

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

O Consumo de Energias Renováveis em Portugal: a influência de variáveis macroeconómicas no seu crescimento

Margarida Mendes Mendonça

Dissertação de Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência

Orientadora:

Professora Auxiliar Mónica Alexandra Vilar Ribeiro de Meireles

Departamento de Economia

ISCTE Business School

Novembro, 2022



BUSINESS
SCHOOL

O Consumo de Energias Renováveis em Portugal: a influência de variáveis macroeconómicas no seu crescimento

Margarida Mendes Mendonça

Dissertação de Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência

Orientadora:

Professora Auxiliar Mónica Alexandra Vilar Ribeiro de Meireles

Departamento de Economia

ISCTE Business School

Novembro, 2022

Agradecimentos

Em primeira instância, quero agradecer à minha família e ao meu namorado, por todo o apoio incondicional que me proporcionaram ao longo de todo o meu percurso académico.

Quero deixar uma palavra de apreço por toda a ajuda, não só da professora Mónica Meireles, a minha orientadora em todo o processo da minha investigação, como a todos os professores do Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência, que demonstraram sempre disponibilidade e gosto pela partilha de conhecimento.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus coordenadores Marta Capelo e Ricardo Santos, na CTT S.A, por toda a disponibilidade, flexibilidade e compreensão que tiveram sempre que necessitei na conciliação entre a minha vida profissional e académica.

Resumo

No âmbito da problemática do aquecimento global e da preocupação com as gerações futuras e do meio ambiente, o recurso a energias renováveis surgiu como uma alavanca para contornar estes problemas e, deste modo, o seu conceito tem vindo a ganhar peso no mundo.

Este estudo foca-se, sobretudo, na análise de possíveis variáveis macroeconómicas explicativas do consumo de energia renovável: formação bruta de capital fixo, produção de energia elétrica renovável, consumo de energia não renovável e importação de energia, em Portugal, no período de 1990 a 2020. É feita uma caracterização do setor das energias renováveis em Portugal, neste período e posteriormente, construído um modelo regressão linear múltipla com o intuito de estudar o relacionamento pretendido.

São obtidos resultados interessantes, como a influência negativa da formação bruta de capital fixo no consumo de energia renovável e o efeito positivo do consumo de energia não renovável no consumo de energia limpa. Também foi observado que, como seria de esperar, a produção de energia elétrica renovável fornece um peso positivo no consumo de energia renovável e as importações de energia caracterizam-se por uma influência negativa na principal variável em estudo.

Palavras-chave: Energia Renovável, Crescimento Económico, Consumo de Energias Renovável

Abstract

Within the scope of the problem of global warming and concern for future generations and the environment, the use of renewable energies has emerged as a lever to overcome these problems and, in this way, its concept has been gaining weight in the world.

This study focuses, above all, on the analysis of possible explanatory macroeconomic variables of renewable energy consumption: gross fixed capital formation, production of renewable electricity, consumption of non-renewable energy and energy imports, in Portugal, from 1990 to 2020. A characterization of the renewable energy sector in Portugal is made in this period and later, a multiple linear regression model is built in order to study the intended relationship.

Interesting results are obtained, such as the negative influence of gross fixed capital formation on renewable energy consumption and the positive effect of non-renewable energy consumption on clean energy consumption. It was also observed that, as expected, renewable electricity production provides a positive weight on renewable energy consumption and energy imports are characterized by a negative influence on the main variable under study.

Keywords: Renewable Energy, Economic Growth, Renewable Energy Consumption

Índice

AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE.....	III
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
GLOSSÁRIO DE SIGLAS.....	VII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	5
REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. Energias Renováveis como fator de crescimento económico num dado país ...	5
2.2. A Formação Bruta de Capital Fixo	7
2.3. A produção de energia elétrica.....	8
2.4. O consumo de energia não renovável	10
2.5. O investimento direto estrangeiro	11
2.6. As emissões de CO2.....	12
2.7. A criação de emprego.....	13
2.8. A importação de energia	14
CAPÍTULO 3	17
EVOLUÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS EM PORTUGAL	17
3.1. Evolução dos tipos de energia produzida no nosso país e a importação de energia não renovável	17
3.2. A influência de fontes de energia renovável no crescimento económico	20
3.3. O consumo de energia em Portugal.....	21
CAPÍTULO 4	25
METODOLOGIA	25
4.1. Modelo teórico	25
4.1.1. Teste F	26
4.1.2. Teste t	27

4.1.3. O método OLS (Ordinary Least Squares)	27
4.1.3.1 A regressão é linear nos coeficientes, está corretamente especificada e tem o erro estatístico aditivo.	28
4.1.3.2. O valor esperado do Erro Estocástico é zero: $E(\mu_i) = 0$	28
4.1.3.3. Todas as variáveis independentes são independentes do erro aleatório: $Cov(\mu_i, X_k) = 0$	28
4.1.3.4. Os erros estocásticos são independentes um dos outros: $Cov(u_i, u_j) = 0, i \neq j$	29
4.1.3.5. Os erros estocásticos têm variância constante (homocedasticidade): $Var(u_i) = \sigma^2$	30
4.1.3.6. Ausência de multicolinearidade perfeita.....	30
4.1.3.7. Os erros estocásticos seguem distribuição normal: $\mu_i \cap N(0, \sigma^2)$	31
4.2. Dados.....	32
4.3. Modelo Proposto	34
4.4. Resultados do estudo	35
4.4.1. Verificação do ajustamento do modelo estimado.....	35
4.4.2. Verificação dos pressupostos do método OLS	36
4.4.2.1. Pressuposto 1: A regressão é linear nos coeficientes, está corretamente especificada e tem um erro estocástico aditivo	36
4.4.2.2. Pressuposto 2: O valor esperado do Erro Estocástico é zero: $E(\mu_i) = 0$	37
4.4.2.3. Pressuposto 3: Todas as variáveis independentes são independentes do erro aleatório: $Cov(\mu_i, X_k) = 0$	37
4.4.2.4. Pressuposto 4: Os erros estocásticos são independentes um dos outros: $Cov(u_i, u_j) = 0, i \neq j$	39
4.4.2.5. Pressuposto 5: Os erros estocásticos têm variância constante (homocedasticidade): $Var(u_i) = \sigma^2$	40
4.4.2.6. Pressuposto 6: Ausência de multicolinearidade perfeita	41
4.4.2.7. Pressuposto 7: Os erros estocásticos seguem distribuição normal: $\mu_i \cap N(0, \sigma^2)$	42
4.4.3. Modelo final estimado	43
CAPÍTULO 5	45
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45

CAPÍTULO 6	47
CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	58
A. Posição do consumo de energias renováveis de Portugal na Europa.....	58
B. Dados utilizados na análise	59

Índice de Gráficos

Gráfico 3.1- Produção primária de energia em Portugal: tipos de produto energético, 1990 a 2020 (milhares de toneladas equivalentes de petróleo)	17
Gráfico 3.2- Importações em Portugal: por tipo de produto energético, 1990 a 2020 (milhares de toneladas equivalente de petróleo).....	18
Gráfico 3.3- Potência instalada das fontes de geração de eletricidade em Portugal (2000-2021).....	20
Gráfico 3.4- Contribuição total do setor de eletricidade de FER no PIB (Milhões de euros)	20
Gráfico 3.5- Consumo final de energia em Portugal: por tipo de produto energético de 1990 a 2020 (milhares de toneladas equivalente de petróleo).....	21
Gráfico 3.6- Consumo anual de energia renovável/ PIB anual de 1990 a 2020, em Portugal (milhares).....	22

Índice de Figuras

Figura 4.1- Função de distribuição de F	26
Figura 4.2- Teste Durbin- Watson	29
Figura 4.3- Caracterização das variáveis em estudo.....	32
Figura 4.4- Descrição das variáveis do modelo estimado	33
Figura 4.5- Teste F de análise do ajustamento global do modelo estimado	35
Figura 4.6- Teste t student para análise da significância das variáveis independentes ..	36
Figura 4.7- Estatísticas dos Resíduos	37
Figura 4.8- Matriz de correlações	38
Figura 4.9- Correlação entre os resíduos e as variáveis independentes do modelo estimado	38
Figura 4.10- Aplicação do Teste Durbin- Watson.....	39
Figura 4.11- Diagrama de dispersão standardized residual vs unstandardized predict value	40
Figura 4.12- Teste para verificar a heterocedasticidade	41
Figura 4.13- VIF e TOL	41
Figura 4.14- Normal P-P Plot Of e Regression Standardized Residual	42
Figura 4.15- Teste Kolmogorov- Smirnov	42

Glossário de Siglas

APREN- Associação Portuguesa de Energias Renováveis

CENR- Consumo de Energias Não Renováveis

CER- Consumo de Energias Renováveis

ER- Energias Renováveis

FBCF- Formação Bruta de Capital Fixo

PER- Produção de Energia Elétrica Renovável

PIB- Produto Interno Bruto

CAPÍTULO 1

Introdução

O macro fulcral para o surgimento do conceito das energias renováveis, deu-se quando o mundo passou pelo processo de globalização, o qual gerou a intensificação da industrialização e das trocas comerciais e conseqüentemente, trouxe os problemas das alterações climáticas e do esgotamento dos recursos não renováveis utilizados para a produção. Em 1970, segundo o Global Footprint Network, já se gastava mais recursos do planeta, do que aqueles que este era capaz de produzir. Deste modo, a exploração de fontes de energia renováveis (FER) ganhou um grande interesse nos últimos anos.

Energia renovável, é caracterizada como a energia gerada a partir de recursos naturais, como são exemplo a luz solar, o vento, a chuva, a biomassa, as marés e calor geotérmico (Vakulchuk et. Al., 2020). Estas têm que superar barreiras não só ambientais, como também barreiras socioeconômicas, técnicas e institucionais.

É evidente que o problema do paradigma climático se tem vindo a agravar, e a procura por soluções neste campo tem sido crescente, sendo as energias renováveis vistas aqui como um dos elementos chaves de escape e de contorno dessa problemática (Wang et. al., 2021). A mitigação destas modificações climáticas tem um debate cada vez mais forte na transição para energias renováveis, no crescimento económico e solidariedade entre países (Sarkodie et al., 2020).

O consumo de combustíveis fósseis, isto é, os principais poluentes e que geram o aquecimento global, representam cerca de 80% do consumo mundial de energia sendo um desafio ainda por ultrapassar (Vidadili et al., 2017). Em Portugal, observa-se à adoção progressiva de uma postura assertiva e consciente para com este tipo de energia, acreditando ser um dos métodos mais eficazes e sustentáveis para o futuro. A produção energética resultante de combustíveis fósseis, passou a apresentar uma insustentabilidade económica, social e ambiental levando à preocupação em se alterar o paradigma energético (World Energy Outlook, 2008). De acordo com o presidente do Conselho de Administração da ADENE (Agência Nacional de Energia), Nelson Lage (2021), esta mudança essencial no setor elétrico está, portanto, focada em três pontos fundamentais: descentralização, descarbonização e digitalização.

Vários desafios têm sido propostos neste âmbito. A Agenda 2030 desenvolvida pela ONU, tem um conjunto de 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, dentro dos

quais encontramos o da Ação Climática por forma a tomarmos medidas rápidas de combate às alterações ambientais visíveis. No Acordo de Paris, implementado em 2016, Portugal foi o primeiro país a afirmar-se como cumpridor da neutralidade carbónica até 2050. Este facto, é muito justificável pelas energias renováveis que contemos e que nos dá uma vantagem bastante competitiva face aos restantes países. Segundo Frans Timmermans, vice-presidente da Comissão Europeia, Portugal tem as condições reunidas para a transição energética.

É possível dizer-se que no nosso país, o setor das energias renováveis tem uma elevada importância na economia já que é um dos setores que cria valor económico, que gera emprego e nos conduz a um desenvolvimento sustentável. Dentro das diversas fontes de energia renovável existe a energia Eólica, Solar e Hídrica e estas são as que mais se destacam na nossa produção energética. Isto acarreta, assim, uma satisfação crescente no consumo de eletricidade por parte da população portuguesa.

É importante compreender e aprofundar o pensamento no que diz respeito aos fatores e motivações que o nosso país tem em consumir cada vez mais este tipo de energia, que além do combate às alterações climáticas. O consumo é, efetivamente, uma variável económica que nos dá sinais sobre o desenvolvimento de dado país e que está relacionado com outros fatores macroeconómicos. Alguns países têm mais motivações que outros em investir neste novo tipo de energia e melhores condições.

