexo 5).

A principal limitação da série principal utilizada (dados FCT-UNL) é o facto de a maioria das habitações estudadas (95 %) estarem concentradas em apenas dois distritos, limitando a representatividade do mesmo. Seria, ainda, ideal que a principal série utilizada no trabalho incluísse "auditorias" nas regiões autónomas, em segundas residências, e em todas as zonas climáticas definidas no RCCTE. Dados complementares como a área e idade das habitações auditadas também teriam possibilitado uma maior profundidade na análise realizada. As variáveis utilizadas não tinham valores definidos em todas as "auditorias".

6.4 Desenvolvimentos futuros

No decorrer da presente dissertação identificaram-se questões que podem vir a ser respondidas em futuros trabalhos. A resposta a tais questões poderá preencher lacunas da presente dissertação e permitirá continuar o processo de melhorar o parque habitacional nacional, em termos de eficiência energética.

O género de "auditorias" utilizada pode continuar a ser efectuada, com dados adicionais que permitam calcular mais indicadores. As "auditorias" poderão ser efectuadas, em intervalos de tempo a definir, e cruzadas com a presente dissertação com o objectivo de ir monitorizando o estado do sector e os potenciais de melhoria.

O estudo da fracção do parque habitacional que não constitui residência habitual, seus consumos e potencial de poupança constitui uma via de desenvolvimento do estudo do sector. O investimento necessário para reabilitar todo o parque devoluto e a comparação com investimentos em nova habitação pode também ser estudado em termos de vantagens e desvantagens que cada uma das alternativas oferece.

Um estudo económico dos potenciais de melhoria, incluindo variáveis não estudadas na presente dissertação é também uma área de trabalho com interesse. Por exemplo, um estudo que procure identificar como é que o efeito ricochete pode afectar o potencial de poupança na habitação em Portugal é, também, uma área de desenvolvimento pertinente.

A realização de simulações que visem compreender o efeito de várias políticas e incentivos de apoio à eficiência no sector também é uma ferramenta útil de apoio à decisão, que permite potencialmente identificar a melhor maneira de resolver os problemas do sector, de forma custo-eficiente.

Outra área de estudo interessante consistirá em procurar avaliar os impactes da recessão económica nos consumos de energia na habitação, diferenciando que parte da diminuição no consumo de energia se deve a melhorias de eficiência e que parte se deve à redução do consumo com equipamentos não essenciais ou mesmo com perda de qualidade de vida/conforto.

Referências Bibliográficas

ADENE. (2009). Sistema de certificação energética - Geral (versão 2009.02.05 ed.).

ADENE. (2010). Guia da Eficiência Energética. http://www.adene.pt/pt-pt/publicacoes/documents/guia_eficiencia_energetica.pdf

ADENE. (2012a). Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, from http://www.adene.pt/pt-pt/pnaee/paginas/pnaee.aspx

ADENE. (2012b). Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) Retrieved 2 de Agosto de 2012 from http://www.adene.pt/pt-pt/pnaee/paginas/pnaee.aspx

Aguiar, R., & Carvalho, M. J. (2012). Solterm 5.1.4.

Almeida, A., Fonseca, P., Schlomann, B., & Feilberg, N. (2011). Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations. *Energy and Buildings, 43*(8), 1884-1894. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.03.027

Amador, J. (2010). Produção e Consumo de Energia em Portugal: Factos Estilizados. In B. d. Portugal (Ed.), *Boletim Económico* (pp. 71-86).

Antunes, P., Santos, R., Martinho, S., & Lobo, G. (2003). Estudo Sobre Sector Eléctrico e Ambiente - Relatório Sintese. *Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente*, 1-112.

Atanasiu, B. (2012). Moving towards nearly Zero-Energy Building in Europe - Buildings Performance Institute Europe *PCEEE 2012*.

Atkinson;, A., & Marlier, E. (2010). *Income and living conditions in Europe*. Luxemburg: Publications Office of the European Union.

Banco de Portugal. (2012). Boletim Estatístico - Agosto de 2012. In Eurosistema (Ed.).

Barry, B., & Collins, S. M. (2007). Accounting for Growth: Comparing China and India. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series, 12943*.

Bartram, L., Rodgers, J., & Muise, K. (2010). Chasing the Negawatt: Visualization for Sustainable Living. *Computer Graphics and Applications, IEEE, 30*(3), 8-14. doi: 10.1109/mcg.2010.50

Bourne, L., & Walker, D. (2005). Visualising and mapping stakeholder influence. *Journal of Management Decision, 43*(5), 649-660. doi: http://dx.doi.org/10.1108/00251740510597680

Briefing. (2011). Worten lança campanha "Eficiência Energética", from http://www.briefing.pt/marketing/10582-worten-lanca-campanha-eficiencia-energetica.html

Carvalho, L., Antunes, A., Alves, F., Ramos, S., & Ferreira, F. (2012). Projecto Ecofamílias II: Eficiência energética na utilização e substituição de equipamentos. *PCEEE 2012 Procedings*, 1-4.

CE. (2012). Comissão Europeia - EU Energy in Numbers. pp. 228. http://ec.europa.eu/energy/observatory/statistics/statistics_en.htm

CECED/AGEFE. (2012). Nova Etiqueta Energética da UE, from http://www.newenergylabel.com/pt/sitetools/downloads

Cohen, J. E. (2003). Human Population: The Next Half Century. *Science, 302*(5648), 1172-1175. doi: 10.1126/science.1088665

Cravino, J. (2005). Procura de Energia (pp. 25): Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A. (2012). Environmental impacts of the UK residential sector: Life cycle assessment of houses. *Building and Environment, 54*(0), 86-99. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.02.005

Dann, W. (2012). Alice, from http://www.alice.org

DGEG. (2011). Estatísticas e Preços-Balanços e Indicadores Energéticos (G. d. P.-M. d. E. e. d. Emprego, Trans.). In D. G. d. E. e. Geologia (Ed.). Lisboa.

DGEG. (2012). Linhas de orientação para a revisão dos Planos Nacionais de Ação para as Energias Renováveis e para a Eficiência Energética - versão para discussão pública (115 ed.).

Dias, A. P., Concha, J., Carvalho, L., Antunes, A. R., & Ferreira, F. (2012). EcoFamílias II: Potencial de poupança na reabilitação. *PCEEE 2012 Procedings*, 1-4.

EDP/Quercus. (2011). Projecto EcoFamílias II, 2009-2011 - Plano de Promoção de Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica (pp. 1-105).

EIA. (2011). International Energy Outlook 2012. In U. S. E. I. Administration (Ed.), (pp. 301). Washington.

