

**O CONSUMO DE ELETRICIDADE DO SETOR
RESIDENCIAL EM PORTUGAL: FATORES
EXPLICATIVOS.**

por

João Tiago Fernandes Ferreira

Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

Orientada por

Prof. Dra. Maria Isabel Rebelo Teixeira Soares

2015

Nota Biográfica

João Tiago Fernandes Ferreira nasceu em Braga a 25 de Julho de 1992. Completou a licenciatura em Economia pela Universidade do Minho, em 2013. Durante os três anos de licenciatura, adquiriu especial interesse pelas áreas do ambiente e da energia, sob o ponto de vista económico, o que o levou a candidatar-me ao Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente, na Faculdade de Economia do Porto. Nessa mesma instituição, realizou a presente dissertação sobre o consumo de eletricidade no setor residencial, sob a tutoria da Prof.^a Dr.^a Isabel Soares.

Agradecimentos

À Prof.^a Isabel Soares, pela sua disponibilidade em acompanhar este trabalho, pelos seus conselhos valiosos e pelo entusiasmo.

À minha família, especialmente aos meus pais, pela paciência, pela confiança depositada em mim e por todo o apoio que, felizmente, sempre obtive da sua parte.

Aos meus bons amigos, que, vivamente, sempre me incentivaram a realizar a dissertação.

Resumo

A eletricidade tornou-se imprescindível no quotidiano das famílias. Sem eletricidade, a qualidade de vida das famílias diminuiria drasticamente. Contudo, o consumo de eletricidade no setor residencial não é uniforme, o que revela a existência de fatores que afetam de forma distinta a procura desse setor.

Com este trabalho, pretende-se explorar os principais determinantes do consumo de eletricidade no setor residencial, utilizando dados para Portugal no período 1991-2013.

Os resultados indicam que o preço da eletricidade sem impostos e a taxa de fertilidade têm um impacto positivo e significativo sobre o consumo residencial de eletricidade. O preço da eletricidade com impostos e a distribuição de gás natural influenciam negativamente o consumo. Por sua vez, as temperaturas baixas, o indicador de rendimento, o número de indivíduos por alojamento e a penetração de um tipo de eletrodoméstico considerado essencial tanto em termos de qualidade de vida como de consumo de energia não têm impacto significativo na variável dependente.

Palavras-chave

Consumo de eletricidade; setor residencial; séries temporais; método dos mínimos quadrados.

Abstract

Electricity has become indispensable in the daily lives of families. Without electricity the quality of life would decrease dramatically. However, residential electricity consumption is not uniform between dwellings which reveals the existence of forces that affect the consumption of this type of energy.

This research intends to explore the main drivers of residential electricity consumption, using data from Portugal for the years between 1991 and 2013.

The results indicate that the price of electricity without taxes and the fertility rate have a positive and significant impact on the residential electricity consumption. The price of electricity with all taxes and levies included and the distribution of natural gas negatively influence consumption. In turn, low temperatures, a measure of income, the number of individuals per household and the penetration of a kind of appliance have no significant impact on the dependent variable.

Keywords

Residential electricity consumption; time series; ordinary least squares.

Índice

Capítulo 1. Introdução	1
1.1 – Segurança Energética	1
1.2 – Eficiência Energética	2
1.3 – Comportamento dos consumidores	4
1.4 – Contexto português	5
Capítulo 2. Revisão de Literatura	10
2.1 – Sobre o caso de Portugal	10
2.2 – Na Europa	11
2.3 – Nos Estados Unidos	13
2.4 – Outros estudos	15
2.5 – Conjuntos de países	16
Capítulo 3. Metodologia	18
3.1 - Seleção das variáveis explicativas	18
3.2 - Período temporal	25
3.3 - Modelo	25
Capítulo 4. Análise dos Resultados	33
Capítulo 5. Conclusão	38
5.1 – Futuros Desenvolvimentos	39
Apêndices	41
Referências	43
Anexos	47

Índice de Figuras

Figura 1. Saldo importador de energia e dependência energética de Portugal no período 1995-2013.....	2
Figura 2. Evolução do PIB per capita (a preços constantes) entre 1991 e 2013, em euros.....	6
Figura 3. Evolução do consumo de eletricidade no setor residencial em Portugal entre 1991 e 2013, em kWh.....	8
Figura 4. Variáveis explicativas.	28
Figura 5: Variáveis explicativas depois de derivado o seu logaritmo natural.....	29
Figura 6. Comparação entre os preços da eletricidade, com e sem impostos, no período 1991-2013, em euros por quilowatt-hora.....	34
Figura 7. Temperatura média anual de Portugal Continental baseada na normais de 1961/90.....	36

Índice de Tabelas

Tabela 1. Designação das variáveis e fontes dos seus dados.....	26
Tabela 2. Teste de significância individual e coeficientes das variáveis explicativas...	32

Capítulo 1. Introdução

Neste trabalho procura-se identificar o efeito de variáveis explicativas sobre o consumo de eletricidade no setor residencial, de maneira a facilitar a tomada de decisões, no futuro, pelos agentes responsáveis pela política energética, no sentido não só do aumento da eficiência energética no setor residencial, como também da segurança energética. Aliás, políticas tomadas no âmbito da promoção da eficiência energética apontam para a segurança no fornecimento de energia (Kanellakis, Martinopoulos, & Zachariadis, 2013).

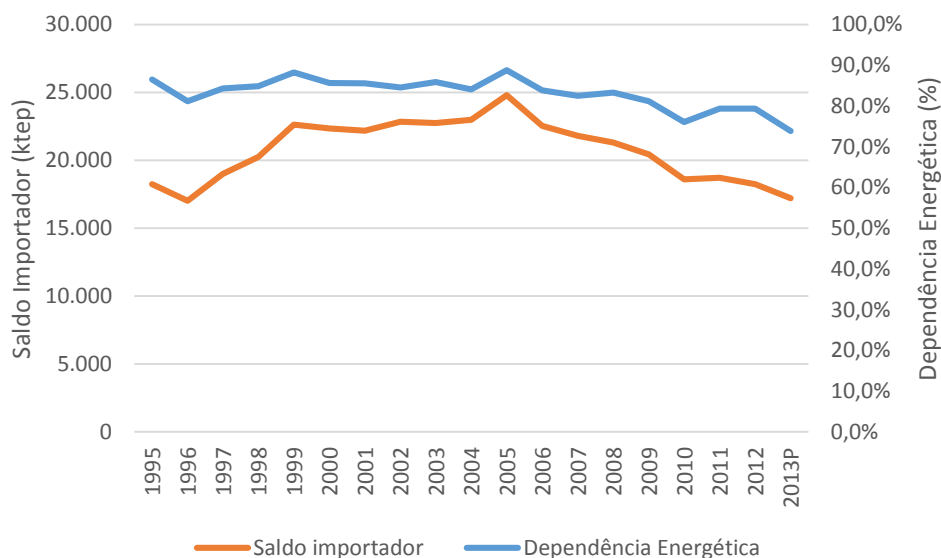
Melhores práticas de política energética têm sido perseguidas em Portugal nos últimos anos. Para além das estratégias definidas para a eficiência energética (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) e para as energias renováveis (Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis), pretende-se a plena liberalização dos mercados energéticos e o cumprimento dos objetivos de redução das emissões de gases de efeito de estufa (DGEG, 2015).

1.1– Segurança Energética

Sendo Portugal um país importador de combustíveis fósseis, esta análise torna-se indubitavelmente importante (Umbach, 2010). Portugal é um país pobre no que respeita a recursos energéticos. Para colmatar esta carência foi delineada uma estratégia que inclui uma série de políticas energéticas, no sentido da diversificação de fontes energéticas, da utilização de energias renováveis e da independência energética. A produção de eletricidade a partir da introdução de centrais de gás natural intensificou-se, bem como a produção a partir de novas centrais hidroelétricas e de energia eólica, o que foi possível devido ao aumento da capacidade instalada (Wiesmann, Lima Azevedo, Ferrão, & Fernández, 2011). A forte aposta nas energias renováveis, sobretudo na energia eólica, levou Portugal a um lugar de destaque no âmbito do desenvolvimento de energias renováveis (Shahbaz, Tang, & Shahbaz Shabbir, 2011). O gráfico da figura 1 mostra a evolução do saldo importador e da dependência energética em Portugal. Depois de 2005, ambos os indicadores apresentam uma descida, que vai ao encontro dos

esforços no âmbito energético. Apesar de ser provisório, a dependência energética apresentou em 2013 um valor recorde equivalente a 73,9% (DGEG, 2015).

Figura 1. Saldo importador de energia e dependência energética de Portugal no período 1995-2013.



Fonte: DGEG

1.2 – Eficiência Energética

A utilização eficiente de energia é fundamental na edificação da sustentabilidade, sendo uma das prioridades da política energética europeia (Comissão Europeia, 2015). O aumento da eficiência energética é considerado uma das mais eficazes maneiras de reduzir as emissões de gases de efeito de estufa, para se aumentar a segurança no abastecimento energético, assim como a competitividade industrial (Conselho Europeu, 2012), objetivos que Portugal tem prosseguido. Foi desenvolvido o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética à luz da Diretiva n.º 2012/27/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, sendo o seu principal objetivo reduzir o consumo de energia primária em 25%.

O sector residencial, em Portugal, foi responsável por 16,7% do consumo final de energia, no ano 2013. No mesmo ano, o sector residencial representou 27,2% do

consumo de energia elétrica. Para efeitos de comparação, na União Europeia (a 28 países), o consumo de energia final no setor residencial representou 26,8% do consumo total de energia final, e o consumo de eletricidade no setor residencial representou 29,7% do consumo total de eletricidade, no ano 2013. Ou seja, no ano 2013, o setor residencial português consumiu relativamente menos energia, em termos de energia final e de energia elétrica, do que o setor residencial da União Europeia (PORDATA, 2015). É precisamente o sector residencial aquele que apresenta maior potencial para que medidas de eficiência energética sejam implementadas. Isto pode ser comprovado pelo facto de as políticas de eficiência energética implementadas no sector residencial da União Europeia representarem cerca de um terço do total de medidas de eficiência energética implementadas (Filippini, Hunt, & Zorić, 2014). Contudo, a sua implementação é dificultada por barreiras e falhas de mercado. Filippini et al. (2014) apontam a falta de informação adequada, os custos de transação, barreiras de cariz financeiro, como a falta de fundos de investimento, e outras barreiras institucionais e legais. No caso da falha de informação, referem também os incentivos deficientes a proprietários e arrendatários.

De maneira a ultrapassar as barreiras mencionadas, vários planos de eficiência energética foram elaborados. As medidas presentes nestes planos têm características distintas podendo ser medidas legislativas, medidas financeiras ou medidas informativas. Dentro das medidas legislativas encontram-se sobretudo padrões de performance, quer em edifícios, quer em equipamentos domésticos, os quais tendem ser mais rigorosos com o passar do tempo, o que torna este tipo de medida relativamente eficaz (Filippini et al., 2014). As medidas informativas, tais como campanhas educacionais, e as medidas financeiras, como a atribuição de subsídios ou a dedução fiscal, apresentam algumas lacunas, especialmente se se considerar que não são continuamente colocadas em prática. O artigo de Filippini et al. (2014) mostra que, na União Europeia, as medidas informativas são menos usadas do que medidas legislativas e financeiras, sendo que em Portugal, no período compreendido entre 1976 e 2016, está prevista a adoção de 13 medidas legislativas, das quais 8 referem-se ao estabelecimento de padrões de performance, e 2 medidas de cariz informativo, o que torna Portugal num dos países com menos adoção de medidas de eficiência energética, estando apenas à

frente do Chipre. Contudo, é necessário ter em conta que o resultado destas medidas depende de como forem conjugadas umas com as outras.

1.3 – Comportamento dos consumidores

No setor residencial, a eletricidade é um dos principais tipos de energia consumidos. As famílias criaram, naturalmente, uma dependência pela energia elétrica, muitas vezes sem se aperceberem disso, uma vez que o consumo de eletricidade no setor residencial, assim como o consumo de outros tipos de energia, está relacionado com diferentes práticas que compreendem o uso de tecnologia (Gram-Hanssen, 2011). O mesmo autor explica como práticas diárias ligadas ao consumo de energia, tais como iluminação ou aquecimento, são, em primeira instância, assimiladas e aprendidas, para depois entrarem na rotina do consumidor.

No seu estudo sobre o comportamento dos consumidores domésticos de energia, Yohanis (2012) infere que 77% destes consumidores estão conscientes de questões gerais relativas ao consumo energético e ao ambiente, o que, segundo o autor, é encorajador. No entanto, a tomada de medidas de eficiência energética por parte do grupo estudado não reflete este nível de consciência.

A um inquérito realizado no Reino Unido (Gram-Hanssen, 2011), a maioria dos indivíduos respondeu que não estão dispostos a investir em medidas de eficiência energética para as suas habitações. Apesar da larga maioria dos inquiridos considerar a poupança de energia, não só uma poupança económica, como também uma obrigação moral, existe ainda muita relutância em agir nesse sentido. Por exemplo, 50% dos indivíduos afirma que dificilmente investirão em aparelhos de poupança de energia. Outra prática comumente realizada, neste caso por 50% da população estudada, é deixar os aparelhos eletrónicos em standby, o que em média representa 10% da eletricidade consumida no setor residencial. De Almeida, Fonseca, Schlomann, & Feilberg (2011) propõem medidas de poupança de eletricidade, no setor residencial, baseadas na redução do consumo *standby* e na mudança de comportamento dos consumidores.