A maioria dos estudos já existentes, focam-se sobretudo na análise causal entre as variáveis: consumo de energia renovável, crescimento económico, formação bruta de capital fixo e não no que influencia o consumo de energia renovável. Neste sentido, este estudo prende-se com: 1. a análise da evolução de Portugal neste âmbito e; 2. procura perceber quais as variáveis macroeconómicas que podem explicar o consumo crescente de energia renovável no nosso país, no horizonte temporal 1990-2020.

Para o efeito, recorreu-se à revisão de literatura com o propósito de recolher informações sobre quais são as evidências relativas a influência de determinadas variáveis macroeconómicas no crescimento do consumo de energia renovável e como estas têm evoluído. Este capítulo divide-se em cinco partes. A primeira foca-se nas energias renováveis como fator económico do crescimento num dado país e as seguintes partes estudam o relacionamento entre o consumo de energias renováveis e: a formação bruta de capital fixo, a produção de energia, o consumo de energia renovável, a importação de energia, a emissão de CO₂, a criação de emprego e o investimento direto estrangeiro. Posteriormente, no capítulo 3, faz-se uma análise detalhada da evolução de Portugal neste

âmbito, onde são abordados os temas do tipo de energia produzida no nosso país e a nossa dependência energética, a influência que as fontes de energia renovável têm tido na geração de riqueza no nosso país e a caracterização do consumo de energia em Portugal. No capítulo 4, recorre-se a um modelo de regressão linear múltipla com o intuito de compreender a influência que as importações de energia, a formação bruta de capital fixo, a produção de energia elétrica e o consumo de energia não renovável têm no consumo de energia renovável, nos anos 1990 a 2020 e é apresentado a discussão dos resultados. Por fim, são apresentadas conclusões da investigação.

É esperado que esta investigação dê contributos para investigações futuras focadas na temática da energia renovável, dê uma orientação para possíveis projetos de investimento neste âmbito e que permita que outros países percebam o panorama de Portugal neste setor e quais as suas tendências.

CAPÍTULO 2

Revisão da Literatura

Esta secção foca-se na compreensão das evidências predominantemente existentes para determinadas variáveis macroeconómicas estarem relacionadas com o consumo de energia renovável. Centra-se numa análise alargada a outros países e cujo as suas tendências também se podem verificar em Portugal.

Neste sentido, variáveis como o PIB (Produto Interno Bruto), o consumo de energias renováveis, a formação bruta de capital fixo, o consumo de energias não renováveis, a produção de energia renovável, investimento direto estrangeiro, as emissões de CO₂ e a criação de emprego, são analisadas nesta revisão. Todas elas desempenham um papel relevante para a previsão do consumo de energia renovável e consequentemente, possível crescimento económico.

2.1. Energias Renováveis como fator de crescimento económico num dado país

Várias têm sido as investigações no âmbito das energias renováveis, sendo esta considerada como o futuro dos países para um caminho sustentável e fonte de geração de riqueza nos mesmos (Wang et al., 2021; Fan & Hao, 2019). A globalização teve consequências boas para o mundo em geral, como é exemplo as trocas comerciais e as relações estabelecidas entre países, mas também trouxe consequências negativas para o planeta. Foi com este processo de globalização que muitos países se tornaram interdependentes a nível industrial e onde a energia é utilizada para a produção, e consequentemente a principal geradora da problemática das alterações climáticas. (Vidadili et al., 2017). O recurso energético limpo e sustentável surge, assim, como uma necessidade urgente das comunidades para fazer face a estas mudanças devastadoras.

O recurso ao consumo de combustíveis fósseis, é nos dias de hoje ainda um maioríssimo desafio a ultrapassar, já que este tem um peso elevado no consumo europeu de energia. De acordo com os dados estatísticos apresentados pelo *Eurostat*, na Europa o consumo deste tipo de energia, em 2021, representou 71% de energia disponível.

Apesar desta preocupação se manter ainda nos dias de hoje, foi perto de 1990 que começaram a surgir políticas ambientais para fazer face a esta insustentabilidade e para promover uma maior consciencialização e segurança energética. Dois marcos importantes direcionados da política para o ambiente na Europa e mais especificamente,

para Portugal, são o *Tratado de Maastricht*, em 1993, que levou à intervenção da União Europeia nas decisões ambientais, através de introdução de políticas ambientais com voto unânime e do conceito de desenvolvimento sustentável na política e a assinatura do Protocolo de Quioto, no ano 1997, onde foram escritos objetivos para a diminuição de gases com efeito de estufa nos países industrializados, até ao ano de 2012 (Araújo & Coelho, 2013). Atualmente, Portugal é um dos países que diz, no Acordo de Paris, ter até 2050 neutralidade carbónica. Com este compromisso a que estamos expostos, é importante perceber se efetivamente as energias renováveis criam riqueza no nosso país e se o consumo crescente destas tem impacto positivo na nossa riqueza.

O consumo de energia renovável como fator de crescimento económico de dado país tem sido alvo de muitas investigações ao longo dos anos. Alguns estudos afirmam que existe uma relação positiva entre estas duas variáveis, como é o caso do estudo desenvolvido por um investigador da *Schulich School of Business*, na *York University* sobre a relação existente entre o consumo de energia renovável e o rendimento das economias emergentes, onde é estimada esta relação para 18 economias emergentes e se chega à conclusão que existe uma relação positiva entre o consumo de energia renovável per capita e o rendimento dos países. Outro economista, Inglesi-Lotz (2016), numa análise temporal de 20 anos (1990-2010), tentou perceber qual era o impacto do consumo de energia renovável na economia de todos os países da OCDE, obtendo resultados positivos entre o consumo de energia limpa e o crescimento económico. Contudo, outros estudos contradizem estas afirmações. A Eurásia, um país ainda muito dependente do consumo de combustíveis fósseis, também foi objeto de estudos no âmbito desta relação, onde se entendeu que, efetivamente, existia uma relação no longo prazo entre o PIB Real e a principal variável em estudo. De acordo com a investigação de Payne (2009), através de testes de causalidade de Granger, no período de 1949 a 2006, diz-se que não existe qualquer tipo de relação de causalidade entre o consumo de energia renovável e o crescimento económico. Também Mnegaki (2011), numa análise temporal de 1997 a 2007, concluiu a ausência de causalidade entre o consumo de energia limpa e o PIB. Estes resultados podem ter origem na ineficiência do uso de energias renováveis nos países em análise.

Importa, assim, refletir sobre as múltiplas respostas para a relação entre estas variáveis, e compreender, no caso de Portugal, qual é a tendência verificada já que no mundo não existe consenso sobre o relacionamento entre estas duas componentes económicas.

2.2. A Formação Bruta de Capital Fixo

A Formação Bruta de Capital Fixo, é efetivamente, uma das variáveis macroeconómicas constituinte do PIB (Produto Interno Bruto) de um dado país. Genericamente, define-se como o investimento, público ou privado, em aquisições de ativos fixos, que são utilizados numa dada produção de bens e serviços, num período superior a um ano, por um produtor residente (PORDATA, 2022a).

Uma vez que para os países se adaptaram às novas tecnologias associadas ao uso de energias renováveis na produção e ao consumo de energia têm de investir em ativos fixos, e deste modo, a formação bruta de capital fixo acaba por ser um fator económico importante e influenciador no consumo de energia renovável (Abbas et al., 2020). Alguns economistas consideram que esta variável está associada à energia renovável, já que mudanças no stock de capital são fruto de investimentos e consequentemente melhorias na energia limpa e na sua segurança (Lee, 2005; Apergis, 2010a). Outros investigadores utilizam esta componente do PIB para observar a relação que esta tem com as emissões de CO₂ e o seu impacto na energia renovável. De acordo com um estudo desenvolvido sobre *“The Relationship between CO₂ Emissions, Industry, services and Gros Fixed Capital Formation in Balkan Countries”*, a formação bruta de capital fixo está relacionada com a emissão de gases com efeito de estufa e os países dessa região devem investir em formação bruta de capital fixo com tecnologias sofisticadas por forma a fazer face aos constrangimentos causados pelo CO₂.

O sul de África foi alvo de estudo neste âmbito, numa análise temporal compreendida entre 1990 e 2018, onde através de um modelo econométrico se procurou clarificar a ligação existente entre o crescimento da riqueza da região, a energia renovável, as emissões de gases com efeitos de estufa e formação bruta de capital fixo. Os resultados foram positivos nesta região, a formação bruta de capital fixo e a energia renovável têm ambos efeitos positivos no PIB real (Riti et al., 2022). Saint et al. (2019), pesquisaram sobre políticas para reduzir a poluição e proporcionar a sustentabilidade económica, com o consumo de energia renovável na EU-28 como principal componente do estudo. Através dos testes de causalidade de *Granger*, num período de 20 anos, foi possível verificar que uma das componentes mais influenciadoras no crescimento da União Europeia, no longo prazo, é a formação bruta de capital fixo. Na Indonésia, uma

investigação com moldes idênticos aos estudos abordados anteriores, nos anos de 1965 a 2018, observou-se conclusões interessantes, como o facto da existir uma relação negativa entre a FBCF e a degradação do meio ambiente, chegando à conclusão que este fator económico tem um peso importante na diminuição das alterações climáticas da Indonésia (Anwar & Elfaki, 2021).

Contrariamente a estas opiniões, Azam et al. (2015), têm dúvidas quanto a esse relacionamento positivo. Aplicaram a uma série temporal de 1980 a 2012, testes de causalidade de Granger com o intuito de compreender a conformidade entre o consumo de energias renováveis e o crescimento económico, utilizando para o efeito um conjunto de cinco países: Indonésia, Filipinas, Singapura, Malásia e Tailândia. Os resultados para estes cinco países foram diferenciadores. Enquanto as Filipinas e a Tailândia apresentaram uma evidência positiva do consumo de energia renovável e a formação bruta de capital fixo, para a Malásia não se verificou qualquer tipo de causalidade entre estas duas componentes económicas.

Apesar das opiniões entre os diferentes investigadores parecerem estar genericamente alinhadas, ainda existem algumas dúvidas levantadas quanto a esta relação. A formação bruta de capital fixo é, de facto, importante para o crescimento económico de determinado país, mas quanto ao seu relacionamento com consumo de energia renovável ainda é necessário aprofundar a análise.

2.3. A produção de energia elétrica

Teoricamente, a produção de energias renováveis e o seu consumo estão interligados, isto porque, sem produção deste tipo de energia, não há meios para o consumo da mesma. É importante reforçar que o crescimento da riqueza de um país e o seu desenvolvimento humanitário estão muito dependentes da segurança energética, sobretudo em países bastantes urbanizados (Dennis et al., 2003). Esta segurança energética passa, assim, por uma produção de energia mais limpa e que garanta a sustentabilidade futura no meio ambiente.

Existem vantagens associadas á produção deste novo modo de energia. De acordo com Bilen et al. (2008), no seu estudo sobre a produção de energia, consumo e desenvolvimento sustentável na Turquia, as fontes de energia renovável, devido á sua característica de descentralização, têm um benefício enorme para as áreas rurais, já que permitem que a eletricidade produzida chega a toda a parte, até mesmo em zonas

economicamente ineficientes, na implementação de um sistema elétrico, reduzindo assim a pobreza e gerando crescimento económico por meio do consumo de energia e melhores condições de vida da população.

Quando falamos em produção de energia, existem diversas investigações comprovativas de que países desenvolvidos ainda estão muito dependentes de combustíveis fósseis, recurso considerado como o principal causador da insustentabilidade ambiental. É o caso da China, um dos maiores poluidores mundiais, que apesar de estar a implementar políticas no sentido de obter o desenvolvimento considerado como sustentável, ainda depende seriamente de energias primárias com efeitos graves e poluidores para a atmosfera (Schobert & Song, 2002). Também os Estados Unidos da América se incluem neste leque, responsáveis por uma percentagem elevada de emissões de gases com efeitos de estufa no mundo (Quadrelli & Peterson, 2007). Nos países europeus, há evidências que muitos deles têm, atualmente, os combustíveis fósseis como principal recurso para a produção e o consumo de energia. Isto verifica-se, sobretudo na Holanda e Alemanha, em que se observa um peso elevado deste tipo de recurso no total de energia produzida e consumida (Martins et al., 2018).

Portugal é reconhecido como um dos países da Europa que melhor se posiciona no âmbito das energias renováveis e na produção das mesmas. De acordo com os dados apresentados pelo *Eurostat*, em 2020, ocupou o 5º lugar no top de países da EU-28, na utilização de fontes de energia renovável para a produção de eletricidade. É de facto um país privilegiado no campo de produção de energia elétrica através fontes de energias renováveis face aos restantes países europeus, já que tem uma posição geográfica bastante favorável, conseguindo manter um clima ameno e propenso para a geração de energia, principalmente energia Eólica, Hídrica e Solar.