ERSE. (2012a). Entidades do Sector Energético Retrieved Agosto de 2012, from http://www.erse.pt/pt/linksuteis/Paginas/default.aspx

ERSE. (2012b). Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica, from http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/Paginas/default.aspx

ERSE/CMVM/CNE/CNVM. (2007). Proposta do Conselho de Reguladores sobre um Mecanismo de Garantia de Abastecimento. 1-27. Retrieved from http://www.erse.pt/pt/electricidade/mibel/compatibilizacaoregulatoria/Documents/GP_Proposta.pdf

EuropeanComission. (2007). 2020 vision: Saving our energy (pp. 10). http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/index_en.html

Eurostat. (2012a). Electricity prices for household consumers. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=0&language=en&pcode=ten00115

Eurostat. (2012b). Gas prices for household consumers. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TEN00113

Fay, J. A., & Golomb, D. (2002). *Energy and the environment*. New York: Oxford University Press.

Feist, W., Peper, S., Kah, O., & Oesen, M. v. (2001). Climate Neutral Passive House Estate in Hannover-Kronsberg: Construction and Measurement Results. *CEPHEUS, 18-19*, 1-125.

Ferreira, J., & Pinheiro, M. (2011). In search of better energy performance in the Portuguese buildings—The case of the Portuguese regulation. *Energy Policy, 39*(12), 7666-7683. doi: 10.1016/j.enpol.2011.08.062

Ferreira, J. V., & Domingos, I. (2011). Assessment of Portuguese thermal building legislation in an energetic and environmental perspective. *Energy and Buildings, 43*(12), 3729-3735. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.09.007

Fuinhas, J. A., & Marques, A. C. (2012). Energy consumption and economic growth nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: An ARDL bounds test approach (1965–2009). *Energy Economics, 34*(2), 511-517. doi: 10.1016/j.eneco.2011.10.003

Gaspar, R., & Antunes, D. (2011). Energy efficiency and appliance purchases in Europe: Consumer profiles and choice determinants. *Energy Policy, 39*(11), 7335-7346. doi: 10.1016/j.enpol.2011.08.057

Gil, C. (2012). O Sector da Construção em Portugal - 2011. In I. P. Instituto da Construção e do Imobiliário (Ed.).

Golubchikov, O., & Deda, P. (2012). Governance, technology, and equity: An integrated policy framework for energy efficient housing. *Energy Policy, 41*(0), 733-741. doi: 10.1016/j.enpol.2011.11.039

Gonçalves H, & J.M., G. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. Lisboa: INETI.

Gonçalves, H., Aelenei, L., & Rodrigues, C. (2012). Solar XXI: A Portuguese Office Building towards Net Zero-Energy Building. *REHVA Journal*, 34-40.

GovernodePortugal. (2012). Estratégia Europeia 2020.

Graça, F. A. A. (2011). *Eficiência Energética em Edifícios de Serviços no Concelho de Almada.* MSc Dissertação, Universidade Nova de Lisboa, Almada.

Guedes, M. C., Matias, L., & Santos, C. P. (2009). Thermal comfort criteria and building design: Field work in Portugal. *Renewable Energy, 34*(11), 2357-2361. doi: 10.1016/j.renene.2009.03.004

Henriques, C. O., & Antunes, C. H. Interactions of economic growth, energy consumption and the environment in the context of the crisis – A study with uncertain data. *Energy*(0). doi: 10.1016/j.energy.2012.04.009

IEO. (2011). International Energy Outlook 2011: U.S. Energy Information Administration.

INE. (2007). Retrato Territorial de Portugal Retrieved from http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=71085463&PUBLICACOESmodo=2

INE. (2011a). Alojamentos familiares clássicos arrendados ou subarrendados, segundo o escalão etário do representante da família clássica principal. Lisboa.

INE. (2011b). Censos 2011, Dados Provisórios - Alojamentos (Infraestruturas). In INE (Ed.). Lisboa.

INE. (2011c). Estatísticas da Construção e Habitação - 2010. Lisboa.

INE/DGEG. (2011). Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 (pp. 1-105).

Jaber, S., & Ajib, S. (2011). Optimum design of Trombe wall system in mediterranean region. *Solar Energy, 85*(9), 1891-1898. doi: 10.1016/j.solener.2011.04.025

Kahn, S. (2012). Kahn Academy, from http://www.khanacademy.org

Kaza, N. (2010). Understanding the spectrum of residential energy consumption: A quantile regression approach. *Energy Policy, 38*(11), 6574-6585. doi: 10.1016/j.enpol.2010.06.028

Kowsari, R., & Zerriffi, H. (2011). Three dimensional energy profile:: A conceptual framework for assessing household energy use. *Energy Policy, 39*(12), 7505-7517. doi: 10.1016/j.enpol.2011.06.030

Lopes, T. P. (2010). Potencial de poupança de energia na climatização de edifícios habitacionais. *Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Eng.do Ambiente (FCT-UNL)*, 1-113.

Lopes;, T. P., & Melo, J. J. d. (2012). Potencial de poupança de energia na climatização de edifícios habitacionais. [Comunicação Oral]. *PCEEE 2012*.

Luyt, B., & Tan, D. (2010). Improving Wikipedia's credibility: References and citations in a sample of history articles. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61*(4), 715-722. doi: 10.1002/asi.21304

Madeira, A., & Melo, J. J. d. (2003). Caracterização do potencial de conservação de energia eléctrica em Portugal. *VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, APEA, Portugal*, 2-10.

Madureira, N. L. (2005). *A História da Energia - Portugal 1890-1980*. Livros Horizonte, Lisboa.

MAMAOT. (2011). Apresentação da Nova Lei do Arrendamento Urbano, from http://www.arrendamento.gov.pt/NR/rdonlyres/E24B7AAC-1B08-457E-B30F-52200B620F8B/0/RAU_Apresentacao.pdf

MC Peel, Finlayson B.L., & T.A., M. (2007). Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences, 11*, 1633-1644.

McMakin, H Andrea, M Elizabeth, & Lundgren, R. (2002). Motivating Residents to Conserve Energy Without Financial Incentives. *Environment and Behaviour, 36*(6), 848-863.