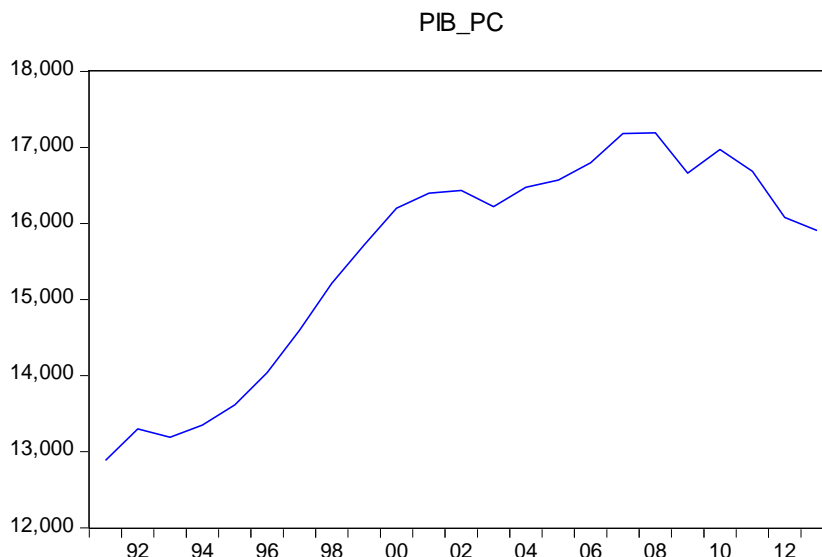
De modo a alertar os consumidores para a necessidade de eficiência energética no setor residencial, os estudiosos nesta área propõem várias medidas de política energética. Grande parte destas medidas relaciona-se com a falta de informação, que deve ser colmatada com difusão eficaz da informação juntamente com melhoramentos tecnológicos (Leighty & Meier, 2011). Yohanis (2012) considera que as empresas devem fornecer informação mais eficiente e prática, concernente ao consumo de energia, especialmente nas faturas energéticas. Gram-Hanssen (2011) descreveu, no seu artigo, a importância do conselheiro energético que informava o mais corretamente as famílias estudadas. Num estudo semelhante, Ek & Söderholm Patrik (2010) referem que o consumo de eletricidade no setor residencial da Suécia seria mais eficiente se os consumidores fossem informados ao nível económico, bem como ao nível ambiental. As vantagens dos contadores inteligentes são destacadas por Vassileva, Wallin, & Dahlquist (2012). Mudanças no ambiente regulatório, campanhas informacionais com mensagens claras e simples e incentivos financeiros são as medidas propostas por De Almeida et al. (2011), no seu estudo sobre o consumo de eletricidade no setor residencial de doze países da União Europeia. Estes defendem a rápida implementação de padrões de performance em produtos de uso doméstico associados a consumo energético.

1.4– Contexto português

Entre 1991 e 2013, a realidade económica portuguesa esteve em constante mudança. Em 1991, Portugal cumpria o seu 5º ano de União Europeia. A partir desse ano, a sua economia cresceu gradualmente, tendo ganho o setor dos serviços um peso preponderante. Entre o final da década de 1990 e os primeiros anos do novo milénio, o setor financeiro, dos transportes, das telecomunicações e da energia cresceu consideravelmente (Shahbaz et al., 2011). Contudo, o início da circulação do euro em Portugal, em 2002, constituiu um marco importante na economia deste país. Depois de uma década de prosperidade, o início do novo milénio foi marcado pelo crescente atraso

da economia portuguesa em relação aos seus pares europeus. A Figura 2 apresenta a evolução do PIB¹ *per capita*, em Portugal, entre os anos 1991 e 2013.

Figura 2. Evolução do PIB per capita (a preços constantes) entre 1991 e 2013.



Fonte: PORDATA

Apesar do mercado energético português ser relativamente pequeno e existirem poucos recursos energéticos dentro do país, o rápido crescimento da economia, no período que foi referido, contribuiu para que o consumo de eletricidade aumentasse.

O mercado da eletricidade foi liberalizado em 2004, mas na prática, o consumidor final só pôde escolher o seu fornecedor de energia em Setembro de 2006, pelo que é legítimo afirmar que o mercado foi totalmente liberalizado apenas em 2006 (Ferreira, Araújo, & O'Kelly, 2007). Um mercado da eletricidade liberalizado oferece mais eficiência ao nível da produção e do consumo, o que resulta no aumento da qualidade do acesso à energia por parte dos consumidores e torna os preços mais competitivos, que por sua vez, reduz as faturas da eletricidade. Em Portugal, existe um grande incumbente no mercado, detendo a maior parte da quota de mercado, e a produção da eletricidade beneficia de um preço garantido pelo Estado (Amorim, Vasconcelos, Abreu, Silva, & Martins, 2013).

¹ Produto Interno Bruto.

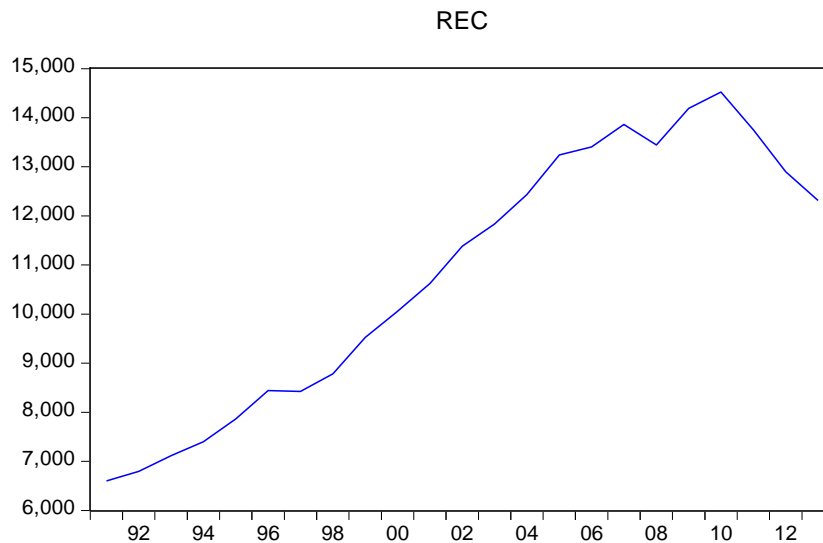
Em relação aos outros setores, o consumo de eletricidade no setor residencial manteve-se, ao longo do período analisado, entre os 26% e os 30% do consumo total de eletricidade. Desde 2009 (ano em se registou o valor mais alto, correspondente a 29,7%), porém, o consumo de eletricidade no setor residencial tem diminuído progressivamente em relação aos restantes setores (PORDATA, 2015).

Em relação ao consumo de outros tipos de energia, o consumo total de eletricidade representou 24,6%, em 2013 (EUROSTAT, 2015).

A figura 3 apresenta a evolução do consumo de eletricidade no setor residencial português entre os anos 1991 e 2013. O consumo de eletricidade no setor residencial cresceu progressivamente desde 1991 até 2007, tendo este crescimento apresentado um ligeiro abrandamento em 1997, precisamente no ano em que o gás natural foi introduzido em Portugal. O gás natural constituiu uma nova alternativa energética a produtores e utilizadores, diversificando por isso a matriz energética de Portugal. Para além de ser uma energia limpa, as vantagens inerentes à introdução do gás natural refletiram-se na competitividade da indústria, no bem-estar social e na segurança de abastecimento energético (AGN, 2015). Também nesse ano, Portugal assinou o Protocolo de Quioto, a fim de reduzir o seu nível de emissões atmosféricas (UNFCCC, 2015). De acordo com a IEA² (2004), o forte crescimento do consumo de eletricidade neste período deveu-se à crescente utilização de aparelhos eletrónicos no setor residencial, especialmente aparelhos de ar condicionado.

² *International Energy Agency.*

Figura 3. Evolução do consumo de eletricidade no setor residencial em Portugal entre 1991 e 2013, em kWh³.



Fonte: Eurostat

Contudo, em 2008 verifica-se uma quebra no consumo de eletricidade no setor residencial, o que pode ter sido motivado pelo início da crise financeira global, que se refletiu severamente em Portugal (IEA, 2009). A esta quebra seguiu-se um aumento no consumo de eletricidade nos dois anos seguintes. A partir de 2011, o consumo voltou a cair. Esta queda no consumo pode ser vista como um reflexo das medidas de austeridade tomadas pelo executivo eleito em 2011. Nesse ano, foi aplicada a taxa normal de IVA (23%) sobre a eletricidade e o gás natural. Até então, tinha sido aplicada a taxa reduzida de IVA (6%). Com esta medida, o governo pretendeu controlar a despesa do Estado. A maior parte dos consumidores sentiu o aumento do preço dos dois tipos de energia, no entanto o impacto desta medida sobre os consumidores de menores recursos é atenuado pela tarifa social⁴.

Assim, a questão central desta dissertação pode ser resumida da seguinte forma: “Quais os *drivers* do consumo residencial de eletricidade em Portugal?”

Após esta introdução em que se procurou explorar as motivações que tornam o consumo de eletricidade no setor residencial em Portugal num objeto de estudo importante do

³ Quilowatt-hora.

⁴ Mecanismo de proteção aos consumidores economicamente vulneráveis, criado pelo Governo, decorrente do processo de liberalização dos mercados e da extinção das tarifas reguladas.

ponto de vista económico e de política energética, segue-se a revisão da literatura existente sobre o tema, realizada no capítulo 2. No capítulo 3, é explanada a metodologia aplicada ao problema de investigação. Os resultados do modelo de análise são expostos no capítulo 4. Por fim, no capítulo 5, são debatidas as principais conclusões e lançadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2. Revisão de Literatura

A literatura sobre o consumo de energia no setor residencial é extensa. Na segunda metade da última década até à atualidade, estudos sobre esta matéria tornaram-se mais frequentes. A crise global e os objetivos de eficiência são responsáveis pelo aumento da investigação nesta área. No primeiro capítulo deste trabalho foram já apontadas as razões que justificam a investigação do consumo de energia no setor residencial.

Generalizando, existem dois tipos de análise ao consumo de energia no setor residencial. Muitos autores procuram explicar o consumo de acordo com dados relacionados com as características do alojamento, tais como o isolamento, o ano de construção ou a área total do alojamento e a utilização de eletrodomésticos, algumas vezes mesmo com especificações técnicas. A outra corrente de análise foca-se primariamente em indicadores económicos, climáticos e demográficos, onde também se insere este trabalho.

Nesta secção, são destacados os autores que contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento nesta área. São mencionadas as metodologias seguidas, os países ou conjuntos de países estudados, e as principais conclusões da literatura. A revisão de literatura incide essencialmente sobre a literatura mais recente, isto é artigos publicados a partir de 2008.

2.1 – Sobre o caso de Portugal

O consumo de eletricidade no setor residencial português não é um assunto muito explorado, em comparação com outros países. Para melhor compreensão, interessa rever o estudo de Wiesmann et al. (2011) sobre o consumo de eletricidade no setor residencial português, o qual revela que as características dos alojamentos, como a área total, têm influência no consumo de eletricidade. Os autores concluíram que o efeito direto do rendimento sobre o consumo de eletricidade no setor residencial é fraco e tende a ser menos significativa, quando mais variáveis explicativas relevantes são adicionadas à análise. Concluíram também que o consumo de eletricidade diminui quando o agregado

familiar aumenta, e que famílias que vivem em zonas com mais *heating degree days* (HDD⁵) tendem a consumir menos eletricidade do que famílias que vivem em zonas temperadas, sendo que este último resultado contraria a lógica dessa variável. Estes autores recorreram a dois tipos de dados: dados agregados de 2001 ao nível municipal e dados obtidos a partir de um inquérito realizado em 2005 e 2006, aos consumidores a nível nacional, a que tiveram acesso. A partir daí, os autores utilizaram o método dos mínimos quadrados para determinarem os coeficientes das suas variáveis explicativas.

Shahbaz et al. (2011) examinaram a relação entre o consumo de eletricidade total, o crescimento económico e o emprego em Portugal. Fazendo uso do teste de causalidade de Granger⁶, concluíram que as três variáveis são cointegradas⁷ no longo prazo, ou seja, existe uma relação de longo prazo entre as três. No curto prazo, concluíram existir uma relação unidirecional entre o crescimento económico e o consumo de eletricidade. Por outras palavras, o crescimento económico acarreta mais consumo de eletricidade, no curto prazo.

2.2 – Na Europa

Em Espanha, a procura de eletricidade no setor residencial aumentou significativamente entre 2000 e 2007, porém diminuiu entre 2008 e 2010 devido à crise financeira. Neste país, o setor residencial consome cerca de 17% do total de energia consumida e 25% do total de eletricidade consumida. O artigo de Romero-Jordán, Peñasco, & del Río (2014) identifica o impacto que uma série de variáveis, entre as quais estão o hábito, o preço da eletricidade, o preço do gás natural, o rendimento, *heating degree days* e o número de indivíduos por alojamento, tem sobre a procura residencial de eletricidade. É utilizado o modelo de ajustamento parcial⁸, para estimar as elasticidades do preço e rendimento de curto e longo prazo. Os resultados obtidos, como seria expetável, mostram que a procura de eletricidade é influenciada positivamente pela procura do ano anterior, pelo

⁵ Graus diários em que se torna necessário aquecimento.

⁶ O teste de causalidade de Granger serve para determinar o sentido causal entre duas variáveis.

⁷ A cointegração é uma propriedade estatística das séries temporais.