Em 2021, o setor da energia Portuguesa, foi representado por cerca de 62, 2 % de geração de energia elétrica a partir de fontes de energias renováveis e 34,5% de energia não renovável (APREN, 2022a). Estes dados testemunham que estamos num bom caminho, mas que ainda há muito a percorrer.

Os factos são claras, países excessivamente industrializados têm mais dificuldade na produção de energia limpa do que países em desenvolvimento e com fatores externos favoráveis. É relevante refletimos sobre o peso da produção de energia elétrica no consumo de energia renovável em Portugal, para compreendermos se, efetivamente, as tendências faladas são verdadeiras e perceber como é que o consumo de energia limpa se comporta face á produção de energia e consequentemente contribuem para o crescimento

económico. É observável que maior parte dos estudos, sobretudo nos países muito desenvolvidos, se focam no consumo de combustíveis fósseis e como ultrapassar as lacunas que estes causam no meio ambiente e até mesmo no mercado, mas faz sentido, para países que já estão bastante desenvolvidos neste âmbito de energias renováveis, entender qual é assim o tipo de relação que se estabelece entre o consumo e a produção de energia.

2.4. O consumo de energia não renovável

O consumo de energia convencional é assinalado com o consumo de energias provenientes de fontes com processo de renovação extremamente lento, como por exemplo, o petróleo e o carvão.

Quando se aborda esta questão do consumo de energia convencional, por norma, os investigadores centram as suas pesquisas no modo como este tipo de consumo exerce força no crescimento económico de determinado país e a verdade é que, quanto a estas análises, as opiniões divergem.

Numa observação sobre a relação de longo prazo entre o consumo de energia não renovável e o crescimento económico, no período de 1980 a meados de 2007, para catorze cidades comercializadoras de petróleo, chegou-se à conclusão que existe uma relação positiva entre estas duas componentes macroeconómicas, afirmando-se que no longo prazo, a eliminação deste tipo de consumo poderá originar entraves no desenvolvimento de determinado país (Mohammadi & Parveresh, 2014). Outros estudos, recorrem ao modelo não linear Autoregressive Distributed Lag (ARDL) para entender a conexão entre estas duas variáveis macroeconómicas e chegam a respostas semelhantes. São exemplo destes estudos, o de Awodumi & Awodumi (2020), que aplicando a investigação para os países africanos relevantes na produção de petróleo, chegam à conclusão que, exceto a Argélia, todos eles têm uma correspondência assimétrica no desenvolvimento económico. Também, é exemplo de uma investigação direcionada para a Índia em que os estudiosos chegam às mesmas interpretações: Ligação assimétrica entre o CER e aumento de riqueza no país (Shahbaz et al., 2017). Wang et al. (2019), também estudam esta conformidade na Índia e obtêm uma resposta contraditória. Estes consideram que existe uma separação entre o alargamento económico e o consumo de energia não renovável e que devem ser adotadas medidas políticas para o desenvolvimento de um sistema energético limpo. Numa análise para 11 países, com o intuito dar contributos para o entendimento da relação

entre o consumo de energia e o crescimento económico dos países analisados, foi estimado um modelo que incluía as variáveis PIB per capita, formação bruta de capital fixo e consumo de energia per capita, e aplicado testes de causalidade. Em dez dos países analisados, os investigadores perceberam que existia uma relação de causalidade entre estas duas variáveis macroeconómicas, e um país- Turquia- que contradizia essas respostas. (Yildirm E. et al, 2014).

É claro que o modo como o consumo de energias renováveis e o consumo de energias não renováveis influenciam a riqueza económica crescente de uma região, é importante para a sua evolução. Neste sentido, se numa primeira instância pode-se achar que estes dois tipos de consumo têm uma relação negativa um com o outro, isto é, um aumento de consumo de energia renovável significa uma diminuição de consumo de energia não renovável, em segunda instância podemos estar a tirar ilações precipitadas, levando-nos a conclusões erradas. Podemos também induzir em erro, quando achamos que o consumo de energia renovável é o único gerador de riqueza.

Deste modo, faz todo o sentido analisar como o consumo de energia não renovável se relaciona com o consumo de energia renovável e o seu contributo para o crescimento económico.

2.5. O investimento direto estrangeiro

Embora não haja muitas investigações relativas ao relacionamento entre o investimento direto estrangeiro e o consumo de energia renovável, já existem algumas críticas sobre o tema. A China, um dos maiores potenciadores industriais, foi mais uma vez fator de estudo neste campo. Lin et al. (2016), estudaram os influenciadores no consumo da eletricidade renovável de 1980 a 2011. Com recurso ao método de correção de erros vetoriais, perceberam que o investimento direto estrangeiro leva a uma diminuição da utilização de eletricidade renovável no CER, acrescentado ainda, que embora este tipo de investimento possa fazer crescer a quantidade de energias renováveis, isso não quer dizer que faça subir a utilização das ER no consumo de energias renováveis. Sbia et al. (2014), foram contribuintes desta opinião. Na sua investigação para o período 1975 a 2011, entenderam que existe uma relação negativa entre estas duas variáveis.

Também Sadorsky (2010), centrou-se na análise da influência do desenvolvimento financeiro no consumo de energia para um conjunto de vinte e dois

países e onde concluiu que o investimento direto estrangeiro está positivamente relacionado com o consumo total de energia. Um estudo desenvolvido para um conjunto de economias líderes mundiais, chegou também às mesmas respostas, isto é, que o crescimento económico está influenciado pelos IDE (Lee, 2013).

Neste sentido, o investimento direto estrangeiro ainda detém de poucas investigações quando o relacionamos com o consumo de energias renováveis. Apesar disso, as opiniões existentes ainda são muito distintas.

2.6. As emissões de CO₂

Os principais responsáveis das emissões de CO₂, são de facto os recursos não renováveis e cujo o seu crescimento, provoca aumentos de gases com efeito de estufa e consequentemente, alterações climáticas.

De acordo com as investigações atualmente existentes, a opinião é maioritariamente semelhante, isto é, que o consumo de energia renovável e as emissões de CO₂ têm uma relação contrária. Aumentos de consumo de energia renovável, geram diminuição nas emissões de dióxido de carbono.

Shafieia & Salimba (2014), dedicaram o seu tempo a observar esta relação. Para os países da OCDE e chegaram a resultados positivos. De facto, o CER é uma variável que gera maior sustentabilidade ambiental e contraria o crescimento das emissões de dióxido de carbono. A estes investigadores, juntam-se Dogan & Ozturk (2017), que ao procurar respostas sobre quais os influenciadores de emissões de dióxido de carbono nos Estado Unidos da América, para o horizonte temporal de 1980 a 2014, compreenderam que, no longo prazo, o crescimento do consumo de energia renovável gera diminuições nas emissões de CO₂. Num estudo alargado a 74 países, procurou-se compreender a função do consumo de energias limpas e do consumo de energia convencional no aumento da poluição ambiental, no período de 1990 a 2015. Mais uma vez, os resultados foram concordantes com as teorias existentes, em que o consumo de energia renovável diminui a degradação ambiental e contorna a problemática das alterações climáticas e que o consumo de energia convencional se trata como influenciador das emissões de CO₂ (Sharif & Ozturk, 2019). Bhat (2018), vai ao encontro destas afirmações, quando investigou o impacto que o consumo de energias renováveis e convencionais têm em algumas variáveis macroeconómicas, como o crescimento económico e as emissões de

dióxido de carbono, na África do Sul, China, Índia, Rússia e no Brasil. Acrescentou, ainda, nas suas conclusões que os países devem reforçar as suas políticas direcionadas para a sustentabilidade ambiental.

Espera-se assim, que em todos os países estas duas variáveis analisadas estejam negativamente correlacionadas.

2.7. A criação de emprego

A criação de emprego é uma das variáveis macroeconómicas que tem peso no crescimento económico e social de determinado país. A implementação de novas técnicas para combater as alterações climáticas e do uso de novas tecnologias renováveis, implica a necessidade de recrutar pessoas para estas funções.

A afirmação que as energias renováveis geram emprego, é comum em praticamente todas as investigações. Moreno & López (2008), centram-se no impacto das energias renováveis no emprego em Espanha, mais especificamente nas Astúrias. A sua observação foca-se num horizonte temporal de cinco anos. Além de deduzirem que, efetivamente, existe geração de emprego com a implementação de energias renováveis, naquela região o emprego é justificado maioritariamente pelas funções de instalação e construção. Afirmam também, que esta criação de emprego é vista como uma forma de compensação para com a destruição de emprego nas indústrias focadas na mineração tradicional. Ao ser aplicada uma investigação para 44 zonas africanas, Kouton (2020), através de um conjunto de dados estimados, entre 1991 e 2015, percebeu que nessas regiões o consumo de energia limpa gera um crescimento inclusivo, sobretudo em regiões mais pobres. O crescimento inclusivo, na visão deste autor, é considerado como impulsionador da criação de emprego para diversas áreas geográficas. Direcionando a análise para o conjunto de países europeus e da Noruega, Swain & Grad (2022), com recurso ao modelo de regressão autoregressiva vetorial, descobriram que é claro o efeito positivo das energias renováveis na criação de emprego na Europa. Contudo, o contributo das energias renováveis para a criação de emprego médio na Europa, segundo estes autores, é muito pequeno tornando-se irrelevante para análises agregadas, embora a nível individual, o CER seja visto como um dos principais fatores impulsionadores de mudanças no curto e médio prazo no emprego.

Entende-se, portanto, que a criação de emprego pode ser fruto da implementação de energias renováveis num dado país, embora isso possa ser pouco relevante quando se coloca este fator nas comparações internacionais de modo agregado.

2.8. A importação de energia

A importação de energia é uma componente influente no crescimento do consumo de energia e também no crescimento económico de cada país, já que esta nos dá indicações do quão dependentes ainda estamos do exterior.

Neste âmbito, existem atualmente poucos estudos virados para a compreensão do relacionamento entre o consumo de energia renovável e o mercado internacional, e mais especificamente as importações de energia. Ainda assim, recorrendo aos poucos que existem, conseguimos apreender que quanto mais unidades de energia importadas, mais consumo de energia existe num dado país (Dedeoglu & Kaya, 2013).

Ademais, a importação de energia, é frequentemente associada a energia não renovável, o que nos conduz ao pressuposto de que esta variável macroeconómica poderá ter uma relação negativa com o consumo de energia renovável. Um estudo desenvolvido por Adams & Schachmurove (2008) sobre a estimativa do consumo de energia e quais as consequências que existem na procura e importação de energia no ano de 2020, na China, demonstra conclusões neste campo. Afirma que a crescente produção industrial provoca importação de grandes quantidades de petróleo e de carvão. Também na Alemanha, foi observado, entre 1990 e 2020, a relação entre a importação de petróleo bruto com algumas variáveis económicas (energia renovável, inovação tecnológica e transporte de serviços). Os resultados obtidos foram claros, a importação do petróleo estabelece uma relação negativa com o uso de energia renovável (Yu et al, 2022). De acordo com Khan & Liu (2022), na sua investigação desenvolvida para a Austrália, sobre o consumo de energia não renovável e os seus desafios para a sustentabilidade, a redução de importação de energia não renovável pode originar melhoramentos na qualidade do ambiente.

Portugal, é um país privilegiado no campo das energias renováveis, mas escasso em energias não renováveis. Uma vez que não produz combustíveis fósseis, a sua dependência energética face ao exterior ainda é muito elevada. Recorre, assim, a países como a Arábia Saudita, o Brasil e Espanha para importar recursos, recursos esses como o petróleo e o carvão. Neste sentido, a incorporação de energia renovável no nosso

sistema energético permite-nos, segundo a Direção-Geral de Energia e Geologia, alcançar maior independência e crescimento económico.

É expectável, de acordo com a literatura existente até ao momento, que estas duas variáveis macroeconómicas exerçam uma influência contraditória uma na outra, isto é, o aumento de importação de energia não renovável gere diminuição no consumo de energias renováveis.