McNally, D. (2009). From Financial Crisis to World-Slump: Accumulation, Financialisation, and the Global Slowdown. [Article]. *Historical Materialism, 17*(2), 35-83. doi: 10.1163/156920609x436117

McNeil, M. A., & Bojda, N. (2012). Cost-effectiveness of high-efficiency appliances in the U.S. residential sector: A case study. *Energy Policy, 45*(0), 33-42. doi: 10.1016/j.enpol.2011.12.050

Meteorologia, I. d. (2008). Clima de Portugal Continental Retrieved Junho de 2012, from http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/otempo.eoclima/clima.pt/index.html

Mills, B., & Schleich, J. (2010). What's driving energy efficient appliance label awareness and purchase propensity? *Energy Policy, 38*(2), 814-825. doi: 10.1016/j.enpol.2009.10.028

Mills, B., & Schleich, J. (2012). Residential energy-efficient technology adoption, energy conservation, knowledge, and attitudes: An analysis of European countries. *Energy Policy, 49*(0), 616-628. doi: 10.1016/j.enpol.2012.07.008

Morrissey, J., Moore, T., & Horne, R. E. (2011). Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation. *Renewable Energy, 36*(2), 568-577. doi: 10.1016/j.renene.2010.08.013

Oliveira Panão, M. J. N., Camelo, S. M. L., & Gonçalves, H. J. P. (2011). Assessment of the Portuguese building thermal code: Newly revised requirements for cooling energy needs used to prevent the overheating of buildings in the summer. *Energy, 36*(5), 3262-3271. doi: 10.1016/j.energy.2011.03.018

PassiveOn-Project. (2007). A Norma Passivhaus em climas quentes da Europa: Directrizes de projecto para casas confortáveis de baixo consumo energético. Parte 2- Propostas nacionais em detalhe: Passivhaus Portugal. *Comissão Europeia*, 1-14.

Pessoa, J. H. M. (2011). *Análise da influência das pontes térmicas nos edifícios residênciais.* Tese de Mestrado, FCT-UNL, Lisboa. Retrieved from http://run.unl.pt/bitstream/10362/7037/1/Pessoa_2011.pdf

Phillips, Y. (2012). Landlords versus tenants: Information asymmetry and mismatched preferences for home energy efficiency. *Energy Policy, 45*(0), 112-121. doi: 10.1016/j.enpol.2012.01.067

Pina dos Santos, C., & Matias, L. (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios* (Segunda Edição ed.). Lisboa.

Pordata. (2012a). Assinantes do acesso à Internet em Portugal, from http://www.pordata.pt/Portugal/Assinantes+do+acesso+a+Internet-2093

Pordata. (2012b). População Residente: total e por grandes grupos etários - Portugal Retrieved Maio, 2012, from http://www.pordata.pt/Portugal/Populacao+residente+total+e+por+grandes+grupos+etarios-513

Pordata. (2012c). Rendimento médio disponível das famílias em Portugal.

Quercus. (2012). Minuto Verde. http://www.quercustv.org/spip.php?mot1.

Rego, A., Sarrico, C., & Moreira, J. M. (2006). Trust in Portuguese Public Authorities *Public Integrity, 8*(1), 77-92.

Rosa, M. J. V. (2012). *O Envelhecimento da Sociedade Portuguesa*. Fundação Francisco Manuel dos Santos, Lisboa.

Rosmaninho, L. (2006, Novembro de 2011). [Sistemas Solares Passivos]. Aula de Novembro de 2011 em Instrumentos Globais de Ambiente e Energia

Ruiz, M. d. C., Guillamón, A., & Gabaldón, A. (2012). A New Approach to Measure Volatility in Energy Markets. *Entropy, 14*(1), 74-91.

Rybkowska, A., & Schneider, M. (2011). Housing conditions in Europe in 2009. In Eurostat (Ed.), *Population and social conditions* (pp. 12): European Comission.

Santos, R., Antunes, P., Baptista, G., Mateus, P., & Madruga, L. (2006). Stakeholder participation in the design of environmental policy mixes. *Ecological Economics, 60*, 100-110.

Schmidt, L. (1999). *Portugal Ambiental - Causas & Consequências* (4885 ed.). Braga.

Siderius, H.-P., Jeffcott, S., & Blok, K. (2012). International benchmarking: Supplying the information for product efficiency policy makers. *Energy Policy, 45*(0), 389-398. doi: 10.1016/j.enpol.2012.02.047

Simões, F. (1994). Clima e Conforto. Uma Avaliação Climática Expedita *Energia Limpias en Progresso* (Vol. 1, pp. 621-628). Vigo: AEES / ISES.

Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2008). The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics, 65*(3), 636-649. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.08.013

Sozer, H. (2010). Improving energy efficiency through the design of the building envelope. *Building and Environment, 45*(12), 2581-2593. doi: 10.1016/j.buildenv.2010.05.004

Stephenson, J., Barton, B., Carrington, G., Gnoth, D., Lawson, R., & Thorsnes, P. (2010). Energy cultures: A framework for understanding energy behaviours. *Energy Policy, 38*(10), 6120-6129. doi: 10.1016/j.enpol.2010.05.069

Stern, S. (2011). *Making Energy Efficiency Desirable: Lessons from a Cutting-Edge Program in Minneapolis* MSc, Massachusetts Institute of Technology.

Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13*(8), 1819-1835. doi: 10.1016/j.rser.2008.09.033

Tester, J. W. (2005). *Sustainable energy : choosing among options*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Tonn, B., & White, D. (1996). Sustainable societies in the information age. *The American Sociologist, 27*(1), 102-121. doi: 10.1007/bf02692001

Wong, S. L., Wan, K. K. W., Yang, L., & Lam, J. C. (2012). Changes in bioclimates in different climates around the world and implications for the built environment. *Building and Environment, 57*(0), 214-222. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.05.006

Zhang, Y.-J. (2011). Interpreting the dynamic nexus between energy consumption and economic growth: Empirical evidence from Russia. *Energy Policy, 39*(5), 2265-2272. doi: 10.1016/j.enpol.2011.01.024

Anexo 1 – Intrumentos Globais em Ambiente e Energia – Home energy plan

Home energy plan

João Joanaz de Melo

Goal

- **Optimize energy management at home, with reasonable rendibility, no consumption increase and no loss of comfort**

Scope

- Consider all energy use in-house
  - Architecture and construction
  - Energy-consuming equipment
  - Household habits and practices
  - Solar thermal and other energy production for household use
- Exclude
  - Transports
  - Micro-generation to the grid

Baseline — your house

- Short description of the house and its inhabitants
  - Photos, blueprint, scheme, location map…
- Note: inhabitant composition and behaviour is not relevant for RCCTE class, but may be important for the application of some measures

Baseline — RCCTE

- Report
  - Ni, Nic, Nv, Nvc, Na, Nac, Nt, Ntc, in table format
  - r=Ntc/Nt and class according to RCCTE
  - Short comment on the classification as related to building characteristics
- Information sources
  - RCCTE (DL 80/2006)
  - "RCCTE light" by D. Aelenei
  - Blueprints or measurements of the house

Baseline — energy by source

- Total final energy acquired
  - All kinds: electricity, NG, LPG, gasoil, firewood …
  - Table quantity of energy acquired (as stated in the invoice and as GJ/year) and cost (€/year)
  - Organize info as a table and optionally a graphic
- Report electricity contracted power
- Report direct and indirect GHG emissions, by final energy kind
- Reference period: one year
- Information source: invoices