⁸ Modelo econométrico, segundo o qual se formam expectativas sobre o que acontecerá no futuro, baseando-se em eventos passados.

rendimento e pela amplitude térmica, e negativamente influenciada pelo preço da eletricidade. Contrariamente ao que era esperado, o preço do gás natural influencia negativamente a procura de eletricidade. As elasticidades do preço são -0,26 e -0,37, no curto e longo prazo, respetivamente. As elasticidades do rendimento são 0,31 e 0,43 no curto e longo prazo, respetivamente, o que demonstra que o consumo de eletricidade no setor residencial espanhol reage mais a variações no rendimento do que a variações no preço.

Blázquez, Boogen, & Filippini (2013), que estudaram o consumo de eletricidade no setor residencial de Espanha, no período compreendido entre 1998 e 2009, em 47 províncias espanholas, encontraram resultados semelhantes aos resultados encontrados no artigo supracitado. As elasticidades do preço, no curto e no longo prazo, são menores que 1, e são menores, em valor absoluto, do que as elasticidades de rendimento. Os seus resultados ditaram que as variáveis climáticas são determinantes na explicação do consumo, sendo que este reage positivamente à variável HDD e à variável CDD⁹. O hábito de consumo, o rendimento e a população são outras variáveis que influenciam positivamente o consumo. Em contrapartida, o preço da eletricidade, o tamanho do agregado familiar e a penetração do gás no setor residencial conduzem a menores valores do consumo de eletricidade. Também à semelhança de Romero-Jordán et al. (2014), estes autores utilizaram o modelo de ajustamento parcial.

Labandeira, Labeaga, & López-Otero (2012), que também estudaram o consumo de eletricidade no setor residencial espanhol, estimam que, por um lado, a elasticidade do preço seja -0,25 no curto prazo, o que comprova novamente a rigidez da procura de eletricidade em relação à variação no seu preço. Por outro lado, a procura de eletricidade torna-se mais elástica, à medida que o rendimento aumenta. Estes autores sugerem que o aumento no preço da eletricidade levaria a que o setor residencial fizesse um uso mais eficiente desse tipo de energia.

Em Itália, o consumo de eletricidade foi analisado no setor doméstico e não-doméstico (Bianco, Manca, & Nardini, 2009). Utilizando modelos de predição e regressões lineares, os autores descobriram que a elasticidade do preço é, no curto prazo, igual a -

⁹ *Cooling degree days* (em português, “*graus diários em que é necessário arrefecimento*”).

0,06, e no longo prazo é igual a -0,24. Os resultados deste estudo convergem com os resultados dos estudos realizados em Espanha, visto que a procura de eletricidade no setor residencial responde mais facilmente a variações no rendimento. As variáveis explicativas utilizadas foram o PIB, o PIB *per capita*, a população e o preço da eletricidade. Como recomendação para futuros trabalhos, Bianco et al. (2009) sugerem a não utilização do preço da eletricidade em modelos de predição para o consumo de eletricidade em Itália, visto que a elasticidade do preço é limitada, e por isso mesmo, também desaconselham políticas energéticas baseadas nos preços da eletricidade para aumentar o uso eficiente da eletricidade.

McLoughlin, Duffy, & Conlon (2012) recolheram dados sobre consumo de eletricidade no setor residencial irlandês, em 2010, através de contadores inteligentes. A partir desses dados, realizaram um estudo sobre este tema, recorrendo exclusivamente a características relacionadas com a habitação (tipo de habitação, agregado familiar, eletrodomésticos, etc.). Para interesse deste trabalho, destacam-se as duas seguintes conclusões: o número de indivíduos por alojamentos tem um efeito positivo no consumo de eletricidade e o facto da pessoa mais velha do alojamento ter entre 36 e 55 anos também incrementa o consumo. Esta última conclusão pode ser interpretada como um indicador da presença de crianças na habitação.

2.3 – Nos Estados Unidos

O consumo residencial de energia é 22% do consumo final de energia nos Estados Unidos da América (Kaza, 2010). O crescente consumo de energia neste país é explicado pelo fraco desenvolvimento da densidade, pelo aumento da área das habitações, pela diminuição do agregado familiar nas habitações e pelo aumento do uso de eletrodomésticos, apesar dos padrões cada vez mais apertados de eficiência energética. Kaza (2010) sugere que os agentes responsáveis pela execução da política energética, nos Estados Unidos, devem concentrar os seus esforços nas habitações ineficientes a nível energético. Neste sentido, foi aplicado o método da regressão por

quantis¹⁰, de modo a conseguir observar os efeitos de vários fatores, em toda a distribuição do espectro do consumo de energia, em vez de se focar apenas em médias, procurando-se especialmente o efeito na cauda inferior (*low energy users*) e na cauda superior (*high energy users*). Na cauda inferior, é esperado que o clima, o tamanho da habitação e o agregado familiar tenham um impacto positivo sobre o consumo de energia, se bem que esta última variável pode não ter qualquer efeito, assim como se espera não o terem a idade da habitação, a densidade da vizinhança, o rendimento e a propriedade (se se é proprietário, se se é arrendatário ou se não se paga). O preço tem um impacto negativo sobre o consumo de energia na cauda inferior. Na cauda superior, espera-se que o clima, o tamanho, a idade, rendimento e a propriedade influenciem positivamente o consumo de energia, ao passo que o preço e o tipo de casa o influenciem negativamente. O efeito do agregado familiar e da densidade da vizinhança pode ser positivo e negativo, respetivamente.

No seu artigo, Nakajima & Hamori (2010) utilizam técnicas de cointegração para estimar as elasticidades de preço e rendimento, antes e depois da desregulação dos mercados de eletricidade, em muitos dos estados dos Estados Unidos. As variáveis explicativas são o preço da eletricidade, o rendimento real *per capita* e temperatura. A principal descoberta deste trabalho é o facto de não haver uma diferença significativa na elasticidade do preço entre estados que desregularam o seu mercado elétrico e estados que mantiveram o mercado regulado, havendo pouca sensibilidade a variações no preço, em ambos os casos.

Alberini & Filippini (2011), através do modelo dinâmico de ajustamento parcial, concluíram que, à semelhança de outros estudos, o preço da eletricidade, preço do gás natural e o tamanho médio de um agregado familiar têm impactos negativos na procura de eletricidade no setor residencial. Temperaturas altas e temperaturas baixas e a presença do hábito fazem variar positivamente o consumo de eletricidade. O rendimento é irrelevante na explicação do consumo residencial de eletricidade. Corroborando a literatura, existe mais sensibilidade ao preço da eletricidade no longo prazo do que no curto prazo.

¹⁰ A regressão por quantis é um tipo de regressão que procura estimar a mediana ou outros quantis da variável dependente.

Apesar de muitos estudos convergirem no que diz respeito à pouca sensibilidade dos consumidores domésticos face ao preço da eletricidade, Alberini, Gans, & Velez-Lopez (2011) obtiveram valores elevados de elasticidade do preço da eletricidade, pelo que sugerem medidas de políticas energéticas relacionadas com o preço. Utilizam modelos estáticos e modelos dinâmicos, como o modelo do ajustamento parcial.

Leighty & Meier (2011) descrevem uma interrupção inesperada no fornecimento de eletricidade, numa cidade do Alasca. O preço da eletricidade aumentou repentinamente, tendo os seus habitantes diminuído o consumo de eletricidade em 25%, em apenas poucos dias. Além disso, os habitantes de Juneau mantiveram o baixo consumo nas semanas que sucederam a interrupção, o que, segundo os autores, comprova que o preço é um forte motivador para a conservação de energia.

O artigo de Song, Aguilar, Shifley, & Goerndt (2012) foi especialmente útil para a proposta das variáveis explicativas do consumo de eletricidade no setor residencial português, apesar do tema do artigo em causa ser o consumo de madeira como fonte energética no setor residencial dos Estados Unidos. As variáveis que Song et al. (2012) propõem são: preço das energias exceto o preço da madeira, o número de casas ocupadas, rendimento *per capita*, o salário médio, *heating degree days* e uma variável tendência, as quais são inseridas num modelo de cointegração.

2.4 – Outros estudos

Países em vias de desenvolvimento também têm sido utilizados como objeto de estudo. Adom, Bekoe, & Akoena (2012) utilizaram dados do Gana para estimar as elasticidades de rendimento de curto e longo prazo, através do modelo ARDL¹¹, as quais são, respetivamente, 0,837 e 1,591, revelando extrema sensibilidade por parte dos consumidores face ao seu rendimento. No curto e longo prazo, o PIB *per capita* e o grau de urbanização influenciam positivamente o consumo de eletricidade no setor residencial, ao passo que a eficiência da indústria o influencia negativamente.

¹¹ *Autoregressive Distributed Lag Model*. Este modelo tem o objetivo de determinar a existência de uma relação de longo prazo entre variáveis que se apresentam sob a forma de séries temporais.

Dados de Singapura foram utilizados por Xu & Ang (2014). No seu artigo expõem as principais questões de se utilizar o método da análise por decomposição de índices¹² para analisar as variações no consumo de energia no setor residencial. Este método decompõe as variações no consumo em três efeitos: atividade, estrutura e intensidade, fornecendo informação útil para a política energética. Os autores apontaram 12 indicadores capazes de criar impactos significativos no consumo de energia no setor residencial, o que constitui uma informação crucial para o meu estudo. Estes são colocados dentro de sete diferentes categorias. Existem, então, *drivers* demográficos que são o número de habitações e a população; *drivers* climáticos que são o número de dias em que é necessário aquecimento ou arrefecimento; *drivers* estruturais que podem ser grupos de rendimento, idade dos residentes e tipo de habitação; *drivers* relacionados com o estilo de vida, podendo ser o tamanho da habitação, número de residentes e a presença de aparelhos eletrónicos e eletrodomésticos; *drivers* tecnológicos, destacando-se a eficiência energética. Os *drivers* económicos (preços da energia e rendimento) e os *drivers* individuais (consciência e atitude do consumidor) são forças indiretas na medida em que interagem com os outros *drivers*.

2.5 – Conjuntos de países

Houve ainda autores que recentemente estudaram blocos de países em vez de selecionarem apenas um país para ser analisado como fizeram os autores supracitados.

Através de um modelo de dados em painel, dados estes relativos aos estados dos Estados Unidos e aos países da União Europeia para o período compreendido entre 1990 e 2004 (dados disponíveis até 2003 no caso da União Europeia), Azevedo, Morgan, & Lave (2011) concluíram que a elasticidade do preço situa-se entre os valores -0,20 e -0,21 na União Europeia e entre os valores -0,21 e -0,25 nos Estados Unidos. A elasticidade do rendimento varia entre -0,157 e -0,381 para as duas áreas, conjuntamente. Como variáveis estatisticamente significativas, os autores constataram que o preço da eletricidade provoca variações negativas no consumo de eletricidade em

¹² A decomposição de índices é uma técnica utilizada para estudar alterações no consumo de energia dentro dos grandes setores consumidores.

ambas as áreas, a temperatura é responsável pelo aumento do consumo de eletricidade nos Estados Unidos e as despesas de consumo provocam uma variação negativa do consumo de eletricidade nos Estados Unidos, no setor residencial.

No seu artigo sobre consumo de energia, Kumar & Smyth (2008) verificaram uma relação de longo prazo entre a formação de capital, o consumo de energia e o PIB real. Um aumento de 1 ponto percentual no consumo de energia tem um impacto positivo no PIB real correspondente ao intervalo compreendido entre 0,12 e 0,39 pontos percentuais, enquanto um aumento de 1 ponto percentual na formação de capital tem um impacto positivo no PIB real correspondente ao intervalo compreendido entre 0,1 e 0,28 pontos percentuais.

Lee & Chiu (2011) estudaram 24 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) no período compreendido entre 1978 e 2004. Verificaram que o PIB real *per capita* tem impacto significativo e positivo no consumo residencial de eletricidade e a temperatura tem impacto significativo e negativo no consumo residencial de eletricidade, ao passo que o preço da eletricidade não tem significância estatística. Identificaram também uma elevada elasticidade de rendimento variando entre os valores 0,919 e 1,685, e uma baixa elasticidade de preço que varia entre os valores -0,233 e 0,065, o que corresponde à grande parte dos resultados dos diferentes artigos realizados neste âmbito.

Revista a literatura, é legítimo concluir que não existe uma unanimidade clara entre os resultados dos diferentes estudos. A existência de unanimidade entre os resultados seria, à partida, muito difícil de observar, uma vez que foram estudadas amostras de países diferentes, a nível económico e de política energética. A seleção das variáveis explicativas também varia, à exceção do preço, do indicador de rendimento e de uma variável climática, que estão presentes em quase todos os trabalhos. Mesmo a seleção dos métodos de análise não foi igual em todos os estudos. Contudo, quando foram recolhidos dados em painel, observa-se uma predisposição para a utilização do modelo de ajustamento parcial.

Capítulo 3. Metodologia

Ao longo deste capítulo, será explicado, de forma pormenorizada o modelo escolhido: a seleção das variáveis explicativas, do período temporal e a opção metodológica seguida, as suas características e pressupostos.

3.1 - Seleção das variáveis explicativas

Para explicar o consumo de eletricidade no setor residencial, são normalmente utilizadas três variáveis explicativas fundamentais: preço da eletricidade, preço de um substituto da eletricidade e um indicador de rendimento (Wiesmann et al., 2011). No entanto, não existe impedimento à inclusão de outras variáveis explicativas, desde que sejam devidamente fundamentadas. Romero-Jordán et al. (2014) sugerem que o consumo de eletricidade no setor residencial é uma função do hábito dos consumidores, do rendimento, dos preços da eletricidade e do gás natural, do clima, do uso de eletrodomésticos e de outros fatores socioeconómicos.