CAPÍTULO 3

Evolução das energias renováveis em Portugal

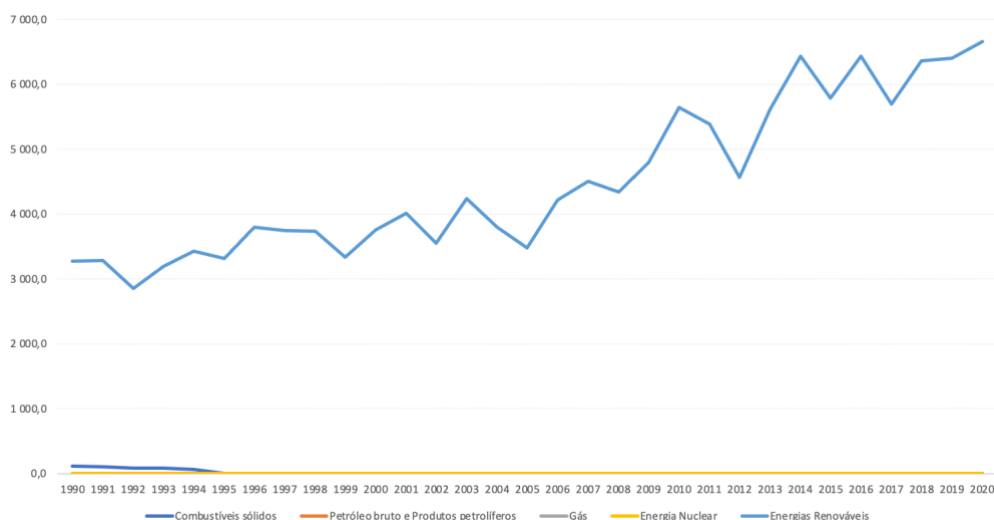
Nesta secção, faz-se uma análise das tendências macroeconómicas observadas em Portugal nos últimos anos, no setor das energias. Pretende-se, portanto, responder à primeira questão de investigação, isto é, como está a evoluir Portugal no âmbito das energias renováveis e qual o impacto do crescimento do consumo de energias renováveis no crescimento económico.

Este capítulo irá dividir-se em três partes. A primeira que se foca nos tipos de energia produzidos em Portugal e quais os tipos de fontes de energia renovável que nos fazem depender do exterior. Segue-se a este ponto, uma breve análise sobre a influência dessas fontes de energia renovável no crescimento económico e por último, a caracterização do consumo de energia em Portugal.

3.1. Evolução dos tipos de energia produzida no nosso país e a importação de energia não renovável

Portugal é caracterizado como um país dotado em energias renováveis, mas escasso em energias convencionais, ou seja, em energias que se definem como não renováveis (Kahn, 1979). Este facto, é facilmente observável quando se olha para os dados estatísticos. De acordo com ao gráfico seguinte, conseguimos analisar a evolução dos diferentes tipos de energia primária produzida em Portugal, de 1990 a 2020.

Gráfico 3.1- Produção primária de energia em Portugal: tipos de produto energético, 1990 a 2020 (milhares de toneladas equivalentes de petróleo)

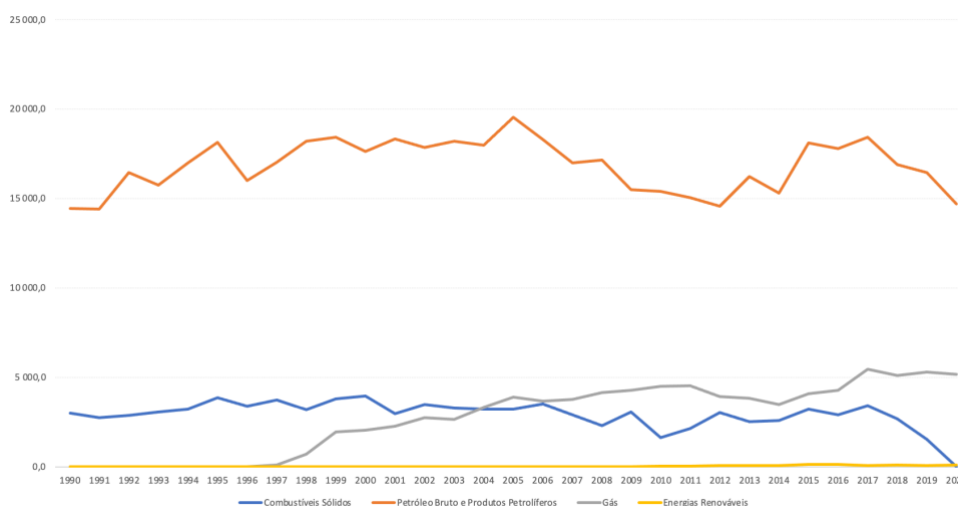


Fonte: Pordata (2022)

O único recurso de energia não renovável produzida nos primeiros anos do período em análise, foram os combustíveis fósseis, que a meados de 1995 deixaram de ser produzidos. A energia renovável, embora tenha apresentado algumas irregularidades no horizonte temporal, tem demonstrado uma tendência crescente, sendo que desde o ano 1990, que Portugal mais que duplicou a sua produção de energia limpa.

Estas evidências conduzem-nos a outra questão fundamental no nosso desempenho energético. Se não produzimos energia convencional, então esta tem que se importar e isso reflete-se numa dependência energética face ao exterior.

Gráfico 3.2- Importações em Portugal: por tipo de produto energético, 1990 a 2020
(milhares de toneladas equivalente de petróleo)



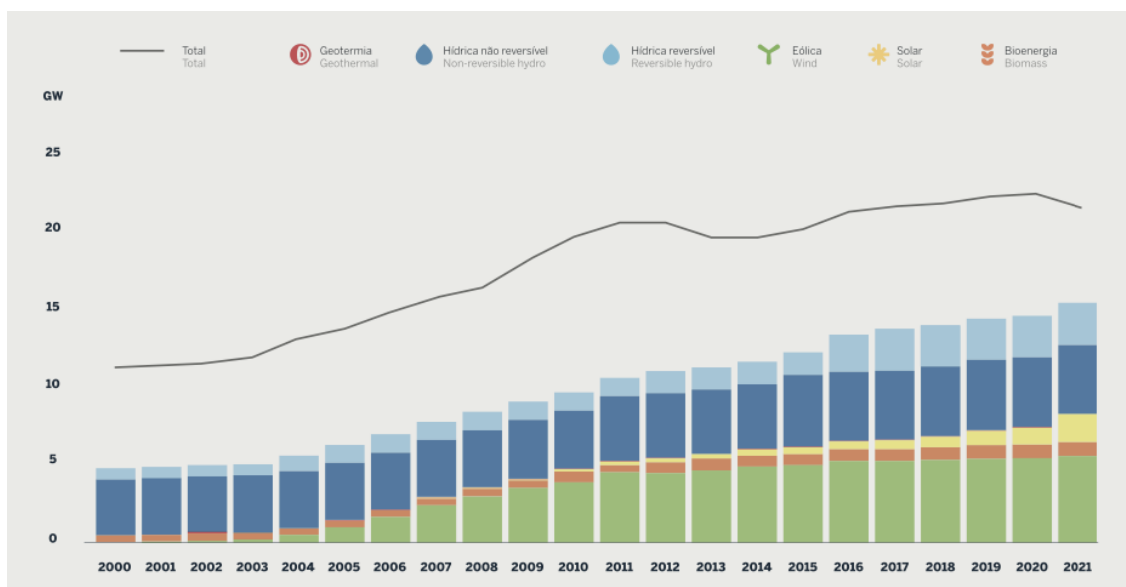
Fonte: Pordata (2022)

No gráfico 2, representam-se os tipos de fontes de energia importados em Portugal. A importação de petróleo bruto e de produtos petrolíferos, é quem ganha neste campo e com total distinção. Embora este tipo de fonte de energia se destaque face aos restantes, isto porque é um dos recursos mais utilizados no mundo, sobretudo para meios de transporte, a sua evolução tem sido decrescente desde 2017, chegando em 2020 a ter valores muito próximos dos que apresentava há 30 anos atrás. Nos últimos anos, a tecnologia avançada tem contribuído para o desenvolvimento de carros elétricos e de tecnologias com uso de fontes renováveis, que fazem com que a procura por este recurso energético diminua. Faço destaque também para o crescimento acentuado do gás desde o final da década de 90 e que tem vindo a ganhar espaço no mercado.

A nossa dependência energética neste âmbito ainda é elevada, mas comparada com as décadas anteriores, é muito menor. Isto é justificado pelo crescimento da nossa geração de eletricidade renovável que teve influência, sobretudo, nos primeiros anos da década de 2000.

Segundo o relatório anual da APREN- Associação Portuguesa de Energias Renováveis, em 2021, Portugal gerou 62,2% de eletricidade oriunda de recursos renováveis. Ademais, a nossa potência instalada per capita foi de 2,2 kW, onde 1,4kW desta potência são renováveis. No leque da potência renovável, a fonte de energia mais forte no nosso país é a Eólica, que nos últimos 20 anos tem permitido atrair as atenções para o aumento de potência instalada no continente.

Gráfico 3.3- Potência instalada das fontes de geração de eletricidade em Portugal (2000-2021)

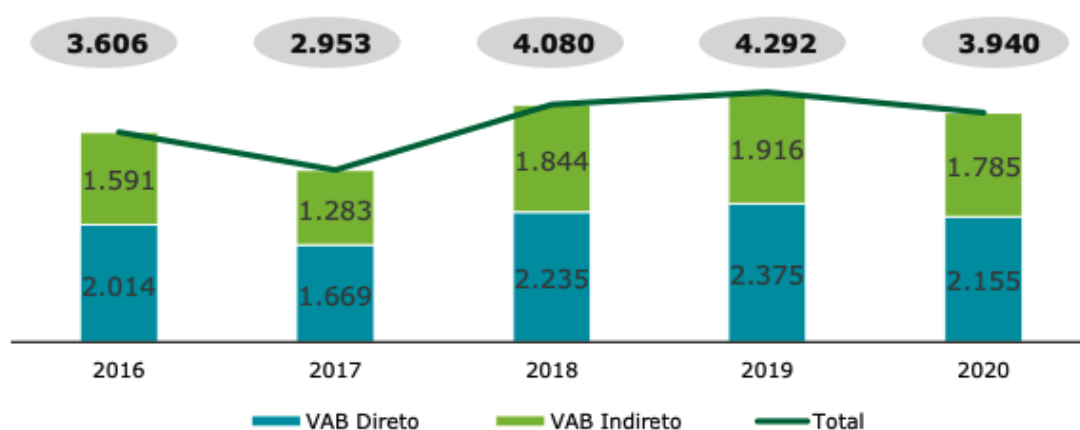


Fonte: APREN (2022)

3.2. A influência de fontes de energia renovável no crescimento económico

Nos últimos cinco anos, examinou-se uma estabilidade na geração de riqueza do setor de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável. Apesar desse facto, estas continuam a ter uma enorme contribuição para o PIB, representando-se num contributo de cerca de 4 mil milhões de euros, no ano 2020. A única queda observada no gráfico seguinte, é justificada pelo atípico ano de seca. O ligeiro decréscimo destas contribuições observadas no último ano, 2019 para 2020, deve-se ao período início do período da pandemia, ano atípico para o mundo em geral.

Gráfico 3.4- Contribuição total do setor de eletricidade de FER no PIB (Milhões de euros)



Fonte: APREN (2022)

Ademais, como seria expectável, já que é a fonte de energia mais utilizada em Portugal, o setor da energia eólica foi o que mais contribuiu, nesse ano, para o PIB, em cerca de 42%, fazendo-se seguir do setor hidráulico.

Assim, em 2020, o setor das energias renováveis, representou na totalidade 1,6% do PIB.

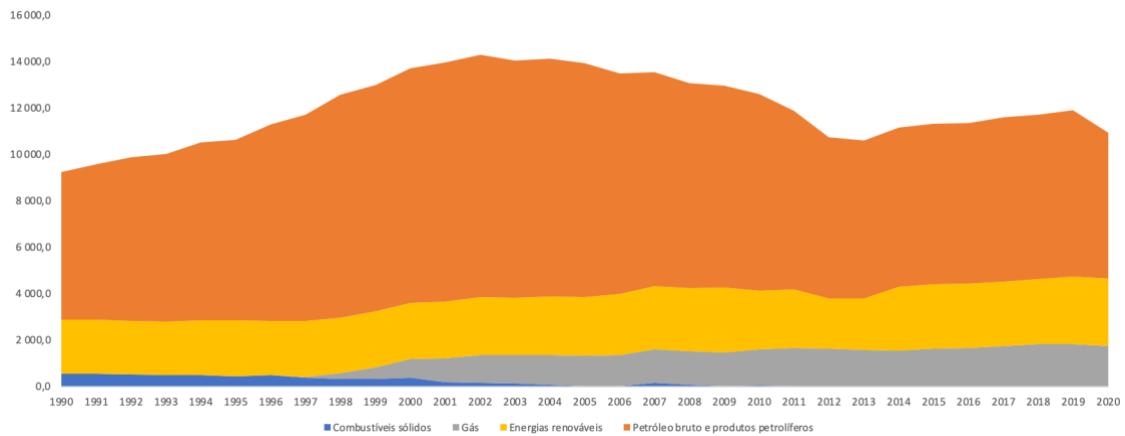
3.3. O consumo de energia em Portugal

Segundo um estudo desenvolvido pela APREN em parceria com a consultora *Deloitte*, sobre os impactos que a eletricidade provinda de energias renováveis tem em Portugal, a eletricidade, os transportes e o aquecimento/arrefecimento do ambiente, são os setores que mais se sujeitam à inclusão da energia renovável.