Baseline — energy by use

- Energy consumption breakdown by category
  - Information source: energy monitor for movable electrical appliances; technical notes and labels for other uses
  - Estimate consumption for one cycle and extrapolate for year
  - Compare with acquired energy and report margin of error
- Table consumption by use category (GJ/year and %)
  - Light
  - Cooking: stove, oven, microwave, electric kettle or pot …
  - Cold storage: refrigerator and freezer
  - Housekeeping: dishwasher, washing machine, vacuum …
  - Audiovisual and leisure: computer, TV, hi-fi …
  - Tapwater heating: gas or electric heater, solar panel …
  - Climatization: radiators, central heating, air conditioning …

Saving potential – identification

- Identify and explore possible savings
  - Household equipment with better efficiency
  - Building (insulation, double glazing, shading)
  - Alternative sources (e.g. thermal solar)
  - Better practice (e.g. current-cutter for appliances)
  - Night-time meter
- Information sources
  - Internet
  - Equipment manufacturers and distributors

Saving potential – quantification

- ✓ Table all examined measures
  - Energy saving potential (GJ/year)
  - GHG saving potential (kg CO_2e/year)
  - Cost saving potential (€/year)
  - Investment needed (€)
  - Payback time (years)
  - Practical difficulties (icon or comment)
  - Comfort changes (icon or comment)
- ✓ Report reference criteria (e.g. energy prices)

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 9

Business strategy

- ✓ Possible criteria (or combinations thereoff)
  - Maximize energy savings
  - Maximize GHG savings
  - Maximize annual cost savings
  - Maximize comfort
  - Minimize payback time
  - Minimize practical difficulties
  - Comply with investment ceiling
- ✓ Special opportunities
  - Appliance end of life substitution
  - Tax benefits

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 10

The Home Energy Plan

- ✓ Table the selected measures
  - Identification
  - Short note on the selection of each measure
  - Any relevant information, not presented before, about the selected measures
  - Source of funding

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 11

Synthesis – final table

	Savings potential						Invest-ment	Payback time
	Energy		GHG		Cost			
	GJ/year	% BL	kg CO_2e/year	% BL	€/year	% BL	€	years
Total identified potential								
Actions in the Home Energy Plan								

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 12

Report and presentation

- ✓ PowerPoint – maximum 20 slides
- ✓ Structure: baseline, saving potential, business strategy, the Home Energy Plan, synthesis
- ✓ Free slide design
  - Don't forget name, photo and work hours
- ✓ Technical style:
  - Clarity and objectivity
  - Use of SI units
  - Proper reference citation
- ✓ To be uploaded and delivered in paper: 2 slides per page, printed leaf and overleaf (up to 5 sheets)
- ✓ Selected plans to be discussed in class

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 13

Grading criteria

- ✓ Ambition
- ✓ Feasibility
- ✓ Consistency
- ✓ Technical quality
- ✓ Presentation quality
- ✓ Formal correction (e.g. SI rules)

FCT-UNL, October 2011 Home Energy Plan 14

Figura A. 1 - Aula sobre "auditorias" que deram origem à série FCT-UNL (versão 2011).

Anexo 2 – Voltcraft - Energy Monitor 3000

MODELO ENERGY MONITOR 3000

Versão mais avançada, para análise de consumos eléctricos de máquinas e electrodomésticos até 3 kW. Esta versão permite medidas de:

- Tensão, corrente e frequência de alimentação eléctrica;
- Potência real, potência aparente e factor de potência;
- Valores máximo e mínimo;
- Custo em Euros da energia consumida;
- Controlo do tempo de funcionamento do equipamento;
- Possibilidade de previsão de custos por semana, mês ou ano;
- Possibilidade de introduzira várias tarifas
- Permite registos até 99 dias consecutivos, após que recomeça nova contagem;

Especificações:

- Gama de potência: 1,5 a 3000 W;
- Corrente máxima: 13 A;
- Com alimentação a pilhas de 3 V;
- Tensão de funcionamento: 230 V / 50 Hz;
- Precisão: ±1% até 2500 W e de ±4% para medidas superior 2500 W;
- Indicação de excesso quando a potência é superior a 3070 W;
- Gama de tarifa: 0,001 a 9,999;
- Gama de consumo: 0,001 a 15.000 kWh

Figura A. 2 – Características técnicas do Voltcraft – Energy Monitor 3000.

(http://www.jroma.pt/PDFS/monitores_energia.pdf)

Anexo 3 – Variáveis dos trabalhos FCT-UNL

Quadro A. 1 - Distribuição das habitações auditadas

Distrito	FCT-UNL
Aveiro	0%
Bragança	0%
Beja	1%
Braga	0%
Castelo Branco	0%
Coimbra	0%
Évora	1%
Faro	1%
Guarda	0%
Leiria	3%
Lisboa	61%
Portalegre	0%
Porto	0%
Santarém	1%
Setúbal	34%
Viana do Castelo	0%
Vila Real	0%
Viseu	0%
n	**195**

Quadro A. 2 – Tipologia das habitações.

	n	FCT-UNL
T0	1	1%
T1	15	9%
T2	31	19%
T3	70	43%
T4	25	15%
T5	14	9%
>T5	6	4%
	162	**100%**

Quadro A. 3– Número de habitantes por habitação.

	n	FCT-UNL
1 elemento	9	6%
2 elementos	35	22%
3 elementos	45	28%
4 elementos	58	36%
5 elementos	12	7%
6 ou mais elementos	2	1%

Quadro A. 4- Consumo de energia por combustível.

Combustível	Electricidade	Gás natural	Butano	Propano	Biomassa	Diesel
n	179	133	33	18	17	3
média (% do consumo de quem usa o combustível)	54	12	11	12	26	51
média da amostra (%)	54	27	7	4	8	4
desvio padrão	10	8	5	7	9	19
coef. de variação	1	1	1	1	1	0

Quadro A. 5- Consumo médio de energia por habitação.

Consumo total (FCT-UNL)	
n	200
consumo (GJ/habitação/ano)	28,1
máximo (GJ/habitação/ano)	106
mínimo (GJ/habitação/ano)	4

Quadro A. 6– Consumo de energia por utilização final.

	Energia eléctrica								Outros combustíveis	
	Iluminação	Cozinha	Frio	Manutenção	Audiovisual /lazer	Águas quentes sanitárias	Climatização		Águas quentes sanitárias	Confecção de alimentos
média	11%	10%	16%	13%	15%	22%	14%		69%	32%
desvpad	10%	9%	13%	11%	11%	13%	13%		16%	16%
máximo	41%	34%	57%	47%	53%	52%	58%		100%	75%
mínimo	1%	0%	0%	1%	0%	2%	0%		25%	1%

Quadro A. 7 – Classes térmica RCCTE.