Seguidamente são justificadas as variáveis escolhidas para este modelo.

- **Preço médio ponderado da eletricidade**

O preço da eletricidade é fundamental para o funcionamento atual da economia e da sociedade, uma vez que afeta diretamente os custos de produção e a eficiência energética, e serve também como base de referência para o custo de vida num país. Com efeito, o preço da eletricidade é influenciado pelo custo dos recursos energéticos e pela eficiência dos mercados de eletricidade, constituindo, por isso, parte dos objetivos europeus de integração económica a gradual liberalização dos mercados, de modo a incrementar a eficiência energética e fazer descer os preços para os consumidores finais (EUROSTAT, 2015).

De acordo com a teoria económica, a lei da procura define que o preço de um bem influencia negativamente a quantidade procurada do mesmo. Para efeitos deste estudo, pretendo verificar se o preço da eletricidade é um bom indicador na explicação do

consumo de eletricidade no setor residencial. Espera-se que os consumidores reajam a flutuações no preço, consumindo menos eletricidade quando o preço aumenta e vice-versa.

O preço da eletricidade é calculado através de duas metodologias diferentes. Até ao 1º semestre de 2007, os valores semestrais do preço da eletricidade correspondem ao preço da eletricidade do dia 1 de Janeiro, no caso do 1º semestre, e ao preço da eletricidade do dia 1 de Julho, no caso do 2º semestre. Os valores são recolhidos a partir de tarifas de eletricidade. A partir do 2º semestre de 2007, os valores apresentados para o preço da eletricidade consistem na média dos preços diários, entre 1 Janeiro e 30 de Junho para o 1º semestre, e entre 1 de Julho e 31 de Dezembro para o 2º semestre. Segundo o Eurostat, a liberalização dos mercados de energia é responsável por esta nova metodologia no cálculo do preço da eletricidade, tornando a análise dos valores mais transparente.

Os valores para a variável preço da eletricidade são semestrais e dizem respeito apenas à banda de consumo DC¹³, a qual, segundo o Eurostat, é a banda média de consumo e de referência para efeitos comparativos entre a União Europeia. Contudo, devido à utilização de duas metodologias diferentes no cálculo do preço da eletricidade (uma utilizada até ao 1º semestre de 2007, a outra utilizada a partir do 2º semestre de 2007), a caracterização da banda DC difere também. De acordo com a antiga metodologia, dentro da banda de consumo DC estão os consumidores domésticos que apresentavam, nesse período, um consumo anual no valor de 3.500 kW/h. De acordo com a nova metodologia, inserem-se dentro da banda de consumo DC, os consumidores domésticos que apresentam, neste período, um consumo compreendido entre 2.500 e 5.000 kW/h.

Apesar dos valores serem semestrais, só serão utilizados os valores de cada primeiro semestre, assumindo esse preço como preço médio anual. O motivo para não ser realizada uma análise semestral, como era inicialmente desejado, prende-se com o facto de todas as outras variáveis possuírem valores anuais.

¹³ A partir do 2º semestre de 2007, foram definidas cinco bandas de consumo anual de eletricidade para o setor doméstico que são: DA, DB, DC, DD e DE, sendo que a banda DA corresponde à banda de consumo menor e a banda DE corresponde à banda de consumo maior.

- **Preço médio ponderado da eletricidade com impostos**

Uma das variáveis explicativas é o preço da eletricidade com impostos, sendo que este é o preço que recai verdadeiramente sobre os consumidores finais. Este é um dos *drivers* mais importantes neste estudo, pois é esperado que o preço seja um fator determinante no consumo de eletricidade por parte do setor residencial.

A evolução do preço da eletricidade com impostos oscilou entre 1991 e 1999. Contudo, a partir de 2000 apresentou uma tendência ascendente, tendo aumentado abruptamente entre 2011 e 2012, já que em 2011 foi introduzida a nova taxa IVA sobre os produtos energéticos, a qual passou de 6% para 23%.

- **Preço médio ponderado da eletricidade sem impostos**

Apesar do preço da eletricidade sem impostos não incidir diretamente no consumidor final, esta variável indica o custo de produção da eletricidade. Sem impostos, o preço da eletricidade reflete o *mix* de produção de eletricidade em Portugal, o qual varia ao longo dos anos e é diferente de outros países. A termo de exemplo, o *mix* de eletricidade, num determinado ano, depende da pluviosidade desse ano, visto que a participação hidrológica na produção de eletricidade em Portugal tem um peso significativo. Recorde-se o ano 2005, caracterizado por uma forte seca generalizada. Comparando os balanços de 2005 e 2006, observa-se que em 2005 foi utilizado mais carvão, petróleo e gás natural na produção de eletricidade do que em 2006, ao passo que, devido à seca, utilizou-se menos energia hídrica (DGEG, 2015), o que tem consequências diretas no preço.

- **Preço médio ponderado do gás natural**

A inclusão do preço do gás natural como variável explicativa do consumo de eletricidade no setor residencial prende-se com o facto de a eletricidade e o gás natural serem bens substitutos, sendo assim expectável que um aumento no preço do gás natural seja acompanhado de um aumento no consumo de eletricidade. Embora o gás natural tenha sido introduzido em Portugal no ano 1997, o Eurostat apenas disponibiliza os

valores para o seu preço a partir do ano 2002. O objetivo é verificar se, a partir de 2002, o preço do gás natural teve influência no consumo de eletricidade no setor residencial.

O preço do gás natural é calculado do mesmo modo que o preço da eletricidade. Assim sendo, até ao 1º semestre de 2007, o preço do gás natural em cada 1º semestre é dado pelo preço no dia 1 de Janeiro do ano em questão e o preço do gás natural em cada 2º semestre é dado pelo preço no dia 1 de Julho do ano em questão. Nesta metodologia, os valores são recolhidos a partir de tarifas de gás natural. A partir do 2º semestre, o preço do gás natural é apresentado como sendo a média dos preços entre 1 de Janeiro e 30 de Junho, para cada 1º semestre, e entre 1 de Julho e 31 de Dezembro, para cada 2º semestre.

Os valores apresentados para o preço do gás natural são semestrais e dizem apenas respeito à banda de consumo D2¹⁴, a qual, segundo o Eurostat, é a banda média de consumo e de referência para efeitos comparativos. De forma semelhante ao preço da eletricidade, as bandas de consumo de gás natural têm designações diferentes conforme as metodologias. Assim, de acordo com a antiga metodologia, inserem-se dentro da banda de consumo D2 os consumidores domésticos com consumo anual não superior a 16,74 GJ. Introduzida a nova metodologia, dentro da banda D2 estão os consumidores domésticos com um consumo anual de gás natural entre 20 e 200 GJ.

Os valores retirados do Eurostat para ambos os preços dizem respeito às bandas médias de consumo e de referência para efeitos comparativos entre os países da União Europeia. No caso do preço da eletricidade, a banda de consumo representativa é a banda DC e no caso do preço do gás natural, a banda representativa é a banda D2. Apesar das características das bandas de consumo serem alteradas após a introdução da nova metodologia em 2007, as bandas de consumo DC e D2, para o preço da eletricidade e para o preço do gás natural, respetivamente, representam em ambas as metodologias as bandas de consumo de referência, pelo que foi decidido analisá-las em ambos períodos, ou seja, antes e depois de 2007.

¹⁴ A partir do 2º semestre de 2007, foram definidas cinco bandas de consumo anual de gás natural para o setor doméstico que são: D1, D2 e D3, sendo que a banda D1 corresponde à banda de consumo menor e a banda D3 corresponde à banda de consumo maior.

- **PIB *per capita***

Os valores para esta variável resultam da divisão do Produto Interno Bruto pelo total de população anual residente.

Inicialmente, procuraram-se dados para rendimento anual *per capita*, tal como a literatura sugere (Song et al., 2012). Contudo, não foram encontrados dados que se ajustassem ao período temporal compreendido, havendo sempre valores em falta. A solução encontrada passou pela utilização do PIB *per capita*. Esta variável refere-se à riqueza que um indivíduo pode gerar, apesar dos valores *per capita* esconderem grandes discrepâncias. É esperado que a relação seja positiva, e que a eletricidade seja, adotando a terminologia económica, um bem de consumo “normal”¹⁵.

- **Indivíduos por alojamento familiar clássico. (Alojamentos familiares clássicos)**

A utilização desta variável é consequência da falta de dados relativamente ao número de casas ocupadas, os quais apenas existem para os anos em que são realizados os censos. Sendo que a análise é *per capita*, foi decidido dividir a população total pelo número de alojamentos, cujo resultado é o número de indivíduos, em média, a viver num alojamento. Segundo o Instituto Nacional de Estatística, por alojamentos familiares clássicos entendem-se os alojamentos definidos como: “*uma divisão ou conjunto de divisões e seus anexos num edifício de carácter permanente ou numa parte estruturalmente distinta do edifício, devendo ter uma entrada independente que dê acesso direto ou através de um jardim ou terreno a uma via ou a uma passagem comum no interior do edifício, como uma escada, corredor ou galeria*” (PORDATA, 2015).

O número médio de indivíduos por alojamento familiar clássico pode ser uma variável explicativa do consumo de eletricidade no setor residencial, na medida em que um maior número de indivíduos a viver num alojamento implica uma maior procura total de eletricidade (Kaza, 2010). No entanto, Blázquez et al. (2013) afirmam que é possível obter economias de escala na procura residencial de eletricidade, sendo menor o seu consumo se viverem mais indivíduos num mesmo alojamento.

¹⁵ A procura de um bem normal aumenta, quando o rendimento de um indivíduo aumenta.

Na ausência de valores para o número de alojamentos familiares clássicos ocupados, foi necessário utilizar valores para o total de alojamentos familiares clássicos, ocupados ou não, contrariando o que a literatura sugere (Song et al., 2012). Segundo os censos, o número de casas ocupadas aumentou desde 1991 até 2001, e de 2001 até 2011, assim como o total de alojamentos. Para efeitos de simplificação, é assumido que o aumento do número total de alojamentos responde a um aumento da procura de residências, e que, por isso mesmo, o aumento do número de alojamentos ocupados varia na mesma proporção que o número total de alojamentos.

- ***Actual Heating Degree Days***

Heating degree days (em português, “*graus diários em que se torna necessário aquecimento*”) é uma variável que manifesta a severidade do frio, considerando a temperatura exterior e a temperatura interior (EUROSTAT, 2015). É o número de graus a que a temperatura média diária está abaixo dos 18°C, considerando-se que abaixo desta temperatura os alojamentos requerem aquecimento. Podemos encontrar a utilização desta variável na literatura (Song et al., 2012).

Com esta variável, procuro explicar o efeito do clima no consumo de eletricidade no setor residencial. Assim, altos valores de HDD indicam que, num determinado ano, houve uma maior necessidade de aquecimento residencial, o que, à partida, requereu maior consumo de eletricidade.

Os valores retirados do Eurostat referem-se ao período entre 1991 e 2009, já que o Eurostat só disponibiliza valores até esse ano. Os últimos anos da série foram calculados tendo por base a metodologia utilizada pelo Eurostat (EUROSTAT, 2015), a partir do sítio WeatherOnline, que contém o histórico de temperaturas médias mensais de algumas zonas de Portugal. Assim, foram calculados os HDD para cada mês de cada ano com os valores em falta, com base nas temperaturas médias mensais das seguintes cidades: Bragança, Castelo Branco, Évora, Faro, Lisboa e Porto.

- **Emissões *per capita***

Os valores para esta variável são obtidos através da divisão do número total de emissões de gases de efeito de estufa para a atmosfera pelo total de população anual residente.

É considerada uma *proxy* da consciência dos consumidores, pretendendo-se estudar se o consumo de eletricidade no setor residencial responde a variações no total de gases de efeitos estufa emitidos (Mattinen et al., 2014).

- **Taxa de fertilidade**

Segundo o artigo de Bladh & Krantz (2008), o consumo de eletricidade no setor residencial aumenta na presença de indivíduos jovens nas casas. O artigo de McLoughlin et al. (2012) refere que o consumo residencial de eletricidade aumenta na presença de indivíduos com uma idade compreendida entre 36 e 55 anos, o que poderá indicar a presença de crianças no alojamento. No entanto, não existe na literatura nenhum artigo que relacione esta variável com o consumo de eletricidade no setor residencial, pelo que é justo afirmar que a introdução desta variável é uma inovação naquilo que diz respeito à explicação do consumo de eletricidade no setor residencial. A taxa de fertilidade consiste no número médio de filhos por mulher. Portanto, esta variável é uma *proxy* do número de indivíduos jovens em casa.

- **Grau de urbanização**

O grau de urbanização é obtido através da divisão do número total de população a viver em centros urbanos pelo número total de população. Esta variável apresenta uma tendência ascendente entre 1991 e 2013, o que em muito se relaciona com a migração da população para os centros urbanos. O grau de urbanização é proposto como um indicador do desenvolvimento económico (Wiesmann et al., 2011). É esperado que o aumento no grau de urbanização conduza a um aumento no consumo de eletricidade.

- **Penetração da máquina de lavar roupa nos alojamentos**

A máquina de lavar roupa é um dos eletrodomésticos fundamentais de uma habitação. Apesar da utilização deste eletrodoméstico ter aumentado em Portugal, sendo que

grande parte das habitações possui hoje em dia uma máquina de lavar roupa, uma pequena parte ainda não tem este equipamento. A máquina de lavar roupa é responsável por uma parte considerável do consumo de energia numa habitação, pelo que a sua inclusão no modelo reflete o aumento de aparelhos consumidores de eletricidade nas habitações.