No ranking do consumo português no sector da energia, acima do consumo de energia limpa, está o consumo do Petróleo bruto e dos produtos petrolíferos¹. Ainda assim, as tendências são favoráveis para o meio ambiente, isto é, o consumo de energia renovável tem crescido e o consumo de energia não renovável mencionado, tem diminuído desde o ano 2000, como se pode constar na figura abaixo.

Gráfico 3.5- Consumo final de energia em Portugal: por tipo de produto energético de 1990 a 2020 (milhares de toneladas equivalente de petróleo)

¹ Constituído por Petróleo bruto, matérias-primas e produtos petrolíferos (ex: gás de refinaria).

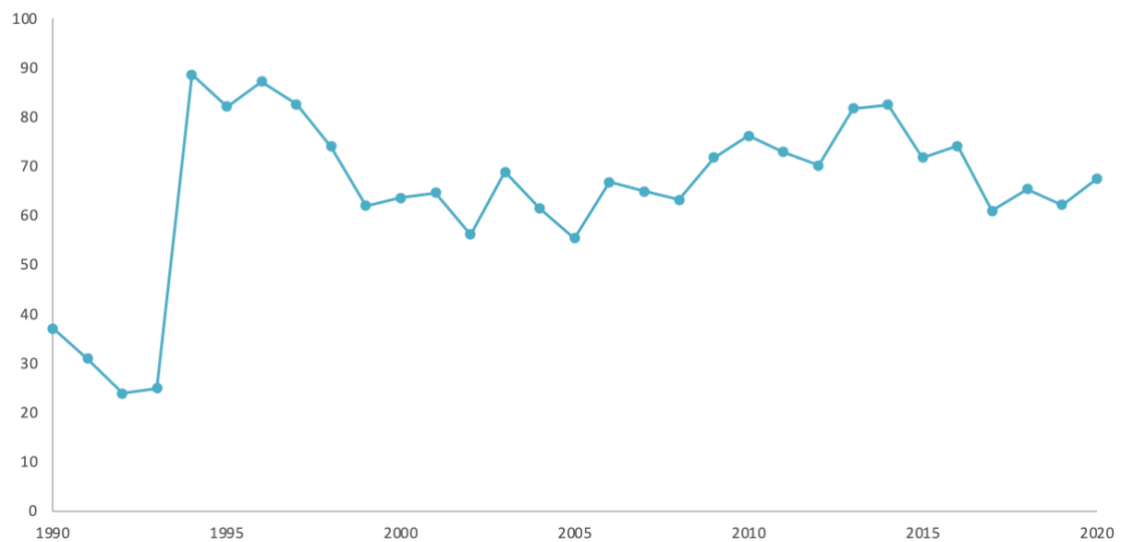


Fonte: Pordata (2022)

Os maiores consumidores de consumo de energia elétrica, no nosso país, são o setor da indústria e os agregados domésticos. O consumo de energia elétrica doméstico cresceu, em média, 7,68 % desde 1990 a 2020 e na União Europeia, 4,62% (Pordata, 2022), fazendo-se acreditar que o consumo doméstico se tem desenvolvido, em média, mais em Portugal do que na EU-27. Acresce, que a contribuição do consumo de energias renováveis no consumo final de energia, em Portugal ficou acima do da União Europeia em 12 pontos percentuais, no ano 2020 (34% e 22,1%, respetivamente). A energia proveniente de fontes renováveis, foi também o alimento de 60% do consumo de eletricidade, nesse mesmo ano (Ribeiro, 2021).

A influência do consumo de energia renovável no PIB tem-se intensificado ao longo dos últimos anos. Analisa-se no gráfico 3, que se segue.

Gráfico 3.6- Consumo anual de energia renovável/ PIB anual de 1990 a 2020, em Portugal (milhares)



Fonte: Adaptado de Pordata.

Este peso teve uma subida acentuada de 1993 a 1995 e desse ano para a frente verifica-se flutuações nesta relação, embora a sua influência tenha uma tendência cada vez mais forte e nunca mais tenha voltado aos valores baixos do passado.

Importa ainda refletir que Portugal se destaca a nível europeu no consumo de energias renováveis, ficando acima da média europeia em 2020, ocupando o 5º lugar nesse ano no consumo de energias renováveis, de acordo com os dados fornecidos pelo Eurostat. Na sua frente apenas se encontra, suécia, a Finlândia, a Latvia e Austria.

CAPÍTULO 4

Metodologia

Nesta secção faz-se recurso a um modelo de regressão linear múltipla para alcançar a relação e o peso existente entre o consumo de energia renovável (variável dependente) e a formação bruta de capital fixo, a produção de energia renovável, o consumo de energia não renovável e a importação de energia (variáveis independentes), em Portugal entre 1990 e 2020.

4.1. Modelo teórico

A regressão linear múltipla é utilizada para apreciar quais as variáveis que explicam a variável principal em estudo (dependente) (Berry et al., 1985). Além disso, é um modelo capaz de presumir os valores incógnitos da variável dependente e compreende a associação entre as variáveis independentes, com a dependente. Embora este modelo não tenha a garantia de que as variáveis utilizadas sejam a essencial causa da ocorrência da variável explicada, permite compreender o peso das mesmas na variável dependente, de acordo com o modelo estudado.

A escolha por este modelo para o estudo, é principalmente justificada pela existência de muitas investigações baseadas em testes de causalidade de Granger para estudar a relação de causa efeito entre as variáveis macroeconómicas no longo prazo. O que pode, por vezes, levar a um padrão de respostas obtidas. Assim, o modelo de regressão linear múltipla entra aqui como um fator diferenciador neste estudo, procurando uma possibilidade de justificação para o consumo de energias renováveis.

Teoricamente este modelo econométrico define-se como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + u_i \quad (1)$$

em que Y_i representa a variável dependente, X_k as variáveis independentes e explicativas do modelo, β_0 representa a constante do modelo, β_k representam os coeficientes de regressão linear e, por fim, u_i retrata o erro que o modelo tem ao estimar-

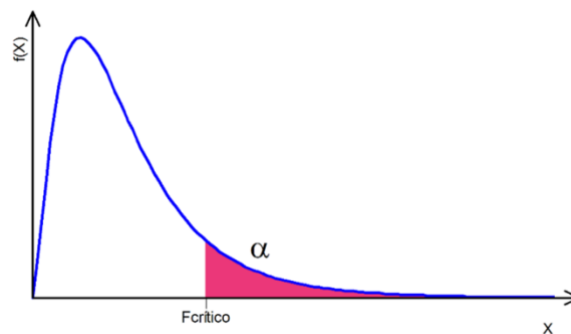
se Y_i , por meio de X_k , isto é, diz respeito a fatores que podem não estar explicados pelas variáveis explicativas (X_k) (Heij al., 2004).

De modo a observar se o modelo econométrico que se estima, a partir do modelo teórico proposto, se ajusta bem, é necessário validar dois pressupostos: 1. Significância global do modelo, e 2. Significância individual das variáveis independentes. Para a validação desses pressupostos é usual recorrer a dois tipos de testes.

4.1.1. Teste F

Teste utilizado para estudar a significância global do modelo, conseguindo analisar vários coeficientes em simultâneo. A função da distribuição do teste F representa-se da seguinte forma:

Figura 4.1- Função de distribuição de F



Fonte: Yamamoto, 2020

Para um dado intervalo estatístico, é necessário observar se o nível de significância estatístico (sig_k), está ou não, na região crítica (distância cujo a estatística da amostra tem de estar do valor de H_0). Utiliza as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_1, \dots, \beta_k = 0, \text{ o modelo não se ajusta globalmente} \quad (2)$$

$$H_1: \beta_1, \dots, \beta_k \neq 0, \text{ o modelo ajusta – se globalmente} \quad (3)$$

Se o $sig_k < \alpha$, em que α representa o nível de significância, comunica que não se encontra dentro da região crítica e, portanto, a Hipótese Nula é rejeitada e conduz-se á conclusão de que o modelo estimado se ajusta globalmente.

4.1.2. Teste t

Este teste tem algumas finalidades, mas no âmbito da regressão linear, este pretende estudar a significância das variáveis explicativas para o modelo estimado. A função do teste t student representa-se por uma curva de distribuição normal.

As hipóteses para analisar os resultados são formuladas da seguinte maneira:

$$H_0: \beta_0 = 0, \quad \text{as variáveis independentes não são explicativas do modelo} \quad (4)$$

$$H_1: \beta_k \neq 0, \quad \text{as variáveis independentes são explicativas do modelo} \quad (5)$$

Para a se rejeitar a hipótese nula estabelecida neste teste e afirmar-se que as variáveis independentes do modelo de regressão são significativas para explicar o modelo estimado, é necessário que $sig_k < \alpha$, isto é, se encontro fora da região crítica da função de distribuição, para um dado intervalo de confiança.

4.1.3. O método OLS (Ordinary Least Squares)

O método OLS serve para investigar qual é o melhor ajustamento para o modelo estimado de acordo com os dados observados (Naik et al., 2007). Por outras palavras, isto que dizer, que serve para perceber se o modelo estimado é confiável.

Um modelo de regressão linear múltipla só é considerado confiável se se verificarem sete pressupostos:

1. A regressão é linear nos coeficientes, está corretamente especificada e tem um erro estocástico aditivo;
2. O valor esperado do Erro Estocástico é zero: $E(\mu_i) = 0$;
3. Todas as variáveis independentes são independentes do erro aleatório: $Cov(\mu_i, X_k) = 0$;
4. Os erros estocásticos são independentes um dos outros: $Cov(u_i, u_j) = 0, i \neq j$;

5. Os erros estocásticos têm variância constante (homocedasticidade): $Var(u_i) = \sigma^2$;
6. Não existe multicolinearidade perfeita;
7. Os erros estocásticos seguem distribuição normal: $\mu_i \cap N(0, \sigma^2)$.

4.1.3.1 A regressão é linear nos coeficientes, está corretamente especificada e tem o erro estatístico aditivo.

Este pressuposto diz respeito á forma como o modelo está representado. Teoricamente, este define-se como um modelo básico de regressão linear múltipla, como o que é apresentado na equação (1) no ponto 4.1 deste estudo, em que os betas inseridos no modelo são expostos de forma linear.

4.1.3.2. O valor esperado do Erro Estocástico é zero: $E(\mu_i) = 0$

Este pressuposto serve para confirmar se os erros não estão, efetivamente, ligados aos coeficientes de regressão (β_k) isto é, a média dos erros ligados a cada valor de X_k tem de ser zero, independentemente do valor que variável independente toma.

4.1.3.3. Todas as variáveis independentes são independentes do erro aleatório: $Cov(\mu_i, X_k) = 0$

Existem fatores externos ao contexto da regressão, que influenciam os valores observados para as variáveis independentes e que, portanto, são determinados de forma independente do erro estocástico.

A validação deste pressuposto pode ser efetuada através da matriz de correlações e do teste t student, que permite estudar a significância dos parâmetros do modelo. As hipóteses estudadas para a verificação da independência das variáveis independentes e o erro aleatório, são as seguintes:

H_0 : Não existe correlação linear entre as variáveis independentes e os resíduos

$$(\rho_{i,j} = 0) \tag{6}$$

H_1 : Existe correlação linear entre as variáveis independentes e os resíduos

$$(\rho_{i,j} \neq 0) \tag{7}$$

4.1.3.4. Os erros estocásticos são independentes um dos outros: $Cov(u_i, u_j) = 0, i \neq j$

Na análise deste pressuposto é necessário identificar a inexistência de autocorrelação entre os erros. Caso se verifique a sua existência, significa que o erro estocástico de uma dada observação depende de forma sistemática do erro de uma outra observação, de um dado período anterior (Gujarati, 2006).