Total classe térmica RCCTE				Classe RCCTE da sub-amostra "antes e depois de melhorias)	
Classe	n	%		Antes	Depois
A+	0	0%		0%	5%
A	20	12%		5%	41%
B	66	39%		32%	24%
B-	42	25%		24%	14%
C	28	16%		22%	11%
D	9	5%		11%	5%
E	1	1%		0%	0%
F	3	2%		3%	0%
G	1	1%		3%	0%

Quadro A. 8 – Poupança de energia na habitação.

	Potencial poupança total (GJ/ano/habitação)	**Potencial de poupança custo-eficiente (GJ/habitação/ano)**
média	13	7
máximo	34	28
mínimo	3	0
desvio padrão	9,8	7,5
coef. de variação	0,7	0,9

Anexo 4 – Testes estatísticos

Quadro A. 9 – Correlações entre variáveis.

			Energia total (GJ/ano)	Potencial de melhoria (GJ/ano)	Número de assoalhadas	Habitantes por habitação
Kendall's tau_b	Energia total (GJ/ano)	R	1	,414**	,326**	,364**
		Sig. (1-tailed)	.	0	0	0
		N	204	169	162	160
	Potencial de melhoria (GJ/ano)	R	,414**	1	,324**	,356**
		Sig. (1-tailed)	0	.	0	0
		N	169	171	134	139
	Número de assoalhadas	R	,326**	,324**	1	,528**
		Sig. (1-tailed)	0	0	.	0
		N	162	134	163	137
	Habitantes por habitação	R	,364**	,356**	,528**	1
		Sig. (1-tailed)	0	0	0	.
		N	160	139	137	163
Spearman's rho	Energia total (GJ/ano)	R	1	,567**	,430**	,471**
		Sig. (1-tailed)	.	0	0	0
		N	204	169	162	160
	Potencial de melhoria (GJ/ano)	R	,567**	1	,417**	,457**
		Sig. (1-tailed)	0	.	0	0
		N	169	171	134	139
	Número de assoalhadas	R	,430**	,417**	1	,602**
		Sig. (1-tailed)	0	0	.	0
		N	162	134	163	137
	Habitantes por habitação	R	,471**	,457**	,602**	1
		Sig. (1-tailed)	0	0	0	.
		N	160	139	137	163
		**. Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).				

T-Test

[DataSet0]

Group Statistics

	VAR00001	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00002	A	128	25,2422	14,68662	1,29813
	V	53	37,8113	23,86666	3,27834

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
VAR00002	Equal variances assumed	15,030	,000	-4,312	179	,000	-12,56913	2,91514	-18,32159	-6,81668
	Equal variances not assumed			-3,565	68,891	,001	-12,56913	3,52599	-19,60350	-5,53477

Objectivo do teste: Determinar se existem diferenças de consumo significativas entre vivendas e apartamentos.

No quadro *Group Statistics* pode ler-se a média, desvios padrão e erro médio padrão para V (vivendas) e A (apartamentos).

No quadro *Independent Samples Test* estão os resultados relativos à independência entre os consumos em vivendas e apartamentos.

-Como a significância (Sig) do teste de Levene é < 0,05 os valores da segunda linha adequam-se melhor à relação entre as variáveis;

- O t-test da segunda linha é próximo de zero indicando uma diferença significativa entre as variáveis (A e V);

- Nenhum dos valores do intervalo de confiança está próximo portanto as variáveis são significativamente diferentes.

Conclusão do teste: O consumo de energia em vivendas é significativamente maior que o consumo de energia em apartamentos.

Mudança de equipamento

Group Statistics

	mud.equip	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	7	,2015	,11035	,04171
	Sim	161	,2758	,20734	,01634

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,891	,346	-,940	166	,348	-,07429	,07901	-,23028	,08171
	Equal variances not assumed			-1,658	7,976	,136	-,07429	,04480	-,17764	,02906

Mudanças construtivas

Group Statistics

	mud.const	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	74	,2497	,17492	,02033
	Sim	94	,2909	,22445	,02315

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,215	,643	-1,296	166	,197	-,04113	,03173	-,10377	,02151
	Equal variances not assumed			-1,335	165,988	,184	-,04113	,03081	-,10197	,01970

Mudanças de comportamento

Group Statistics

	mud.comp	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	31	,1828	,14536	,02611
	Sim	137	,2931	,21087	,01802

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	1,221	,271	-2,764	166	,006	-,11029	,03990	-,18907	-,03151
	Equal variances not assumed			-3,477	62,261	,001	-,11029	,03172	-,17369	-,04689

Substituição de equipamentos e mudanças construtivas

Group Statistics

	m.eq.m.const	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	153	,2758	,20855	,01686
	Sim	15	,2420	,16086	,04153

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,059	,808	,609	166	,544	,03374	,05545	-,07574	,14323
	Equal variances not assumed			,753	18,947	,461	,03374	,04483	-,06009	,12758

Substituição de equipamentos e mudanças de

Group Statistics

	m.eq.m.comp	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	112	,2673	,21729	,02053
	Sim	56	,2836	,17777	,02376

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,099	,754	-,486	166	,627	-,01632	,03356	-,08257	,04993
	Equal variances not assumed			-,520	131,502	,604	-,01632	,03140	-,07843	,04579

Mudanças construtivas e mudanças de comportamento

Group Statistics

	m.const.m.comp	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	164	,2737	,20626	,01611
	Sim	4	,2341	,12657	,06329

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,320	,572	,381	166	,703	,03958	,10379	-,16534	,24450
	Equal variances not assumed			,606	3,401	,583	,03958	,06530	-,15505	,23421

Substituição de equipamentos, mudanças construtivas e mudanças de comportamento

Group Statistics

	todas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	94	,2466	,16909	,01744
	Sim	74	,3060	,23939	,02783

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,623	,431	-1,883	166	,061	-,05943	,03155	-,12172	,00287
	Equal variances not assumed			-1,809	126,307	,073	-,05943	,03284	-,12442	,00556

Apenas substituição de equipamentos

Group Statistics

	so.mud.eq	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	154	,2860	,20602	,01660
	Sim	14	,1269	,11425	,03053

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	2,145	,145	2,845	166	,005	,15910	,05593	,04867	,26952
	Equal variances not assumed			4,578	21,662	,000	,15910	,03476	,08695	,23124

Group Statistics

	so.mud.const	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	167	,2736	,20489	,01585
	Sim	1	,1308	.	.

Apenas mudanças construtivas

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	.	.	,695	166	,488	,14280	,20550	-,26292	,54853
	Equal variances not assumed			.	.	.	,14280	.	.	.