Devido à dificuldade em encontrar valores absolutos, foi introduzida uma variável *dummy* tendo em consideração as recolhas de dados dos anos 1995, 2000, 2005 e 2010. Dado que a máquina de lavar roupa é um dos eletrodomésticos que mais cedo penetrou no setor residencial, assume-se que esta variável toma valor 0, quando menos de 86% dos alojamentos possuíam máquina de lavar roupa, e toma valor 1, quando mais de 86% dos alojamentos possuíam máquina de lavar roupa.

3.2 - Período temporal

Este estudo incide sobre o intervalo compreendido entre 1991 e 2013. Aquilo que era pretendido no plano da dissertação era um espaço temporal mais alargado, para que fosse possível uma análise mais extensiva e completa. A disponibilidade de dados para anos anteriores a 1991, contudo, está limitada. Por exemplo, os valores para a variável Alojamentos Familiares Clássicos têm precisamente início em 1991. Assim, para uma análise mais consistente, a análise dos dados começa nesse ano. Da mesma forma, o último ano analisado é o ano 2013, já que a maior parte da informação disponível termina nesse ano.

3.3 - Modelo

De modo a observar o impacto das variáveis independentes sobre a variável dependente no período compreendido entre 1991 e 2013, foi construída uma regressão através da estimação do modelo dos mínimos quadrados¹⁶, tendo em conta que os dados são apresentados sob a forma de séries temporais. Apesar de não ser um modelo de

¹⁶ A estimação do modelo foi realizada recorrendo ao programa Econometric Views 8.

referência para este tipo de estudo, é um modelo que permite analisar a força e o sinal das variáveis explicativas, o que é pretendido para uma melhor análise dos resultados. Além disso, modelos tradicionalmente utilizados para tratamento de séries temporais (ARMA, ARIMA, VAR, ARCH, etc.) apresentam um grau de complexidade que, no tempo subjacente à elaboração da dissertação de mestrado, não permitiu a formação exigida.

A forma reduzida do Consumo de Eletricidade no Setor Residencial foi a seguinte:

$$REC_{PC} = f(P_{ELEC}, P_{ELEC_T}, PIB_{PC}, GN_{DIST}, HDD, POPAL0J, GRAU_{URB}, TX_{FERTIL}, MAQROU0PA),$$

em que REC_{PC} é o consumo de eletricidade no setor residencial *per capita* e $f(.)$ indica que REC_{PC} é uma função das variáveis explicativas incluídas entre parêntesis. A Tabela 1 apresenta a designação das variáveis e as fontes dos seus dados.

Tabela 1. Designação das variáveis e fontes dos seus dados.

Variáveis	Definição	Fontes
REC_{PC}	Consumo de eletricidade no setor residencial <i>per capita</i> , expresso em kWh	Eurostat
P_{ELEC}	Preço da eletricidade, expresso em euros por kWh	Eurostat
P_{ELEC_T}	Preço da eletricidade com impostos, expresso em euros por kWh	Eurostat
PIB_{PC}	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> a preços constantes (base 2011), expresso em euros	Pordata
GN_{DIST}	Distribuição de gás natural (variável <i>dummy</i>)	
HDD	Heating Degree Days	Eurostat e WeatherOnline
$POPAL0J$	Número médio de indivíduos por alojamento	Pordata e Eurostat
$GRAU_{URB}$	Grau de urbanização	WorldBank e Eurostat
TX_{FERTIL}	Taxa de fertilidade	Eurostat
$MAQROU0PA$	Penetração da máquina de lavar roupa em mais de dos alojamentos (variável <i>dummy</i>)	Pordata

Fonte: Autor.

A equação anterior exclui a variável *EMISS_PC*, devido à falta de informação para o ano 2013, o que facilitou a estimação do modelo empírico. O mesmo se aplica ao preço do gás natural. O Eurostat e a DGEG apenas providenciam informação sobre o preço do gás natural a partir de 2002, pois é preciso ter em consideração que o gás natural foi apenas introduzido em Portugal no ano 1997, numa altura em que sua rede de distribuição ainda não estava maturada. Contudo, dado o carácter essencial de uma variável associada ao gás natural, foi construída uma variável binária, a qual tem apresenta valor 0 quando o gás natural ainda não era distribuído, e toma valor 1 a partir do momento em que o gás natural começou a ser distribuído.

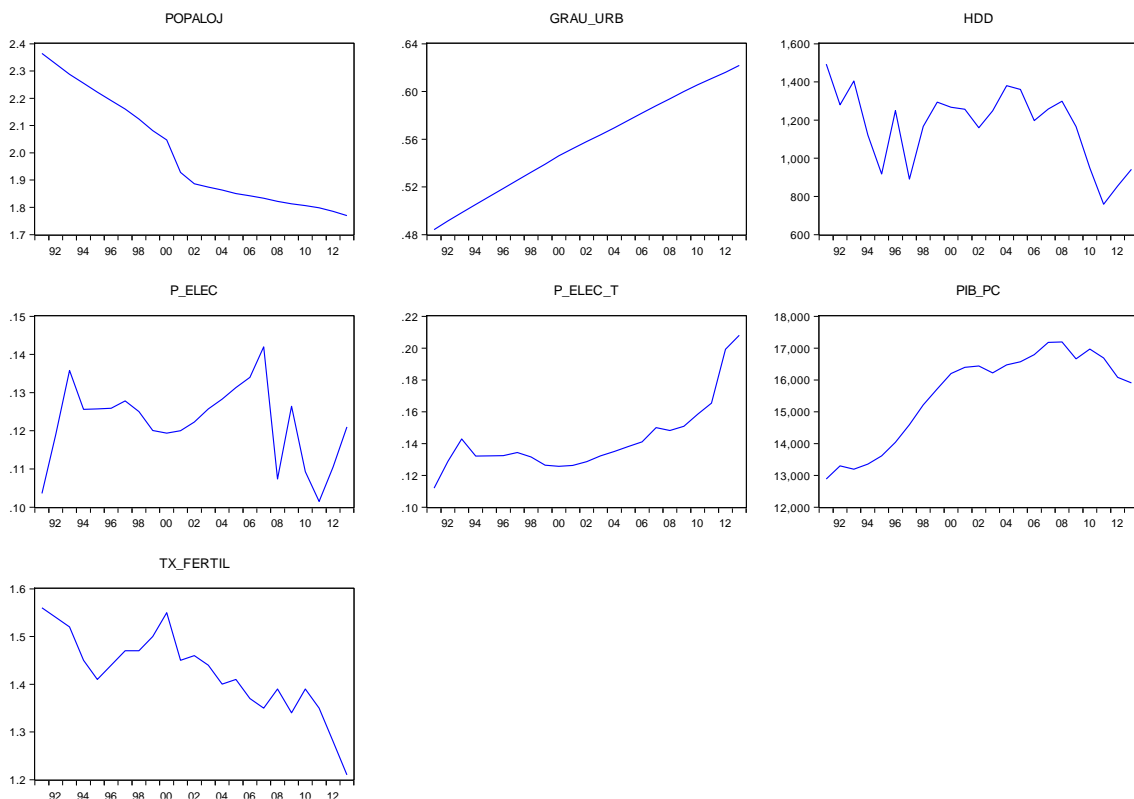
Song et al. (2012), no seu artigo sobre o consumo de energia derivada da combustão de madeira no setor residencial dos Estados Unidos, propõem a utilização de um modelo de cointegração que incorpora um modelo de correção de erros. Porém, apesar da maioria das variáveis utilizadas neste estudo terem fundamento teórico no artigo supracitado, o seu método de análise requer a utilização de algumas variáveis, nomeadamente a variável tendência, que inclui o progresso tecnológico, o acesso a energias alternativas e os efeitos da urbanização, para as quais não foi possível encontrar dados. Em vez disso, recorreu-se à variável grau de urbanização como *proxy* do desenvolvimento económico. Do mesmo modo, Romero-Jordán et al. (2014) utilizam o modelo do ajustamento parcial para analisar o consumo de eletricidade no setor residencial espanhol, o qual inclui informação sobre a utilização de equipamentos elétricos. Infelizmente, os dados sobre a utilização de equipamentos elétricos em Portugal são oferecidos inteiramente pelos censos, que se realizam de 10 em 10 anos. Para colmatar esta dificuldade, foi construída a variável binária relativa à penetração da máquina de lavar roupa no setor residencial. Kaza (2010), que também influenciou a metodologia deste estudo, constrói uma regressão por quantis para explicar o consumo de eletricidade no setor residencial dos Estados Unidos, mas, à semelhança dos outros artigos, introduz variáveis para as quais a existência de dados é limitada.

Foi proposta a utilização do método dos mínimos quadrados, o qual obedecendo a todas suas premissas, é capaz de oferecer resultados fiáveis. A principal limitação identificada, no âmbito deste estudo, consiste no facto de variáveis não estacionárias criarem autocorrelação dos resíduos, o que pode distorcer os resultados.

Variáveis estacionárias

Na construção do modelo, em primeiro lugar, deve ter-se em atenção o facto de os dados serem apresentados sob a forma de séries temporais. Isto significa que as variáveis podem apresentar uma tendência, ascendente ou descendente, ao longo do tempo, ou sazonalidade.

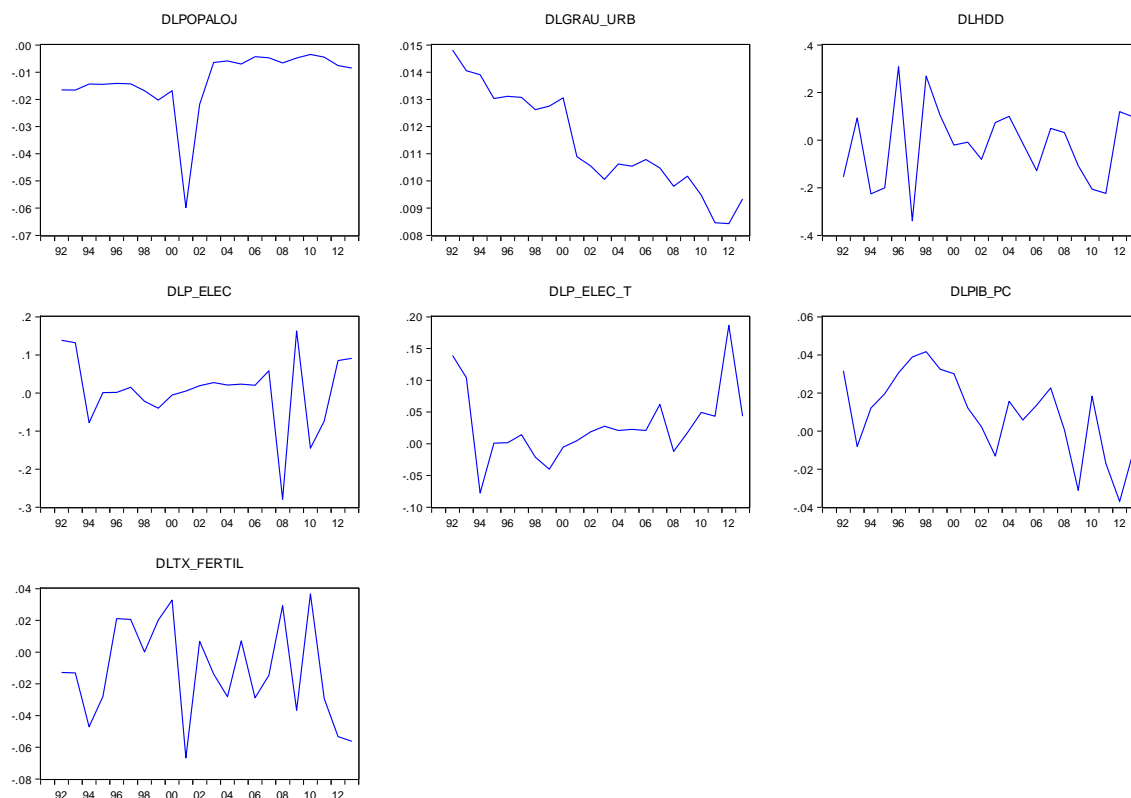
Figura 4. Variáveis explicativas.



Fonte: ver Tabela 1.

À exceção do preço da eletricidade sem impostos e dos HDD, todas as outras variáveis explicativas mostram uma tendência, ascendente ou descendente, e por isso são classificadas como variáveis não estacionárias (ver Figura 4). Caso estas variáveis se mantenham na sua presente forma e fossem inseridas no modelo, o mais certo seria obter um R^2 elevado, contudo artificial. O método dos mínimos quadrados requer que as variáveis sejam estacionárias. Uma das maneiras de torná-las variáveis estacionárias é obter as suas taxas de crescimento. Isto pode ser conseguido derivando o logaritmo das variáveis. Observe-se agora o comportamento gráfico das variáveis na figura 5.

Figura 5. Variáveis explicativas depois de derivado o seu logaritmo natural.



Fonte: ver Tabela 1.

Todas as variáveis parecem agora ser estacionárias, excetuando $DLOG(GRAU_URB)$ que continua a apresentar uma tendência, pelo que foi retirada do modelo, pois, caso contrário, poderia ser responsável por uma má estimação.