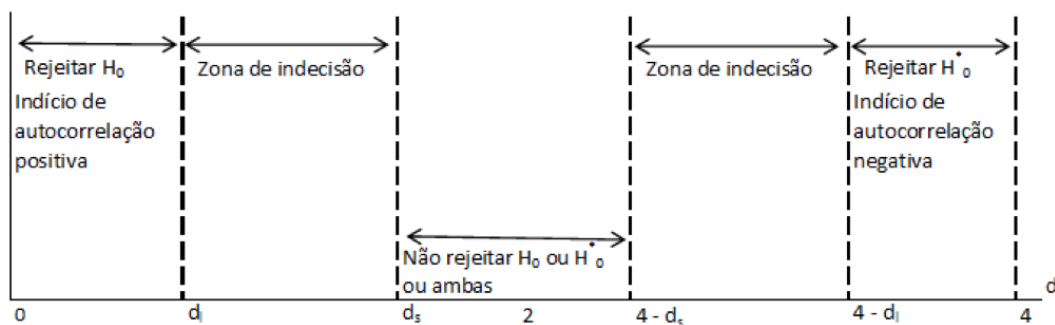
Para a identificação de autocorrelação utiliza-se o teste Durbin-Watson, que é o teste estatístico sustentado nos resíduos do método de regressão OLS e que se define de acordo com as seguintes Hipóteses:

$$H_0: \rho = 0 \text{ Ausência de autocorrelação entre os erros estocásticos} \quad (8)$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ Existe autocorrelação entre os erros estocásticos} \quad (9)$$

Os resultados do teste de Durbin-Watson, estão dependentes de uma faixa estatística compreendida entre 0 a 4, em que as extremidades indicam a existência de autocorrelação e valores próximos de 2 indicam a inexistência de autocorrelação, isto porque, $Durbin-Watson = 2(1 - \rho)$. Na figura seguinte é possível observar as evidências analíticas deste teste.

Figura 4.2- Teste Durbin- Watson



Fonte: Sobral & Rocha (n.d).

4.1.3.5. Os erros estocásticos têm variância constante (homocedasticidade):

$$\text{Var}(u_i) = \sigma^2$$

A homocedasticidade diz que todos os erros estocásticos observados seguem a mesma distribuição, com média zero e variância constante para todas as observações do erro estocástico.

Para efetuar esta análise, existem vários testes de estudo da heterocedasticidade, dentro dos quais está o Teste White. Para a sua validação, seguem-se os seguintes passos:

1. Estima-se o modelo inicial por forma a originar os resíduos (u_i);
2. Constrói-se uma nova equação:

$$u_i^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \dots + \alpha_i X_i + \alpha_j X_1^2 + \dots + \alpha_k X_i^2 + \alpha_l X_1 X_2 + \dots + \alpha_m X_i X_j + v_i \quad (10)$$

3. Testam-se as hipóteses do teste, isto é:

$$H_0: \beta_1, \dots, \beta_k = 0, \text{ o modelo é homocedástico} \quad (11)$$

$$H_1: \beta_1, \dots, \beta_k \neq 0, \text{ o modelo é heterocedástico} \quad (12)$$

4. $sig_k < \alpha$, rejeita-se a hipótese nula e existe presença de heterocedasticidade.

4.1.3.6. Ausência de multicolinearidade perfeita

Verifica-se existência de multicolinearidade perfeita entre duas variáveis quando:

1. São uma única variável;
2. São múltiplas uma da outra;
3. Uma constante foi adicionada a uma variável que resulta da soma de duas outras variáveis.

A ocorrência de uma destas três situações, é sinónimo de que o modelo não está a ser bem estimado.

Para a análise deste pressuposto, recorreremos ao variance inflation factor (VIF). Este método permite medir o quanto uma certa variável é explicada pelas restantes variáveis independentes incluídas no modelo:

$$VIF_i = 1 / (1 - R_i^2) \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (13)$$

em que p representa o número de variáveis independentes, R_i^2 diz respeito ao coeficiente de correlação múltipla.

Quanto maior for o valor do VIF, maior será o problema de multicolinearidade (Gujarati & Porter, 2011). Neste sentido, é considerado, que geralmente, para se afirmar inexistência de multicolinearidade, o VIF tem que ser menor que 5 e o seu inverso, o valor de tolerância (TOL) maior que 0,2 para todas as variáveis independentes (Montgomery et al., 2006).

4.1.3.7. Os erros estocásticos seguem distribuição normal: $\mu_i \cap N(0, \sigma^2)$

Este pressuposto é necessário para validar os testes de hipóteses, já que só os se pode realizar se o erro estocástico tiver uma distribuição normal. A melhor aproximação que temos do erro estocástico é através dos resíduos e por esse motivo, recorreremos a análise gráfica da sua curva de normalidade.

Para além do recurso a análise gráfica, também se utiliza o teste não paramétrico de ajustamento à distribuição normal Kolmogorov-Smirnov (KS). Este teste é usado para quando se pretende verificar se a distribuição de uma dada variável se ajusta a uma dada distribuição teórica sabida (Lucambio, 2008). Estuda as seguintes hipóteses:

$$H_0: \text{Os resíduos estandardizados seguem uma distribuição normal} \quad (13)$$

$$H_1: \text{Os resíduos estandardizados não seguem distribuição normal} \quad (14)$$

Em que, para um dado intervalo de confiança, se $sig_k < \alpha$, rejeita-se a hipótese nula a os resíduos estandardizados não seguem distribuição normal.

4.2. Dados

Para a construção do modelo econométrico com o intuito de entender quais as variáveis explicativas do consumo de energia renovável, procedeu-se à extração de dados nas bases de dados, World Bank e Pordata, fontes muito fidedignas e utilizadas frequentemente pelos melhores estudos quer na união europeia, quer no nosso país.

Na análise deste estudo foram utilizadas uma variável dependente e quatro variáveis independentes e explicativas da variável dependente. As escolhas das variáveis utilizadas para o estudo predem-se com a revisão da literatura. Uma vez que as emissões de CO₂ já foram utilizadas em muitos casos, e todos eles compreenderam que existe um efeito redutor do consumo de energia renovável nas emissões de dióxido de carbono, optou-se por excluir essa variável da análise. A criação de emprego por parte das energias renováveis, efetivamente tem um peso no crescimento económico de cada país, mas a nível europeu, esse peso é muito pequeno, de acordo com os ensaios desenvolvidos, pelo que também se considerou a exclusão dessa variável do estudo. Por fim, o investimento direto estrangeiro foi excluído da análise pelo simples facto de estar mais relacionada com o crescimento económico do que propriamente do consumo de energia renovável. Deste modo, segue-se a caracterização das variáveis em estudo.

Figura 4.3- Caracterização das variáveis em estudo

Tipo de variável	Nome	Label	Unidade	Base de dados
Variável dependente	Consumo de Energia Renovável Per Capita	CER	Milhões por habitante	World Bank
Variável independente	Formação Bruta de Capital Fixo Per capita	FBCF	Milhões por habitante	Pordata

Variável independente	Produção de Energia Elétrica Renovável per capita	PER	GWh (Gigawatt-hora) por habitante	Pordata
Variável independente	Consumo de Energia Não Renovável Per Capita	CENR	Milhões por habitante	World Bank
Variável independente	Importação de Energia	IMP	Milhares de Tonelada	Pordata

Fonte: Elaboração própria.

Para uma melhor análise e consolidação do modelo e maior facilidade no tratamento de dados, todas as variáveis foram transformadas em per capita, através da divisão entre a variável em estudo e o número de habitantes em cada ano no nosso país, com exceção da importação de energia onde não se verificou a essa necessidade, já que é uma variável com influência externa.

Devido ao leque diversificado dos dados existentes, é importante descrever estas variáveis:

Figura 4.4- Descrição das variáveis do modelo estimado

Variável	Descrição
Consumo de Energia Renovável Per Capita	Consumo de energia renovável (biomassa, eólica, solar, hídrica e geotérmica) por habitante.
Formação Bruta de Capital Fixo Per capita	Estão incluídos a formação bruta de capital fixo, a variação de existenciais e as aquisições líquidas de objetos de valor, quer públicos quer privados.

Produção de Energia Elétrica Renovável per capita	Representa o total de eletricidade gerada no nosso país. Estão incluídas a Energia Eólica, a Geotérmica, a Hídrica, a Biomassa e Fotovoltaica.
Consumo de Energia Não Renovável Per Capita	Estão incluídos os combustíveis fósseis, como os produtos de carvão, petróleo e gás natural. Com ano base 2016.
Importação de Energia	Constituído por importação de carvão, gás natural e petróleo e derivados.

Fonte: Elaboração própria.

O período em análise está compreendido entre 1990 a 2020, justificado pelo facto de existirem escassez de dados para anos anteriores a 1990 e também, como já referido na secção dois da revisão da literatura, foi nesse ano que se começou a adotar políticas mais conscientes e a preocupação com a sustentabilidade começou a intensificar-se. O ano 2020 é justificado apenas, pelo facto de ainda existirem dados a serem trabalhados para os anos 2021 e 2022. E, portanto, parece ser o horizonte temporal mais fiável para retirar conclusões próximas da realidade.

A escolha de Portugal, trata-se não só por ser o nosso país, como também por sermos um dos países europeus que tem vindo a fazer esforços para se destacar neste setor.

Para o processamento destes dados, recorreu-se numa primeira fase, ao excel para transformar as variáveis em per capita e por fim, ao software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para estimar o modelo e fazer a sua análise.

4.3. Modelo Proposto

O modelo inicial proposto compreende a relação entre o consumo de energia renovável per capita, com a influência positiva da formação bruta de capital fixo per capita e a produção de energia elétrica renovável per capita e a influência negativa do consumo de energia não renovável per capita e das importações de energia. Optei por estes sinais na

proposta do modelo inicial, com base nos estudos já existentes na revisão da minha literatura.

O consumo de energia não renovável per capita entra com uma influência negativa no modelo, já que esta variável poderá ser o oposto ao consumo de energia renovável per capita. Também as importações de energia são propostas com uma influência negativa na variável dependente, pelo facto, como já se viu, de Portugal importar sobretudo fontes de energia não renovável, pois é caracterizado como escasso nesse tipo de fontes de energia.

O modelo inicial proposto é o seguinte:

$$CER = \beta_0 + \beta_1 FBCF + \beta_2 PER - \beta_3 CENR - \beta_4 IMP + \mu \quad (15)$$

4.4. Resultados do estudo

O modelo inicial proposto foi estimado para um intervalo de confiança de 95% e, portanto, nível de significância, 0,05:

$$\widehat{CER} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{FBCF} + \beta_2 \widehat{PER} - \beta_3 \widehat{CENR} - \beta_4 \widehat{IMP} + \mu \quad (16)$$

4.4.1. Verificação do ajustamento do modelo estimado

Como referido, procedeu-se à análise do ajustamento do modelo estimado dividida em duas partes:

1. Significância global do modelo através do teste F:

Figura 4.5- Teste F de análise do ajustamento global do modelo estimado

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	35044721129,58	4	8761180282,395	66,371	,000 ^b
	Residual	3432078356,473	26	132003013,710		
	Total	38476799486,05	30			

a. Dependent Variable: CER

b. Predictors: (Constant), IMP, CENR, PER, FBCF

Fonte: Elaboração própria.

Em que, $F = 66,371$ e $sig = 0,000 < \alpha = 0,05$, isto é, rejeita-se a hipótese nula e portanto a nível global, o modelo estimado é significativo para explicar a relação entre o consumo de energia renovável per capita e as variáveis independentes.

2. Significância individual das variáveis independentes para explicar o consumo de energia renovável per capita, através do teste t:

Figura 4.6- Teste t student para análise da significância das variáveis independentes

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics		
	B	Std. Error				Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF	
1	(Constant)	84582,014	35923,761	2,354	,026						
	FBCF	-265,367	56,415	-,517	-4,704	,597	-,678	-,276	,284	3,525	
	PER	193554,465	36007,703	,434	5,375	,806	,726	,315	,527	1,898	
	CENR	,334	,041	,936	8,145	,000	,849	,848	,477	,260	3,850
	IMP	-,006	,002	-,215	-3,390	,002	-,349	-,554	-,199	,854	1,170

a. Dependent Variable: CER

Fonte: Elaboração Própria.

Segundo este teste, todas as variáveis são explicativas, pois em todas elas $sig_k < \alpha = 0,05$, como se pode constatar na figura e, portanto, a hipótese nula é recusada. O que significa que faz sentido estarem as quatro variáveis incluídas no modelo estimado para explicar o consumo de energia renovável per capita.