Group Statistics

	so.mud.comp	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
percent	Nao	166	,2740	,20529	,01593
	Sim	2	,1718	,11827	,08363

Apenas mudanças comportamentis

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
percent	Equal variances assumed	,347	,557	,701	166	,484	,10214	,14574	-,18561	,38989
	Equal variances not assumed			1,200	1,074	,432	,10214	,08514	-,81860	1,02288

Nos vários testes efectuados, a significância (Sig.) do teste de Levene é >0,05, indicando que as variáveis em estudo não são significativamente diferentes.

Anexo 5 – Troca de emails com a DGEG

Para: (DGEG) Energia
Assunto: Dúvida

Bom dia,

O meu nome é João Grilo e sou finalista de mestrado na Uni. Nova de Lisboa. Na minha tese tenho utilizado o "Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010" (ISBN: 978-989-25-0130-7) e fiquei com uma dúvida metodológica. A quantificação do "consumo médio anual total de energia por alojamento" (pp.19) inclui os consumos nas áreas comuns dos edifícios de habitação/condomínios (ex: elevadores, luzes, entre outros)? Fazem alguma ideia do peso destes consumos na habitação nacional?

Com os meus melhores cumprimentos, João Grilo

Figura A. 3– Email enviado à DGEG e INE com dúvida sobre consumos indirectos da habitação.

(DGEG) Maria Luísa Portugal Basílio
para mim, (DGEG)

Exmo Sr

Em resposta ao solicitado informa-se que os consumos das partes comuns dos edifícios não estão contabilizados, e não temos qualquer informação sobre este assunto.

Com os melhores cumprimentos

M.Luisa Portugal Basilio
Chefe de Divisão de Planeamento e Estatística
Direcção Geral de Energia e Geologia

Figura A. 4– Email da DGEG em resposta à dúvida colocada.

Anexo 6 – Simulações de solar térmico (Solterm 5)

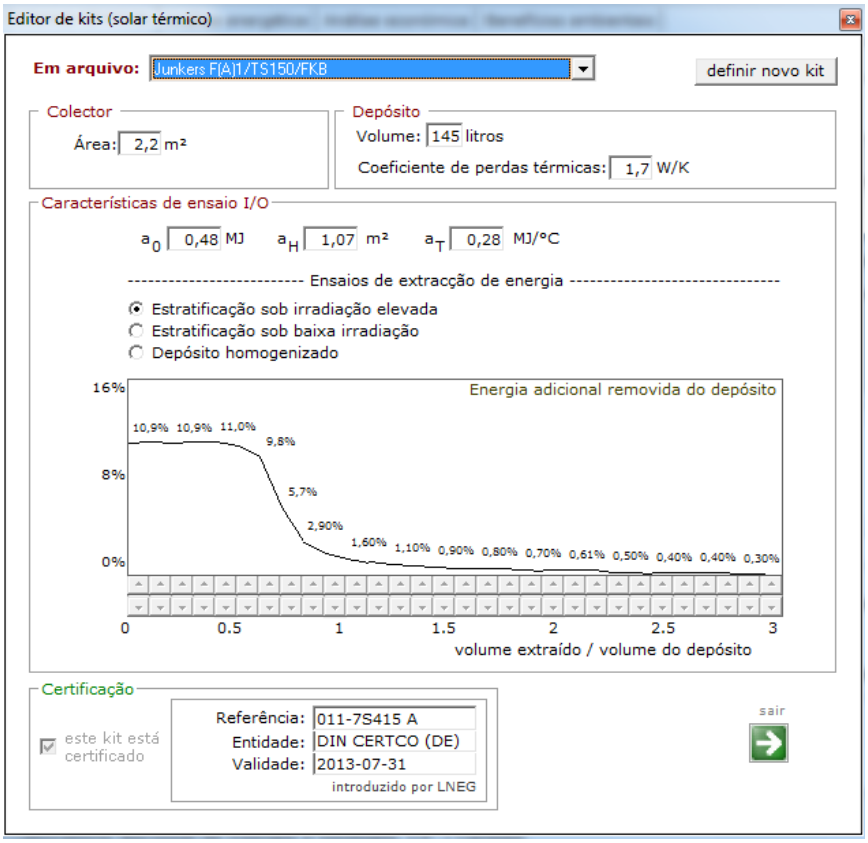


Figura A. 5 – Equipamento solar térmico.

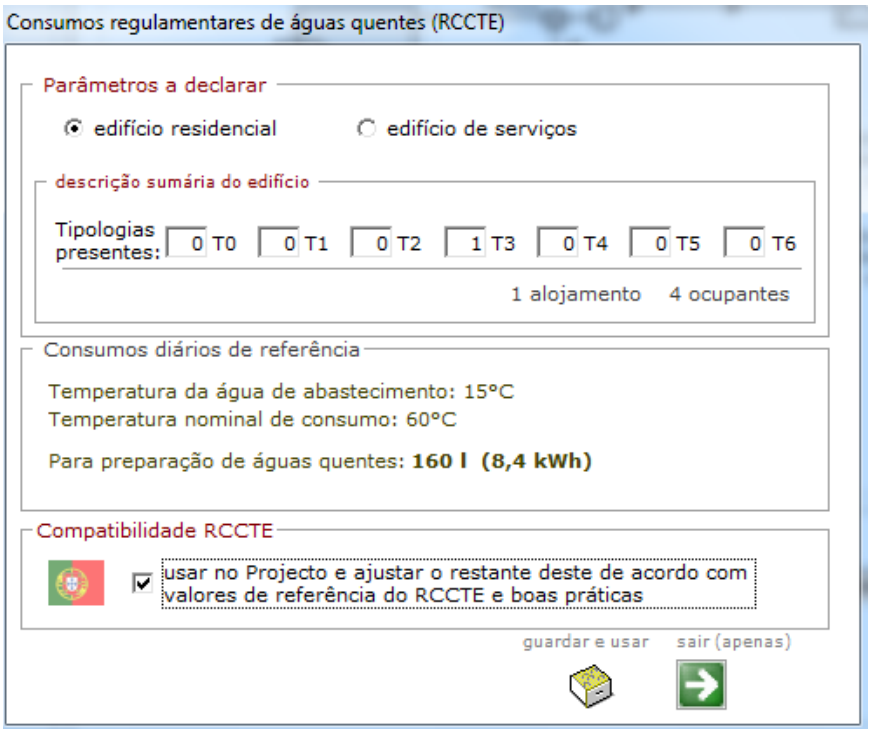


Figura A. 6 – Solar térmico, definições RCCTE.