Multicolinearidade

Antes de serem obtidos os resultados da regressão, é fundamental verificar se existe multicolinearidade entre as variáveis explicativas. O problema da multicolinearidade pode causar resultados falsos. Para verificar a existência de multicolinearidade, é necessário analisar uma tabela de correlações entre as variáveis explicativas, excetuando para este efeito as variáveis binárias. Correlações muito elevadas, ou seja, quando o seu valor absoluto está próximo de 1, conduzem ao problema de multicolinearidade.

Através da análise da tabela de correlações (ver Apêndice I), conclui-se que não existem correlações muito altas, pelo que é válido assumir que o problema da multicolinearidade é inexistente.

A equação representativa do modelo é a seguinte:

$$\begin{aligned} RECPC_t = & \beta_0 + \beta_1 DLOG(HDD)_t + \beta_2 DLOG(P_ELEC)_t + \beta_3 DLOG(P_ELEC_T)_t \\ & + \beta_4 DLOG(PIB_PC)_t + \beta_5 DLOG(POPALOJ)_t + \beta_6 DLOG(TX_FERTIL)_t \\ & + \beta_7 GN_DIST_t + \beta_8 MAQROUPA_t + \mu_t \end{aligned}$$

Para determinar a validade do modelo, é necessário recorrer a testes de inferência estatística. Todos os testes são realizados para um nível de significância de 5%.

Os três primeiros testes terão por fim traçar o diagnóstico dos resíduos. Foi testada a autocorrelação dos resíduos, a qual não é desejável; foi testada a heteroscedasticidade dos resíduos, o que não é desejável; e foi testada a distribuição normal dos resíduos, o que é desejável.

Autocorrelação dos resíduos

Para verificar a autocorrelação dos resíduos, recorreu-se ao teste Durbin-Watson. Neste teste, a hipótese nula é a de que os resíduos não apresentam correlação, enquanto a hipótese alternativa é a de que os resíduos apresentam autocorrelação.

O *output* do teste presenteia-nos a estatística Durbin-Watson. É seguro concluir que os resíduos não apresentam correlação, o que é desejável para que o modelo seja consistente.

Heteroscedasticidade

Pretende-se que os resíduos sejam homoscedásticos, porém existe o risco de estes sofrerem de heteroscedasticidade. O teste Breusch-Pagan-Godfrey coloca em confronto a hipótese nula, que significa que os resíduos são homoscedásticos, com a hipótese alternativa que significa que os resíduos são heteroscedásticos.

Conserva-se a hipótese nula de que os resíduos não sofrem de heteroscedasticidade, o que era pretendido (ver Apêndice II).

Distribuição normal dos resíduos

O último teste realizado no diagnóstico dos resíduos é o teste Jarque-Bera. Este teste avalia a distribuição normal dos resíduos. Pretende-se conservar a hipótese nula, que significa que os resíduos são distribuídos normalmente.

Conserva-se a hipótese nula, pelo que se conclui que os resíduos são distribuídos normalmente (ver Apêndice III).

Obtiveram-se resultados positivos e a partir dos três testes realizados aos resíduos. Para além disso, o coeficiente de determinação é relativamente elevado. Neste caso, é possível afirmar que 74% da variação total de $DLOG(REC_PC)$ é explicada pelas oito variáveis explicativas propostas.

Teste de significância global

O modelo foi também submetido ao teste de significância global, em que a hipótese nula quer dizer que nenhuma das variáveis explicativas tem influência sobre a variável dependente, ao passo que a hipótese alternativa significa que pelo menos uma das variáveis explicativas tem influência sobre $DLOG(REC_PC)$.

Analisando o *output* da regressão (ver Apêndice 4), através da estatística F, conclui-se então que pelo menos uma das variáveis explicativas tem influência sobre a variável explicada.

Seguem-se os testes de significância individual, os quais têm por objetivo determinar a significância estatística das variáveis explicativas.

Significância individual

Neste teste, a hipótese nula significa que determinada variável explicativa não é estatisticamente significativa e a hipótese alternativa significa que a mesma variável explicativa é estatisticamente significativa.

A tabela 2 apresenta as variáveis explicativas que têm significância estatística e aquelas que não têm, depois de analisado o *output* da regressão, através da estatística t.

Tabela 2. Teste de significância individual e coeficientes das variáveis explicativas.

H0	Decisão	Significância estatística	Coeficiente
$\beta_1=0$	Conservar	Não	0,025311
$\beta_2=0$	Rejeitar	Sim	0,301550
$\beta_3=0$	Rejeitar	Sim	-0,468163
$\beta_4=0$	Conservar	Não	0,236168
$\beta_5=0$	Conservar	Não	-0,942483
$\beta_6=0$	Rejeitar	Sim	0,722736
$\beta_7=0$	Rejeitar	Sim	-0,047994
$\beta_8=0$	Conservar	Não	0,035632

Fonte: Autor.

Quatro das oito variáveis têm significância estatística, o que é aceitável. Dentro das variáveis estatisticamente significativas encontram-se os dois tipos de preços da eletricidade, o que não deixa de ser curioso, ao passo que o indicador de rendimento não tem um efeito significativo. De notar também o facto da taxa de fertilidade, tão discutida atualmente em Portugal, ter impacto sobre a variável explicada. Os resultados mostram que a penetração de gás natural em Portugal também teve impacto sobre o consumo residencial de eletricidade. As restantes variáveis – *heating degree days*, o número de indivíduos por alojamento e a penetração da máquina de lavar roupa – não apresentam significância estatística, o que será discutido mais detalhadamente no capítulo seguinte.

Capítulo 4. Análise dos Resultados

A análise dos resultados diz-nos que apenas quatro das oito variáveis são estatisticamente significativas. Estas são o preço da eletricidade, o preço da eletricidade com impostos, a taxa de fertilidade e a distribuição de gás natural. Todas as outras não têm impacto significativo sobre a taxa de crescimento do consumo de eletricidade *per capita* do setor residencial.

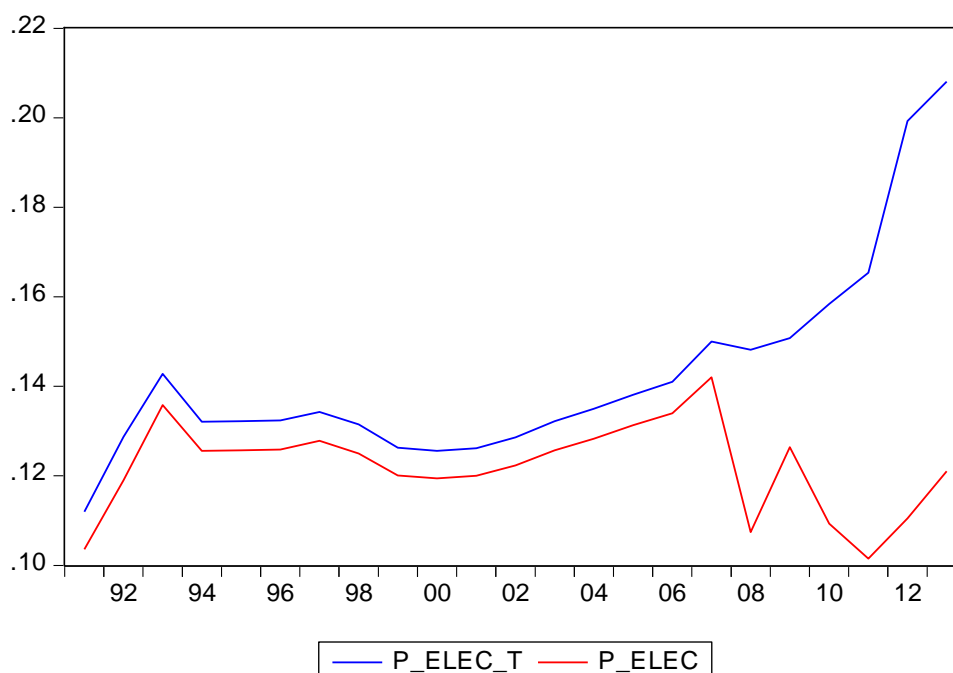
Era expectável que a variação do preço da eletricidade influenciasse negativamente a taxa de crescimento do consumo de eletricidade *per capita*, o que apenas acontece com o preço da eletricidade com impostos, aquele que os consumidores realmente sentem. O preço da eletricidade sem impostos, por outro lado, influencia positivamente o consumo. Porque será que isto acontece?

De acordo com a teoria económica, o consumo de um bem diminui quando o seu preço aumenta. Pode verificar-se um efeito de rendimento ao observar esta variável, pois se o preço aumenta, mantendo tudo o resto constante, os consumidores terão menos rendimento ao seu dispor para consumir eletricidade, o que os leva a consumir menos. Os resultados da regressão corroboram a teoria económica. Neste caso, os consumidores portugueses de eletricidade no setor residencial são sensíveis às variações do preço da eletricidade acrescido de impostos, algo que o capítulo 2, concernente à revisão à literatura, já vinha sugerindo.

Menos evidente é o facto da taxa de crescimento do preço da eletricidade sem impostos influenciar positivamente a taxa de crescimento do consumo de eletricidade, visto que este resultado contraria a lógica económica. A explicação proposta tem que ver, em primeiro lugar, com a metodologia de cálculo do preço, que foi alterada durante o ano 2007, devido à crescente liberalização dos mercados de energia na Europa. Note-se que a taxa de crescimento deste preço entre 2007 e 2008 foi -28%, ao passo que a taxa de crescimento do preço com impostos foi -1%, entre os mesmos anos. Como já tinha sido referido no Capítulo 1, a liberalização do mercado de eletricidade português aconteceu, em termos práticos, em 2006 (Ferreira et al., 2007). Antes da liberalização, o imposto manteve-se praticamente igual, como mostra a figura 6. Porém, depois da liberalização, o preço da eletricidade caiu, enquanto os impostos aumentaram, para compensar o

desequilíbrio causado. Na ótica dos consumidores, só lhes interessa realmente o preço final, ou seja, o preço dotado de impostos. Como antes tinham pouca liberdade de escolha, os consumidores eram autênticos *price-takers* e a procura era rígida. De resto, pode dizer-se que mesmo sendo um fator determinante do consumo de eletricidade, existe uma relação artificial entre as taxas de crescimento do preço da eletricidade excluindo impostos e do consumo residencial de eletricidade.

Figura 6. Comparação entre os preços da eletricidade, com e sem impostos, no período 1991-2013, em euros por quilowatt-hora.



Fonte: Eurostat.

A taxa de crescimento da taxa de fertilidade, por sua vez, influencia positivamente a taxa de crescimento do consumo de eletricidade, o que também era esperado, segundo o artigo de Bladh & Krantz (2008). A taxa de fertilidade, que se refere ao número médio de filhos por mulher é um indicador de que a presença de crianças numa habitação é responsável pelo aumento do consumo de eletricidade. As crianças, numa idade prematura, exigem forte supervisão dos seus pais, os quais permanecem mais tempo nas suas habitações para cuidar dos seus filhos. A presença de crianças é por isso um estimulador do consumo de eletricidade, se tivermos em conta que o agregado familiar permanece mais tempo em casa, logo consumindo mais eletricidade. Importa referir que

a taxa de fertilidade, em Portugal, tem apresentado ao longo do tempo uma tendência descendente, o que poderá afetar o consumo de eletricidade no futuro.

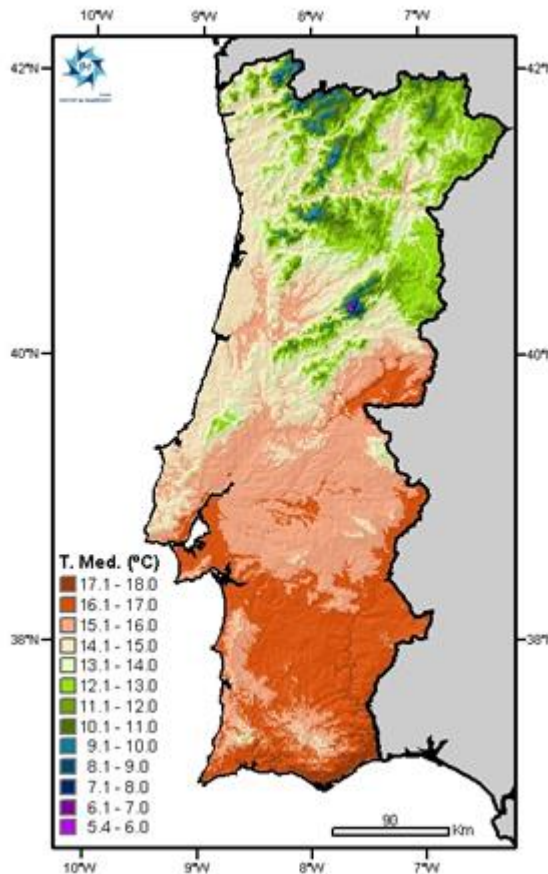
Os resultados confirmam a natureza de bem substituto do gás natural. O gás natural, que apenas começou a ser distribuído em 1997, tem um impacto negativo no consumo de eletricidade no setor residencial. Tratando-se de uma variável binária, é necessário proceder com precaução à interpretação do seu coeficiente. Neste caso, o gás natural é responsável por uma diminuição da taxa de crescimento do consumo de eletricidade no setor residencial, nos anos em que este foi distribuído, equivalente a 4,8 pontos percentuais, em média, relativamente aos anos em que este não foi distribuído, permanecendo tudo o resto constante. Revela-se portanto uma alternativa energética no setor residencial a partir do momento em que começou a ser distribuído. Contudo, a força do seu impacto não é muito grande, tendo em conta que a rede de distribuição de gás natural, inicialmente, oferecia pouca amplitude e havia fraca acessibilidade. Naturalmente, a rede de distribuição foi aumentando ao longo dos anos, assim como a sua influência na hora de decisão dos consumidores.