4.4.2. Verificação dos pressupostos do método OLS

4.4.2.1. Pressuposto 1: A regressão é linear nos coeficientes, está corretamente especificada e tem um erro estocástico aditivo

Este pressuposto encontra-se teoricamente validado, em que todas as variáveis do modelo são explicativas e lineares, como se constatou anteriormente e existe necessidade da introdução de um erro estocástico aditivo. Não existem variáveis omissas, nem irrelevantes e a sua forma está funcionalmente correta, encontrando-se, portanto, o modelo bem especificado.

4.4.2.2. Pressuposto 2: O valor esperado do Erro Estocástico é zero: $E(\mu_i) = 0$

A amostra apresentada de $n=31$, apresenta um valor médio a tender para zero. Este pressuposto vem, assim, reforçar que o valor esperado do erro estocástico seja zero. Pode-se observar no quadro das Estatísticas de Resíduos que o valor médio de resíduos é zero e o modelo é constante, pelo que este pressuposto está validado.

Figura 4.7- Estatísticas dos Resíduos

Residuals Statistics^a					
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	16699,1035	137062,3281	93167,2465	34178,31726	31
Residual	-24336,01758	21698,03906	,00000	10695,91566	31
Std. Predicted Value	-2,237	1,284	,000	1,000	31
Std. Residual	-2,118	1,889	,000	,931	31

a. Dependent Variable: CER

Fonte: Elaboração própria.

4.4.2.3. Pressuposto 3: Todas as variáveis independentes são independentes do erro aleatório: $Cov(\mu_i, X_k) = 0$

Com recurso á matriz de correlações extraída pelo software SPSS, a quando a estimação do modelo, analisou-se se existe ou não correlação entre as variáveis independentes e os resíduos.

Figura 4.8- Matriz de correlações

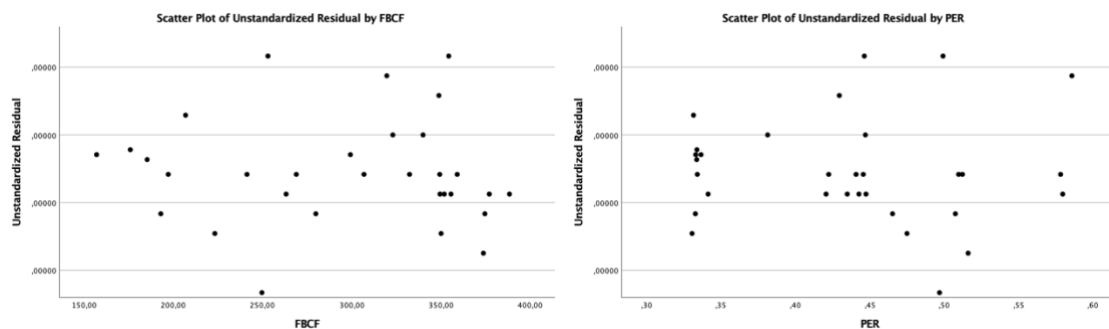
Correlations						
		FBCF	PER	CENR	IMP	Unstandardized Residual
Pearson Correlation	FBCF	1,000	,610	,828	-,348	,000
	PER	,610	1,000	,678	-,247	,000
	CENR	,828	,678	1,000	-,221	,000
	IMP	-,348	-,247	-,221	1,000	,000
	Unstandardized Residual	,000	,000	,000	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	FBCF	.	,000	,000	,027	,500
	PER	,000	.	,000	,090	,500
	CENR	,000	,000	.	,116	,500
	IMP	,027	,090	,116	.	,500
	Unstandardized Residual	,500	,500	,500	,500	.
N	FBCF	31	31	31	31	31
	PER	31	31	31	31	31
	CENR	31	31	31	31	31
	IMP	31	31	31	31	31
	Unstandardized Residual	31	31	31	31	31

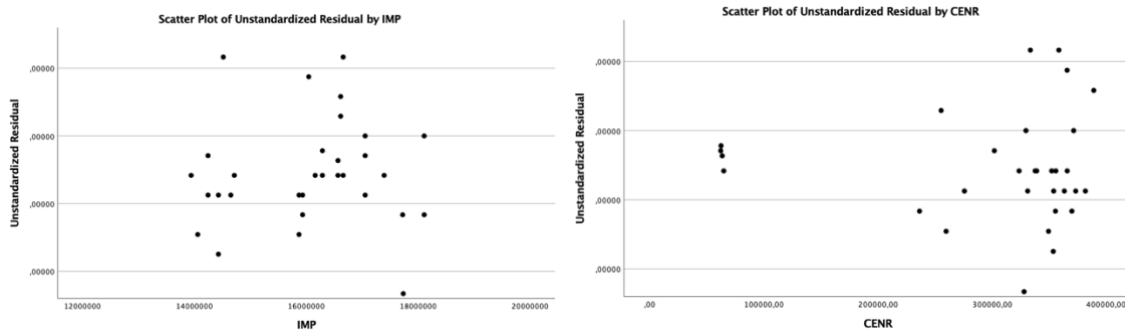
Fonte: Elaboração própria.

Os resultados são claros, não existe correlação entre os resíduos e as variáveis explicativas do modelo quando se avalia a Correlação de Pearson, em que todas elas apresentam correlação zero. E através do teste t para, $\alpha = 0,05$, em que se verifica que em todas as variáveis $Sig_k > \alpha = 0,05$, pelo que a hipótese nula deste teste não se rejeita e, por conseguinte, as variáveis explicativas do modelo são independentes dos resíduos.

Adicionalmente, podemos observar estes resultados graficamente:

Figura 4.9- Correlação entre os resíduos e as variáveis independentes do modelo estimado





Fonte: Elaboração própria.

É razoável admitir que nenhuma das variáveis independentes estabelece qualquer tipo de relação estatisticamente significativa com os resíduos e por conseguinte o pressuposto 3 é validado.

4.4.2.4. Pressuposto 4: Os erros estocásticos são independentes um dos outros: $Cov(u_i, u_j) = 0, i \neq j$

Recorreu-se ao teste de Durbin-Watson para analisar se existe autocorrelação entre os erros estocásticos.

Figura 4.10- Aplicação do Teste Durbin- Watson

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,954 ^a	,911	,897	11489,25645	1,867

a. Predictors: (Constant), IMP, CENR, PER, FBCF
b. Dependent Variable: CER

Fonte: Elaboração própria.

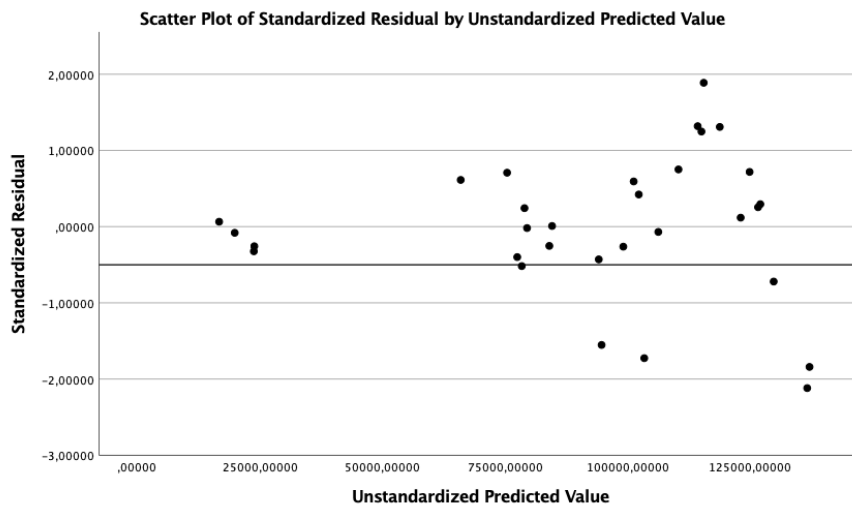
Consideramos que não há autocorrelação quando a estatística do Teste Durbin-Watson se aproxima de 2, logo, não se rejeita a Hipótese Nula ($\rho = 0$). É o que acontece neste modelo estimado em que DW= 1,867.

O pressuposto 4 encontra-se validado.

4.4.2.5. Pressuposto 5: Os erros estocásticos têm variância constante (homocedasticidade): $Var(u_i) = \sigma^2$

Para a análise deste pressuposto, em primeira instância, construiu-se o diagrama de dispersão, onde é possível observarmos a relação entre os Standardized Residuals e os valores do consumo de energia renovável per capita.

Figura 4.11- Diagrama de dispersão standardized residual vs unstandardized predict value



Fonte: Elaboração própria.

Existe algumas dúvidas quanto a esta relação estabelecida e por isso usou-se o Teste White para analisar a existência de heterocedasticidade. Deste modo, contruiu-se uma nova equação em função dos resíduos:

$$RES^2 = \beta_0 + \beta_1 FBCF + \beta_2 PER + \beta_3 CENR + \beta_4 IMP + \beta_5 FBCF^2 + \beta_6 PER^2 + \beta_7 CENR^2 + \beta_8 IMP^2 + \beta_9 FBCF * PER + \beta_{10} FBCF * CENR + \beta_{11} FBCF * IMP + \beta_{12} PER * CENR + \beta_{13} PER * IMP + \beta_{14} CENR * IMP + \mu \quad (17)$$

E após a construção da nova equação testou-se a hipótese de heterocedasticidade.

Figura 4.12- Teste para verificar a heterocedasticidade

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,713E+17	13	2,856E+16	1,079	,434 ^b
	Residual	4,500E+17	17	2,647E+16		
	Total	8,214E+17	30			

a. Dependent Variable: RES_Quadrado
b. Predictors: (Constant), PER_IMP, IMP, FBCF_IMP, CENR_IMP, CENR_Quadrado, FBCF_PER, FBCF_Quadrado, PER, PER_Quadrado, IMP_Quadrado, FBCF, CENR_FBCF, CENR

Fonte: Elaboração própria.

Efetivamente, para o teste F observado de 1,079, existe um $Sig = 0,432 > \alpha = 0,05$, o que significa que a hipótese nula não é rejeitada e, por conseguinte, o pressuposto cinco é validado. Existe, portanto, homocedasticidade e os erros estocásticos têm variância constante.

4.4.2.6. Pressuposto 6: Ausência de multicolinearidade perfeita

A ausência de multicolinearidade pode ser detetada através do Variance Inflation Factor (VIF) e do Fator de Tolerância (TOL). Para que esta seja verificada $VIF < 5$ e $TOL > 0,2$ para todas as variáveis explicativas do modelo.

Na figura seguinte, é possível observarmos que todas as variáveis independentes passam nestas condições.

Figura 4.13- VIF e TOL

Model	Coefficients ^a						Correlations			Collinearity Statistics	
		Unstandardized Coefficients B	Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	84582,014	35923,761		2,354	,026					
	FBCF	-265,367	56,415	-,517	-4,704	,000	,597	-,678	-,276	,284	3,525
	PER	193554,465	36007,703	,434	5,375	,000	,806	,726	,315	,527	1,898
	CENR	,334	,041	,936	8,145	,000	,849	,848	,477	,260	3,850
	IMP	-,006	,002	-,215	-3,390	,002	-,349	-,554	-,199	,854	1,170

a. Dependent Variable: CER

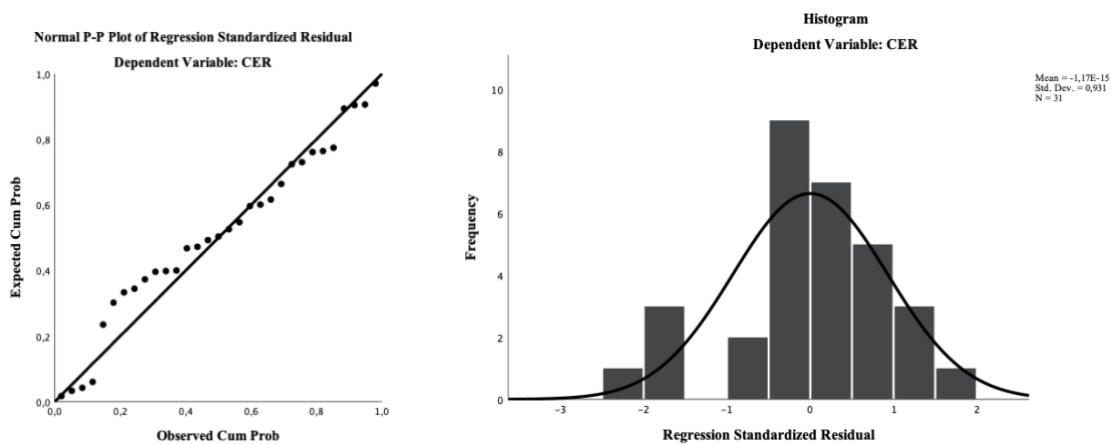
Fonte: Elaboração própria.