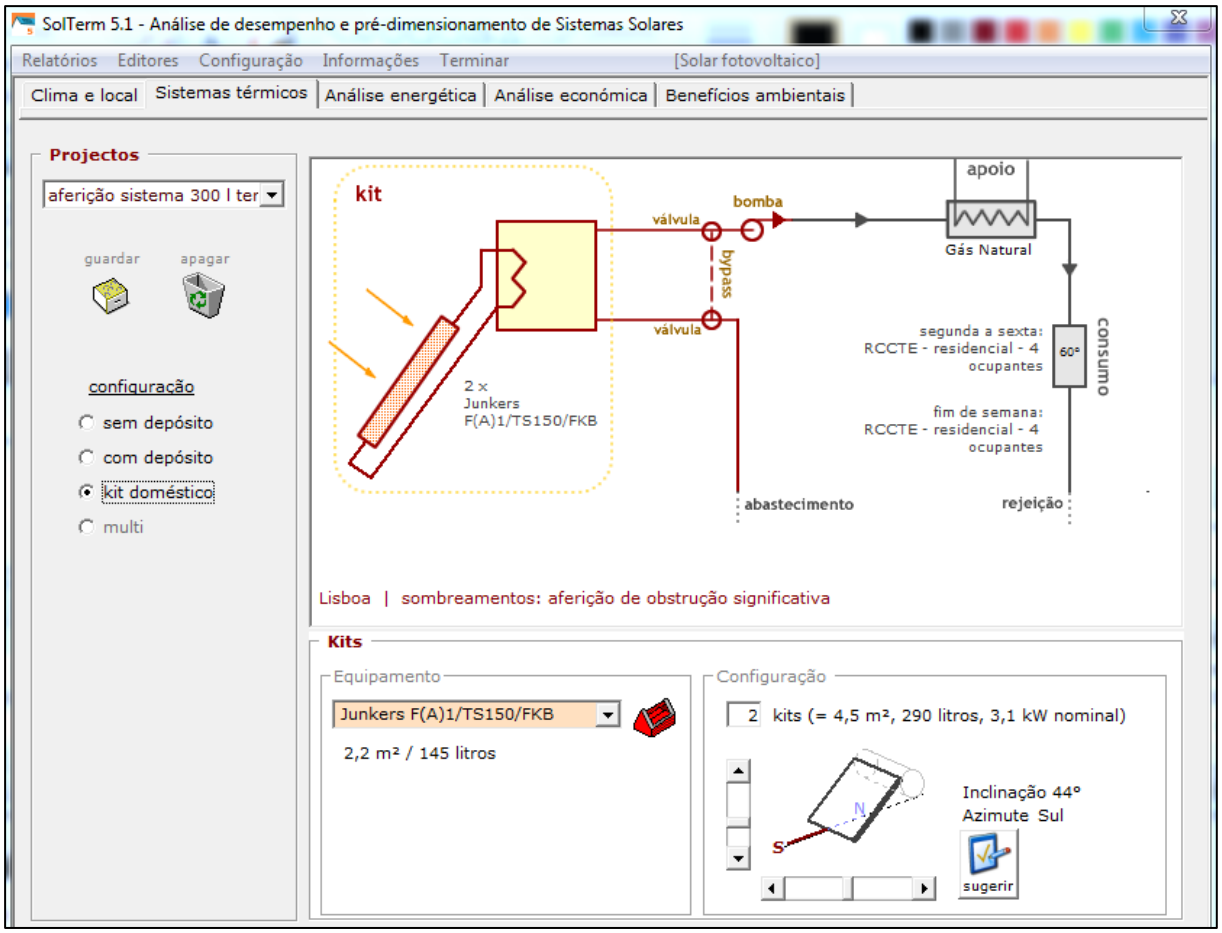


Figura A. 7 – Esquema da instalação do kit solar térmico.

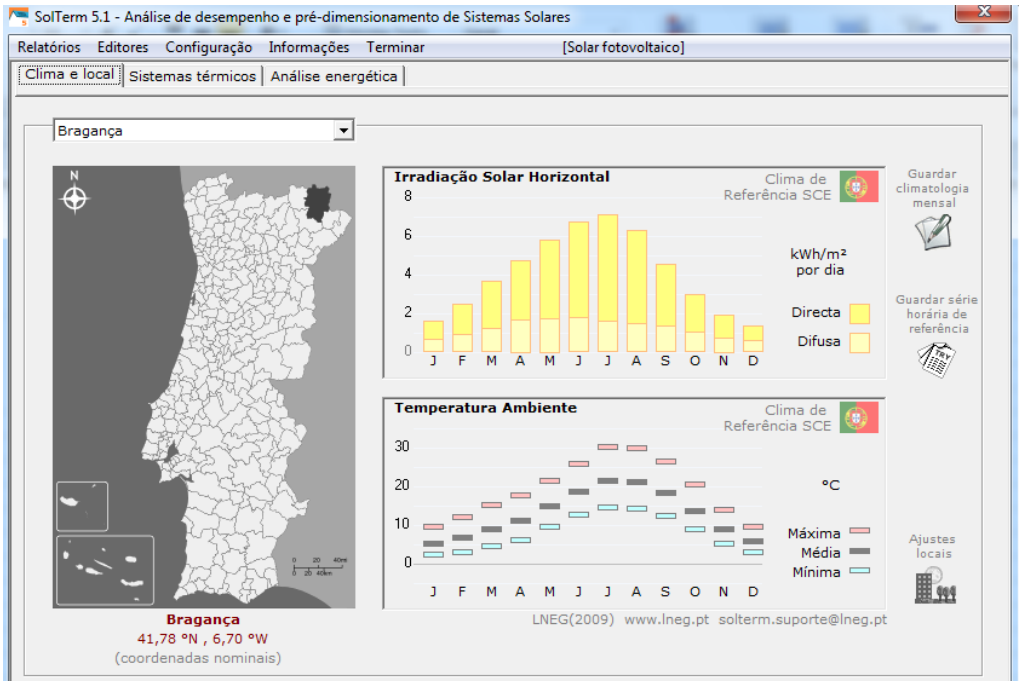
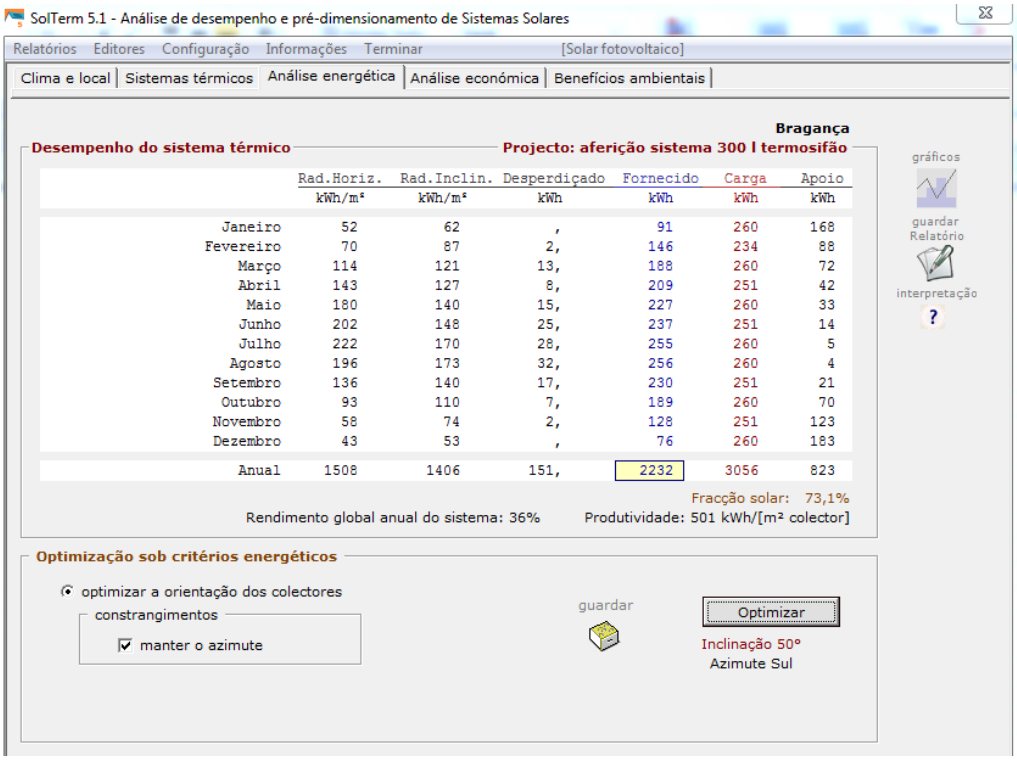