Apesar das restantes variáveis explicativas não terem importância estatística, devem ser comentadas, precisamente, nesse sentido.

A variável HDD, variável associada ao clima, não é estatisticamente significativa, o que contraria os resultados de Wiesmann et al. (2011), em que o número de dias em que é necessário aquecimento nas habitações é significativo. Contudo, nesse artigo, os autores estudaram as várias regiões do país. Isto poderá ter que ver com o facto do clima em Portugal ser um clima tipicamente moderado mediterrâneo, com invernos chuvosos, mas não necessariamente frios e verões secos (IPMA, 2015). Além disso, as suas regiões apresentam climas e temperaturas relativamente distintos, como o que pode ser observado na figura 7. Os invernos rigorosos costumam incidir sobretudo na região Norte e na região Interior Centro, onde se situam regiões mais montanhosas, sendo que no resto do território continental, as temperaturas mínimas raramente atingem valores extremos. Assim sendo, os consumidores não se sentem impelidos a consumir mais ou menos eletricidade atendendo a variações da temperatura, neste caso, da temperatura baixa, pois esta apenas existe realmente numa parte do país. Em contrapartida, os verões

têm sido sucessivamente mais secos e mais quentes o que requer necessidades de arrefecimento. Contudo, o acesso de dados é limitado e não foram encontrados quaisquer dados representativos do número de dias em que é necessário arrefecimento.

Figura 7. Temperatura média anual de Portugal Continental baseada nas normais de 1961/90.



Fonte: IPMA

A par do artigo de Alberini & Filippini (2011) sobre o consumo de eletricidade no setor residencial dos Estados Unidos, o indicador de rendimento, neste caso o PIB *per capita*, não tem influência sobre o consumo de eletricidade no setor residencial. Este resultado pode ser interpretado como o reflexo da sensibilidade dos consumidores face a um indicador de rendimento. Nesta situação, pode afirmar-se que a taxa de crescimento do PIB *per capita* não tem influência na taxa de crescimento do consumo de eletricidade no setor residencial, permanecendo tudo o resto constante. Apesar do sinal do coeficiente ser positivo, tal como era esperado, não se pode concluir que o PIB *per*

capita seja um *driver* importante para a tomada de decisão dos consumidores, no que diz respeito ao consumo de eletricidade nas suas habitações.

A taxa de crescimento do tamanho do agregado familiar que é dada pela variável número médio de indivíduos por alojamento também não tem um impacto significativo sobre a taxa de crescimento do consumo residencial de eletricidade. Muitos autores descobriram um efeito negativo desta variável sobre o consumo residencial de eletricidade (Wiesmann et al., 2011; Alberini & Filippini, 2011; Blázquez et al., 2013) que é facilmente perceptível. Segundo Blázquez et al. (2013), poderão existir economias de escala na procura de eletricidade quanto maior for o número de indivíduos numa habitação, sobretudo se tivermos em conta necessidades de aquecimento ou arrefecimento, logo, o consumo de eletricidade seria menor em termos *per capita*.

Contudo, à semelhança deste estudo, Romero-Jordán et al. (2014) também não encontrou um efeito significativo desta variável sobre a variável explicada no seu estudo sobre o setor residencial espanhol, o que nos leva a concluir que o número médio de indivíduos residentes nos alojamentos familiares clássicos não é um fator determinante na explicação do consumo de eletricidade no setor residencial, em determinadas situações.

A penetração da máquina de lavar roupa no setor residencial, que foi predefinida para o ano 1999, ano em que mais de 75% dos alojamentos em Portugal passaram a ter máquina de lavar roupa, não constitui um fator determinante na explicação do consumo residencial de eletricidade.

Capítulo 5. Conclusão

A energia é um bem essencial, que tem um papel decisivo no quotidiano das famílias. As famílias portuguesas não fogem à exceção, e, assim como noutros países, criaram uma dependência pela eletricidade. Este trabalho surge no âmbito de uma análise compreensiva da questão da eficiência (energética) e da segurança energética de Portugal. Torna-se necessário perceber que fatores fazem reagir o consumo de eletricidade no setor residencial, de modo a alertar os consumidores, e por conseguinte, aumentar a eficiência do setor e diminuir a dependência energética.

Foram propostas variáveis de cariz económico, climático e demográfico para compreender as variações no consumo de eletricidade *per capita* no setor residencial português, no período compreendido entre 1991 e 2013.

Os resultados indicam que o preço da eletricidade sem impostos e a taxa de fertilidade têm um impacto positivo e significativo sobre o consumo residencial de eletricidade. O preço da eletricidade com impostos e a distribuição de gás natural influenciam negativamente o consumo. Por sua vez, as temperaturas baixas, o indicador de rendimento, o número de indivíduos por alojamento e a penetração de um tipo de eletrodoméstico não têm impacto significativo na variável dependente.

Tendo em consideração as variáveis significativas, observou-se que, durante o período analisado, a taxa de fertilidade e a distribuição de gás natural, bem como os preços, quer sem impostos, quer com impostos, foram determinantes do consumo residencial de eletricidade, o que significa que estas variáveis podem ser úteis do ponto de vista da política energética. No entanto, a taxa de fertilidade é sobretudo um indicador social, que em Portugal tem apresentado uma trajetória descendente ao longo dos anos, o que tem criado desequilíbrios na Segurança Social. Apesar da taxa de crescimento da taxa de fertilidade ter tido um impacto positivo na taxa de crescimento do consumo residencial de eletricidade no período analisado, a verdade é que a taxa de fertilidade necessita de aumentar, no longo prazo, para que possam ser corrigidos os desequilíbrios sociais.

A distribuição de gás natural, por sua vez, teve o impacto esperado sobre o consumo de eletricidade. A utilização dessa variável permite essencialmente observar o efeito do início da circulação de gás natural na rede de distribuição.

Os agentes responsáveis pela política energética, de acordo com os resultados, podem exercer políticas relacionadas com o preço da eletricidade. Aliás, esta conclusão já vem sendo sugerida por parte da literatura existente. Se por um lado, o preço da eletricidade sem impostos teve um impacto positivo, o preço da eletricidade com impostos influenciou o consumo negativamente, como era expectável. Apesar do aumento do imposto sobre o preço da eletricidade ser uma medida impopular, é útil sob a perspetiva da eficiência energética.

No entanto, há que ter em consideração que os consumidores adquirem hábitos de consumo, que prevalecem ao longo do tempo. Se eficiência energética é o que se pretende, então políticas de preço devem vir acompanhadas de medidas informativas eficazes, capazes de alterar o comportamento dos consumidores.

5.1 – Futuros Desenvolvimentos

Esta investigação esteve limitada aos poucos dados existentes. O aprofundamento desta matéria, no caso de Portugal, passará por estudar as diversas regiões do país, num intervalo temporal mais largo, o que possibilitaria a construção de um modelo de dados em painel, oferecendo com certeza resultados mais ricos e práticos para a tomada de decisões do ponto de vista da política energética.

Variáveis como preço e o rendimento deverão ser sempre incluídas neste tipo de estudo, ao passo que a introdução de outras variáveis deve contemplar a realidade económica, política e social do país. Neste caso, foi observado o comportamento da taxa de fertilidade, visto que existem problemas inerentes aos fracos índices de natalidade, atualmente.

Em trabalhos futuros pretendemos introduzir uma variável que manifeste a presença de hábitos de consumo, de modo a examinar a consciência dos consumidores.

Por fim, pensamos também na inclusão de mais variáveis climáticas, tais como os graus diários que exigem arrefecimento. Nesta investigação, observou-se que temperaturas baixas não influenciam o consumo de eletricidade, por isso seria pertinente observar que efeito provocam as temperaturas altas.

De qualquer modo, queremos aumentar a nossa capacidade de análise com a formação complementar em modelização, nomeadamente nos modelos referidos na literatura.

Apêndices

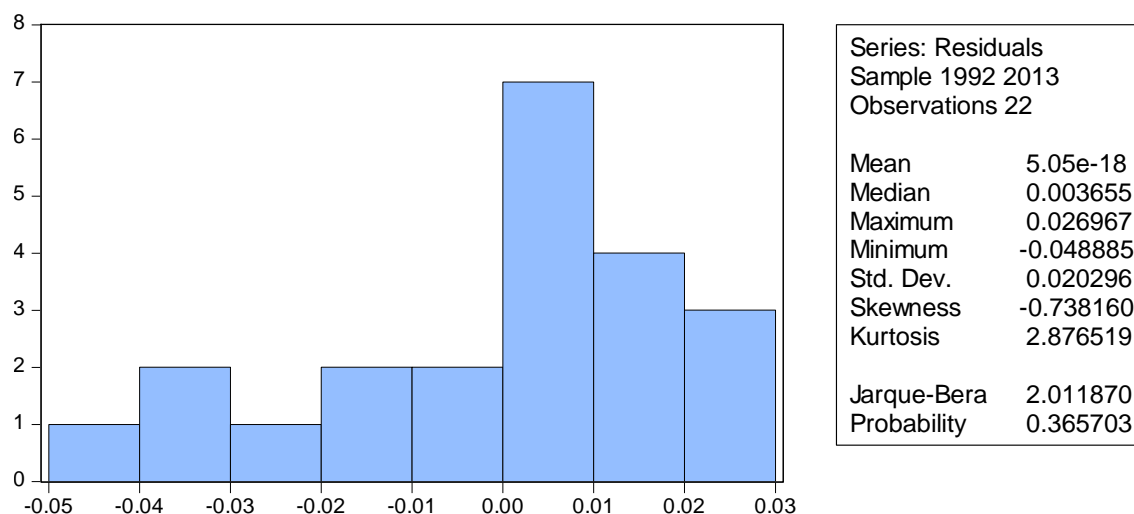
Apêndice I: Tabela de Correlações

	DLOG(HDD)	DLOG(P_ELE	DLOG(P_ELE	DLOG(PIB_PCD	DLOG(POPAL	DLOG(TX_FE
DLOG(HDD)	1.000000	0.114264	0.058130	-9.51E-05	-0.067906	0.034673
DLOG(P_ELE	0.114264	1.000000	0.505436	-0.221159	-0.055300	-0.450898
DLOG(P_ELE	0.058130	0.505436	1.000000	-0.415125	0.181745	-0.226265
DLOG(PIB_PC	-9.51E-05	-0.221159	-0.415125	1.000000	-0.251928	0.514601
DLOG(POPAL	-0.067906	-0.055300	0.181745	-0.251928	1.000000	0.224727
DLOG(TX_FE	0.034673	-0.450898	-0.226265	0.514601	0.224727	1.000000

Apêndice II: Teste Breush-Pagan-Godfrey

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey				
F-statistic	0.217041	Prob. F(8,13)	0.9816	
Obs*R-squared	2.592182	Prob. Chi-Square(8)	0.9573	
Scaled explained SS	0.849239	Prob. Chi-Square(8)	0.9990	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 09/21/15 Time: 18:30				
Sample: 1992 2013				
Included observations: 22				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000249	0.000413	0.601349	0.5579
DLOG(HDD)	0.000110	0.000884	0.124113	0.9031
DLOG(P_ELEC)	0.000852	0.001992	0.427833	0.6758
DLOG(P_ELEC T)	-0.001525	0.003253	-0.468971	0.6469
DLOG(PIB_PC)	0.004669	0.010346	0.451294	0.6592
DLOG(POPAL)	0.009726	0.013959	0.696745	0.4982
DLOG(TX_FERTIL)	-0.000613	0.006811	-0.089980	0.9297
GN_DIST	0.000299	0.000526	0.567936	0.5798
MAQROUPA	4.63E-05	0.000530	0.087229	0.9318
R-squared	0.117826	Mean dependent var	0.000393	
Adjusted R-squared	-0.425050	S.D. dependent var	0.000551	
S.E. of regression	0.000658	Akaike info criterion	-11.52221	
Sum squared resid	5.63E-06	Schwarz criterion	-11.07587	
Log likelihood	135.7443	Hannan-Quinn criter.	-11.41707	
F-statistic	0.217041	Durbin-Watson stat	1.396440	
Prob(F-statistic)	0.981555			

Apêndice III: Teste Jarque-Bera



Apêndice IV: OLS Output

Dependent Variable: DLOG(REC_PC)				
Method: Least Squares				
Date: 08/03/15 Time: 16:02				
Sample (adjusted): 1992 2013				
Included observations: 22 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.045729	0.016202	2.822456	0.0144
DLOG(HDD)	0.025311	0.034665	0.730177	0.4782
DLOG(P_ELEC)	0.301550	0.078096	3.861274	0.0020
DLOG(P_ELEC_T)	-0.468163	0.127497	-3.671966	0.0028
DLOG(PIB_PC)	0.236168	0.405495	0.582421	0.5702
DLOG(POPAL0J)	-0.942483	0.547142	-1.722556	0.1087
DLOG(TX_FERTIL)	0.722736	0.266971	2.707173	0.0179
GN_DIST	-0.047994	0.020601	-2.329694	0.0366
MAQROUPA	0.035632	0.020790	1.713943	0.1103
R-squared	0.744545	Mean dependent var	0.026059	
Adjusted R-squared	0.587341	S.D. dependent var	0.040157	
S.E. of regression	0.025796	Akaike info criterion	-4.185101	
Sum squared resid	0.008651	Schwarz criterion	-3.738766	
Log likelihood	55.03612	Hannan-Quinn criter.	-4.079958	
F-statistic	4.736187	Durbin-Watson stat	1.884531	
Prob(F-statistic)	0.006722			

Referências

- Adom, P. K., Bekoe, W., & Akoena, S. K. K. (2012). Modelling aggregate domestic electricity demand in Ghana: An autoregressive distributed lag bounds cointegration approach. *Energy Policy*, 42, 530–537. doi:10.1016/j.enpol.2011.12.019
- Alberini, A., & Filippini, M. (2011). Response of residential electricity demand to price: The effect of measurement error. *Energy Economics*, 33(5), 889–895. doi:10.1016/j.eneco.2011.03.009
- Alberini, A., Gans, W., & Velez-Lopez, D. (2011). Residential consumption of gas and electricity in the U.S.: The role of prices and income. *Energy Economics*, 33(5), 870–881. doi:10.1016/j.eneco.2011.01.015
- Amorim, F., Vasconcelos, J., Abreu, I. C., Silva, P. P., & Martins, V. (2013). How much room for a competitive electricity generation market in Portugal? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 103–118. doi:10.1016/j.rser.2012.10.010
- AGN - Associação Portuguesa das Empresas de Gás Natural (2015). O Setor Nacional de Gás Natural, <http://agnatural.pt/pt/setor> (acedido a 12/8/2015)
- Azevedo, I. M. L., Morgan, M. G., & Lave, L. (2011). Residential and Regional Electricity Consumption in the U.S. and EU: How Much Will Higher Prices Reduce CO₂ Emissions? *Electricity Journal*, 24(1), 21–29. doi:10.1016/j.tej.2010.12.004
- Bianco, V., Manca, O., & Nardini, S. (2009). Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. *Energy*, 34(9), 1413–1421. doi:10.1016/j.energy.2009.06.034
- Bladh, M., & Krantz, H. (2008). Towards a bright future? Household use of electric light: A microlevel study. *Energy Policy*, 36, 3521–3530. doi:10.1016/j.enpol.2008.06.001
- Blázquez, L., Boogen, N., & Filippini, M. (2013). Residential electricity demand in Spain: New empirical evidence using aggregate data. *Energy Economics*, 36, 648–657. doi:10.1016/j.eneco.2012.11.010
- Comissão Europeia (2015). Energy Efficiency - European Commission, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency> (acedido a 18/9/2015)
- Conselho, P. E. E. Do. (2012). Diretiva 2012/27/UE. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 1–56.
- De 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, 1884–1894. doi:10.1016/j.enbuild.2011.03.027
- DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia (2015), <http://www.dgeg.pt/> (acedido a 12/8/2015)
- Ek, K., & Söderholm Patrik, P. (2010). The devil is in the details: Household electricity saving behavior and the role of information. *Energy Policy*, 38, 1578–1587. doi:10.1016/j.enpol.2009.11.041
- Eurostat (2015). Energy statistics - electricity prices for domestic and industrial consumers, price components, http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_pc_204_esms.htm (acedido a 2/7/2015)
- Eurostat (2015). Energy statistics - heating degree days, http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nrg_esdgr_esms.htm (acedido a 2/7/2015)
- Eurostat (2015). Tables, Graphs and Maps Interface (TGM) table - Final energy consumption by product, <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00095&language=en> (acedido a 10/8/2015)
- Ferreira, P., Araújo, M., & O’Kelly, M. E. J. (2007). An overview of the Portuguese electricity market. *Energy Policy*, 35, 1967–1977. doi:10.1016/j.enpol.2006.06.003
- Filippini, M., Hunt, L. C., & Zorić, J. (2014). Impact of energy policy instruments on the estimated level of underlying energy efficiency in the EU residential sector. *Energy Policy*, 69, 73–81. doi:10.1016/j.enpol.2014.01.047
- Gram-Hanssen, K. (2011). Understanding change and continuity in residential energy consumption. *Journal of Consumer Culture*, 11, 61–78. doi:10.1177/1469540510391725
- IEA - International Energy Agency (2004). Energy Policies of IEA Countries: Portugal 2004 Review. International Energy Agency, Paris.
- IEA - International Energy Agency (2009). Energy Policies of IEA Countries: Portugal 2009 Review. International Energy Agency, Paris.
- IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2015). Área Educativa - Clima de Portugal Continental, <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml> (acedido a 20/9/2015)
- Kanellakis, M., Martinopoulos, G., & Zachariadis, T. (2013). European energy policy-A review. *Energy Policy*, 62, 1020–1030. doi:10.1016/j.enpol.2013.08.008

- 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
- Kumar, P., & Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries : New evidence from panel cointegration with structural breaks, 30(February 2005), 2331–2341. doi:10.1016/j.eneco.2007.10.006
- Labandeira, X., Labeaga, J. M., & López-Otero, X. (2012). Estimation of elasticity price of electricity with incomplete information. *Energy Economics*, 34(3), 627–633. doi:10.1016/j.eneco.2011.03.008
- Lee, C.-C., & Chiu, Y.-B. (2011). Electricity demand elasticities and temperature: Evidence from panel smooth transition regression with instrumental variable approach. *Energy Economics*, 33(5), 896–902. doi:10.1016/j.eneco.2011.05.009
- Leighty, W., & Meier, A. (2011). Accelerated electricity conservation in Juneau, Alaska: A study of household activities that reduced demand 25%. *Energy Policy*, 39(5), 2299–2309. doi:10.1016/j.enpol.2011.01.041
- Mattinen, M. K., Heljo, J., Vihola, J., Kurvinen, A., Lehtoranta, S., & Nissinen, A. (2014). Modeling and visualization of residential sector energy consumption and greenhouse gas emissions. *Journal of Cleaner Production*, 81, 70–80. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.054
- McLoughlin, F., Duffy, A., & Conlon, M. (2012). Characterising domestic electricity consumption patterns by dwelling and occupant socio-economic variables: An Irish case study. *Energy and Buildings*, 48(July 2009), 240–248. doi:10.1016/j.enbuild.2012.01.037
- Nakajima, T., & Hamori, S. (2010). Change in consumer sensitivity to electricity prices in response to retail deregulation: A panel empirical analysis of the residential demand for electricity in the United States. *Energy Policy*, 38(5), 2470–2476. doi:10.1016/j.enpol.2009.12.041
- Pordata (2015). Consumo de energia final e de energia elétrica pelo setor doméstico (%) na Europa, [http://www.pordata.pt/Europa/Consumo+de+energia+final+e+de+energia+el%C3%A9trica+pelo+setor+dom%C3%A9stico+\(percentagem\)-1734](http://www.pordata.pt/Europa/Consumo+de+energia+final+e+de+energia+el%C3%A9trica+pelo+setor+dom%C3%A9stico+(percentagem)-1734) (acedido a 26/6/2015)
- Pordata (2015). Alojamentos familiares clássicos em Portugal, <http://www.pordata.pt/Portugal/Alojamentos+familiares+cl%C3%A1ssicos-637> (acedido a 8/6/2015)
- Romero-Jordán, D., Peñasco, C., & del Río, P. (2014). Analysing the determinants of household electricity demand in Spain. An econometric study. *International*

- Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 63, 950–961.
doi:10.1016/j.ijepes.2014.06.005
- Shahbaz, M., Tang, C. F., & Shahbaz Shabbir, M. (2011). Electricity consumption and economic growth nexus in Portugal using cointegration and causality approaches. *Energy Policy*, 39(6), 3529–3536. doi:10.1016/j.enpol.2011.03.052
- Song, N., Aguilar, F. X., Shifley, S. R., & Goerndt, M. E. (2012). Analysis of U.S. residential wood energy consumption: 1967-2009. *Energy Economics*, 34, 2116–2124. doi:10.1016/j.eneco.2012.03.004
- Umbach, F. (2010). Global energy security and the implications for the EU. *Energy Policy*, 38(3), 1229–1240. doi:10.1016/j.enpol.2009.01.010
- UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Kyoto Protocol, http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (acedido em 9/9/2015)
- Vassileva, I., Wallin, F., & Dahlquist, E. (2012). Understanding energy consumption behavior for future demand response strategy development. *Energy*, 46(1), 94–100. doi:10.1016/j.energy.2012.02.069
- Wiesmann, D., Lima Azevedo, I., Ferrão, P., & Fernández, J. E. (2011). Residential electricity consumption in Portugal: Findings from top-down and bottom-up models. *Energy Policy*, 39, 2772–2779. doi:10.1016/j.enpol.2011.02.047
- Xu, X. Y., & Ang, B. W. (2014). Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis. *Applied Energy*, 113, 342–351. doi:10.1016/j.apenergy.2013.07.052
- Yohanis, Y. G. (2012). Domestic energy use and householders' energy behaviour. *Energy Policy*, 41, 654–665. doi:10.1016/j.enpol.2011.11.028

Anexos

Dados estatísticos recolhidos

Ano	Hdd	p_elec	p_elec_t	pib_pc	popaloj	tx_fertil	rec_pc	aloj
1991	1493,247	0,1036	0,1120	12884,50	2,364602	1,56	661,843	4216541
1992	1279,754	0,1190	0,1287	13298,20	2,325906	1,54	683,071	4277916
1993	1405,150	0,1358	0,1428	13190,60	2,287631	1,52	714,860	4351645
1994	1121,930	0,1256	0,1321	13351,10	2,254908	1,45	741,917	4423414
1995	917,991	0,1257	0,1322	13614,80	2,222502	1,41	785,740	4503329
1996	1250,276	0,1259	0,1324	14038,00	2,19127	1,44	840,318	4583503
1997	891,151	0,1278	0,1343	14594,10	2,16018	1,47	835,212	4668220
1998	1166,836	0,1250	0,1315	15216,30	2,124131	1,47	866,819	4770778
1999	1294,515	0,1201	0,1263	15718,80	2,08155	1,5	934,818	4893773
2000	1267,807	0,1194	0,1256	16199,80	2,046898	1,55	981,212	5007100
2001	1256,727	0,1200	0,1262	16398,60	1,928139	1,45	1028,497	5357900
2002	1159,654	0,1223	0,1286	16434,40	1,886557	1,46	1095,011	5509863
2003	1248,074	0,1257	0,1322	16219,90	1,874395	1,44	1133,092	5572247
2004	1379,995	0,1283	0,1350	16474,30	1,863434	1,4	1187,092	5620296
2005	1360,332	0,1313	0,1381	16569,80	1,850391	1,41	1261,775	5671596
2006	1197,027	0,1340	0,1410	16796,80	1,84242	1,37	1275,296	5705534
2007	1258,079	0,1420	0,1500	17181,70	1,833761	1,35	1316,197	5743708
2008	1298,769	0,1074	0,1482	17191,10	1,821753	1,39	1273,936	5792957
2009	1165,898	0,1264	0,1508	16663,20	1,813034	1,34	1343,344	5826152
2010	949,267	0,1093	0,1584	16971,80	1,806757	1,39	1373,472	5852186
2011	758,717	0,1015	0,1654	16686,30	1,798664	1,35	1300,751	5878096
2012	854,900	0,1105	0,1993	16079,20	1,78504	1,28	1223,410	5905973
2013	942,583	0,1210	0,2081	15908,20	1,769969	1,21	1174,168	5925125

(continuação)

Ano	Emiss	emiss_pc	grau_urb	p_gn	p_gn_t	pop	Rec	urb
1991	62683	0,006287	0,484194			9970441	6598,862	4827626
1992	67105	0,006744	0,491422			9950029	6796,572	4889660
1993	65821	0,006612	0,498376			9954958	7116,397	4961312
1994	66890	0,006706	0,505357			9974391	7400,169	5040624
1995	71399	0,007134	0,511984			10008659	7864,206	5124278
1996	69096	0,00688	0,518744			10043693	8439,891	5210104
1997	72159	0,007156	0,525568			10084196	8422,446	5299934
1998	77107	0,007609	0,532245			10133758	8784,139	5393642
1999	85224	0,008366	0,539076			10186634	9522,644	5491367
2000	84100	0,008206	0,54616			10249022	10056,461	5597602

2001	83872	0,008119	0,552142			10330774	10625,168	5704057
2002	88038	0,00847	0,557997	0,0571	0,0600	10394669	11382,281	5800192
2003	82328	0,007882	0,563637	0,0580	0,0609	10444592	11834,688	5886957
2004	85299	0,008145	0,569657	0,0590	0,0620	10473050	12432,470	5966051
2005	87686	0,008355	0,575695	0,0604	0,0634	10494672	13241,918	6041725
2006	82647	0,007862	0,58194	0,0687	0,0721	10511988	13405,901	6117343
2007	80269	0,007621	0,588069	0,0639	0,0671	10532588	13862,960	6193886
2008	78032	0,007394	0,593862	0,0595	0,0625	10553339	13444,280	6267228
2009	74854	0,007086	0,599937	0,0564	0,0604	10563014	14189,763	6337144
2010	70634	0,00668	0,605648	0,0565	0,0594	10573479	14522,381	6403809
2011	69317	0,006556	0,610793	0,0567	0,0610	10572721	13752,475	6457743
2012	68752	0,006521	0,615966	0,0588	0,0739	10542398	12897,670	6493757
2013			0,621746	0,0657	0,0836	10487289	12313,844	6520434

Nota: *aloj*: alojamentos familiares clássicos; *emiss*: emissões; *emiss_pc*: emissões *per capita*; *p_gn*: preço do gás natural sem impostos; *p_gn_t*: preço do gás natural com impostos; *pop*: população total; *rec*: consumo de eletricidade no setor residencial; *urb*: urbanização. As restantes variáveis estão especificadas na Tabela 1.