Figura A. 8 – Clima em Bragança.



	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	52	62	,	91	260	168
Fevereiro	70	87	2,	146	234	88
Março	114	121	13,	188	260	72
Abril	143	127	8,	209	251	42
Maio	180	140	15,	227	260	33
Junho	202	148	25,	237	251	14
Julho	222	170	28,	255	260	5
Agosto	196	173	32,	256	260	4
Setembro	136	140	17,	230	251	21
Outubro	93	110	7,	189	260	70
Novembro	58	74	2,	128	251	123
Dezembro	43	53	,	76	260	183
Anual	1508	1406	151,	2232	3056	823

Figura A. 9 – Análise energética em Bragança.

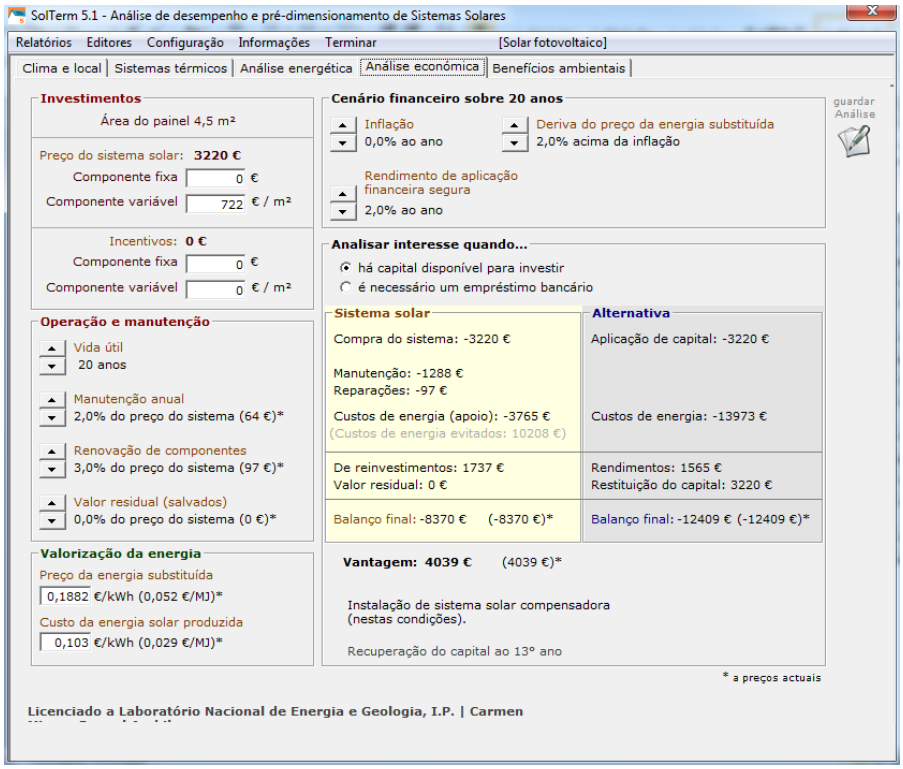


Figura A. 10 – Estudo económico substituindo electricidade, em Bragança.

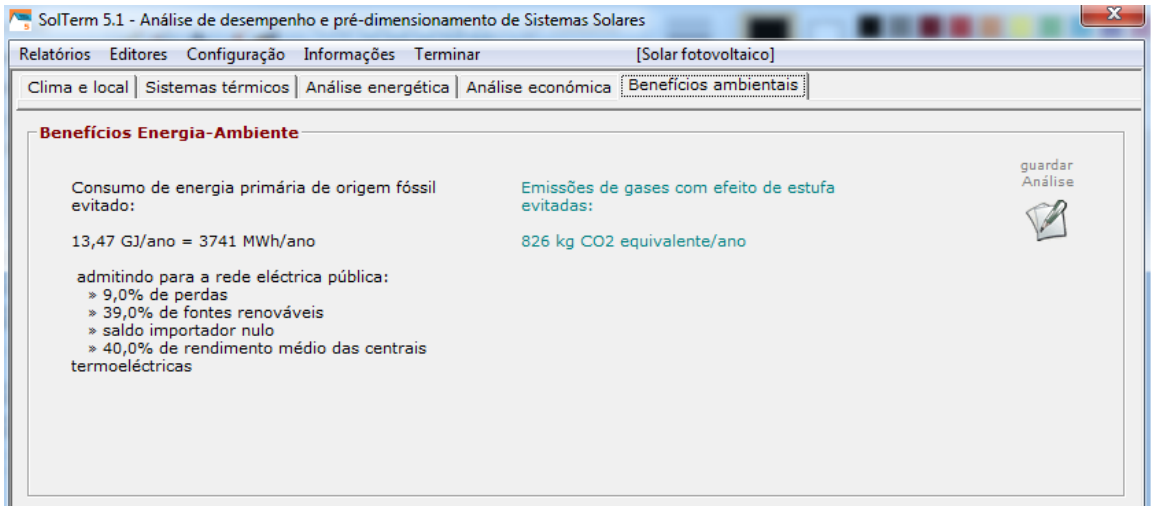


Figura A. 11 – Estudo ambiental substituindo electricidade, em Bragança.

Nota: Os testes das figuras acima foram repetidos, no caso de Bragança, para outros combustíveis. As várias condições experimentais foram replicadas, com o mesmo sistema, em Lisboa e Faro.