Deste modo, o pressuposto 6 do método OLS está ultrapassado.

4.4.2.7. Pressuposto 7: Os erros estocásticos seguem distribuição normal: $\mu_i \cap N(0, \sigma^2)$

A melhor aproximação que existe do erro estocástico é através dos resíduos, por isso elaborou-se os gráficos Normal P-P Plot Of e Regression Standardized Residual para analisar a distribuição dos erros estocásticos:

Figura 4.14- Normal P-P Plot Of e Regression Standardized Residual



Fonte: Elaboração Própria.

Através da análise gráfica, é possível identificar que o pressuposto da normalidade falha. No Normal P-P Plot Of Regression Standardized Residual existe afastamentos face à normalidade, isto é, o conjunto de pontos afasta-se da bissetriz. O histograma, confirma também estas observações.

Devido a estas conclusões gráficas, procedeu-se à observação do teste não paramétrico de ajustamento à distribuição normal Kolmogorov-Smirnov, para testar a hipótese de se os erros estocásticos seguem uma distribuição normal.

Figura 4.15- Teste Kolmogorov- Smirnov

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Normal Test Summary

Total N		31
Most Extreme Differences	Absolute	,129
	Positive	,081
	Negative	-,129
Test Statistic		,129
Asymptotic Sig.(2-sided test)^a		,200 ^b

a. Lilliefors Corrected

b. This is a lower bound of the true significance.

Fonte: Elaboração própria.

Está claro que a hipótese nula deste teste, que nos informa que os resíduos estandardizados seguem uma distribuição normal, não se rejeita já que $Sig=0,200 > \alpha=0,05$. Acresce a esta conclusão, que para amostras grandes ($N>30$), se pode aplicar o Teorema de Limite-Central, que declara que na prática, sempre que a amostra for grande, a distribuição das médias amostrais aproxima-se de uma distribuição normal (Pólya, 1920).

Assim, o último e sétimo pressuposto do método OLS está validado.

4.4.3. Modelo final estimado

O modelo final estimado pelo método de regressão linear múltipla representa-se por:

$$\widehat{CER} = 8458,014 - 265,367\widehat{FBCF} + 193554,465\widehat{PER} + 0,334\widehat{CENR} - 0,006\widehat{IMP} + \mu \quad (17)$$

A interpretação destes coeficientes segue-se na secção seguinte.

Discussão dos Resultados

Através da análise do modelo de regressão linear múltipla e do método OLS, foi possível verificar que o modelo estimado não só tem uma significância explicativa do consumo de energia renovável per capita, como também é confiável.

Os coeficientes de regressão linear permitem-nos tirar conclusões sobre o peso de cada variável no consumo de energia renovável per capita e qual é a sua influência sobre esta variável dependente, se positiva ou se negativa. Vejamos a sua interpretação individual:

- β_0 : É significativa para explicar a variável dependente e é a constante do nosso modelo estimado. Estima-se, assim, que em média o consumo de energia renovável per capita é 84582,014 unidades monetárias, quando todas as restantes variáveis são nulas ($\beta_0 = 8458,014$).
- β_1 : Representa a Formação Bruta de Capital Fixo per capita. É estimado que, em média, um aumento de uma unidade monetária na FBCF per capita provoque uma diminuição no consumo de energias renováveis per capita de 265,367 unidades monetárias, ceteris paribus. ($\beta_1 = -265,367$).
- β_2 : Associado à Produção de Energia Elétrica Renovável per capita. Estima-se que, em média, um aumento de uma unidade de produção de energia elétrica, gere um aumento 193554,465 unidades monetárias no consumo de energia renovável, ceteris paribus. ($\beta_2 = 193554,465$).
- β_3 : Diz respeito ao consumo de energia não renovável per capita. Espera-se que, em média, um aumento de uma unidade de consumo de energia não renovável per capita origine um aumento de 0,334 unidades no consumo de energia renovável per capita, mantendo todo o resto constante. ($\beta_3 = 0,334$).
- β_4 : Associado à variável importação de energia. É estimado que, em média, aumento de um ponto percentual de importação de energia elétrica provoque uma diminuição de 0,006 unidades monetárias no consumo de energia renovável per capita, mantendo tudo o resto constante. ($\beta_4 = -0,006$).

Contrariamente ao que foi proposto no modelo inicial, uma das variáveis que presta influência negativa no consumo de energia renovável per capita em Portugal, no

período em análise, não é o consumo de energia não renovável per capita, mas sim, a formação bruta de capital fixo per capita. Estes resultados vêm ao encontro com a opinião desenvolvida por Azam et al. (2015) no seu estudo, já abordado no capítulo 2 da revisão da literatura e contradiz as tendências esperadas. Esta tendência pode estar associada a um uso ineficiente da formação bruta de capital bruto para a produção de energia renovável, ou devido associado aos custos elevados com a tecnologia relacionada com as energias renováveis. Por exemplo, os painéis solares são equipamentos com um custo bastante elevado e, portanto, nem todos os consumidores têm capacidade para suportar esse custo, levando a optar pelo consumo de outro tipo de energia que não a renovável. Investirmos em equipamentos pode também tornar a energia renovável mais cara face as restantes alternativas de consumo provocando, assim, diminuição no consumo de energia. De acordo com os dados apresentados no Eurostat, os países da união europeia, no 2º semestre de 2020, demonstraram que nos países onde a produção de energias renováveis é maior, há uma diminuição de 25% no consumo de eletricidade, justificando-se este facto pelo aumento do preço da energia renovável, já que as taxas e impostos são maiores, quando comparados com o uso de energia proveniente de outras fontes (Gaivão, 2021).

Outro aspeto contraditório ao que foi proposto no modelo inicial, é o consumo de energia não renovável, em Portugal, que tem evidências de influência positiva no consumo de energia renovável per capita. Por vezes, o consumo de energia renovável pode justificar investimentos demasiados caros e, portanto, os consumidores podem optar por conjugar o consumo da sua energia entre o consumo proveniente de fontes não renováveis e o de fontes renováveis.

Para as restantes variáveis independentes, observou-se o que era esperado no campo do seu sinal neste modelo. A produção de energia elétrica renovável per capita, exerce, efetivamente, peso positivo no consumo de energia renovável e a importação de energia, já que se caracteriza por maior parte de fontes de consumo de energia não renovável, exerce influências negativas no consumo de energia renovável.

A variável em estudo que exerce maior peso na variável dependente do modelo, é assim, a produção de energia elétrica.

Conclusões do estudo

A preocupação e a maior conciliação para uma economia verde, sustentável e amiga do ambiente tem, de facto, vindo a crescer sobretudo nos últimos vinte anos, em todo o mundo e, mais especificamente no nosso país. É um tema bastante presente e objeto de várias discussões, principalmente nos últimos meses em que os preços da eletricidade e do gás dispararam, fruto da guerra que atualmente se vive.

A minha investigação centrou-se em dois pilares, que entendo que foram bem cumpridos. Um primeiro em que se tentou caracterizar as energias renováveis em Portugal através de análises de dados fornecidos por fontes seguras e prestigiosas no nosso país, como a APREN e PORDATA, e o segundo pilar através da investigação das variáveis macroeconómicas que explicam o consumo de energia renovável, com recurso à revisão da minha literatura e da construção do modelo econométrico de regressão linear múltipla.

Ficou claro, que grande parte dos estudos desenvolvidos procuram ter respostas para relacionar variáveis macroeconómicas com o crescimento económico, ou seja, uns pesquisam sobre a relação do consumo de energia renovável e o seu contributo para o crescimento económico, outros procuram entender qual é a relação existente entre o crescimento da riqueza de determinado país, não só com o consumo de energia renovável mas também através da formação bruta de capital fixo e do mercado externo e assentam, particularmente, em testes de causalidade de Granger para ter esclarecimentos quanto à direção que as variáveis tomam entre si no curto e longo prazo. Ademais, existem ainda muitas dúvidas quanto ao tipo de relacionamento que a variável consumo de energia renovável estabelece com a formação bruta de capital fixo, produção de energia elétrica renovável, consumo de energia não renovável e importação de energia. Os investigadores observam resultados diferentes para países diferentes e horizontes temporais distintos. Estes factos diferenciadores podem estar relacionados com o grau de desenvolvimento de determinadas regiões e pelo período em análise.

Relativamente á caracterização do setor das energias renováveis, é visível que Portugal se encontra bem posicionado na Europa, no que diz respeito á produção de energia renovável. Contudo, ainda existem lacunas a ultrapassar, como é exemplo, a nossa dependência face ao exterior no campo das energias não renováveis, já que somos pouco

dotados na nossa produção, ou até mesmo nada, de recursos não renováveis. Outro fator observável e a ultrapassar é a realidade de sermos muito ricos em energia eólica e hídrica, fruto das nossas condições climáticas, mas ainda estarmos escassos noutros tipos de energia renovável, como a biomassa ou a solar, que podem levar-nos a ter que recorrer ainda mais ao uso de energias não renováveis e importação das mesmas já que Portugal, genericamente, só importa recursos não renováveis.

Ainda dentro da caracterização do CER no nosso país, está confirmado que várias têm sido as políticas implementadas para seguirmos numa direção sustentável futura e que Portugal tem um grande desafio até 2050, o de atingir a neutralidade carbónica até esse ano.

Na construção do modelo de regressão linear múltipla, com o intuito de perceber quais as variáveis explicativas do consumo de energia renovável e qual o seu peso na mesma, obtiveram-se resultados interessantes. Contrariamente ao que se verificou em muitos dos países, Portugal, apresenta no período de 1990 a 2020, uma relação negativa entre a formação bruta de capital fixo e o consumo de energia renovável, facto este que pode estar associado aos custos elevados dos equipamentos para produzir energia renovável ou ao uso ineficiente dos equipamentos.

Outro aspeto que se destaca nesta investigação, trata-se da contrariedade no relacionamento que o consumo de energia não renovável estabelece com o CER e as importações de energia com o consumo de energia renovável. Isto porque, viu-se que Portugal detém de muito poucas fontes de energia não renovável próprias, e que consequentemente, importa-as, sendo a maior parte de energia importada proveniente de energias não renováveis. No modelo econométrico, observou-se que o CER tem uma efeito positiva no consumo de energia renovável, enquanto que as importações de energia têm um peso negativo na mesma. Estas duas observações opostas, podem assim gerar alguma discussão. Propondo, para estudos posteriores, a investigação desta contrariedade e perceber quais os motivos desta ocorrência.

Ademais, como seria de esperar, a produção de energia elétrica renovável é a variável que tem maior peso no consumo de energias renováveis, fazendo-se seguir da formação bruta de capital fixo. A variável explicativa do modelo que menos peso tem no consumo de energia renovável, é a importação de energia.

Existiram algumas limitações sentidas ao longo deste estudo, como é o caso da extração de dados estatísticos nas bases de dados públicas, que tiveram de ser, por vezes, trabalhados e adaptados para o contexto, nomeadamente, a transformação de variáveis

em per capita, que permitiram assim, uma melhor consolidação e resultados mais próximos da realidade. Além disso, o modelo de regressão linear é uma contribuição para o estudo do consumo de energia renovável, podendo, por vezes não estar totalmente certo com a realidade, já que pode variar muito de acordo com a base de dados utilizada.

Por fim, este estudo permite, assim, dar contribuições para investigações futuras, não só através de pontas soltas que podem ser alvo de investigação, como é o caso da contrariedade falada anteriormente, como também para estudos futuros sobre a mesma temática. Adicionalmente, pode ser ainda usado para investigações de projetos de investimento no nosso país.

Referências Bibliográficas

- Abbas, Q., Nurunnabi, M., Alfakhri, Y., Khan, W., Hussain, A., & Iqbal, W. (2020). The role of fixed capital formation, renewable and non-renewable energy in economic growth and carbon emission: a case study of Belt and Road Initiative project. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 45476-45486.
- Adams, F. G., & Shachmurove, Y. (2008). Modeling and forecasting energy consumption in China: Implications for Chinese energy demand and imports in 2020. *Energy economics*, 30(3), 1263-1278.
- Anwar, N., & Elfaki, K. E. (2021). Examining the Relationship Between Energy Consumption, Economic Growth, and Environmental Degradation in Indonesia: Do Capital and Trade Openness Matter?. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(4).
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010a). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy economics*, 32(6), 1392-1397.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010b). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy policy*, 38(1), 656-660.
- APREN (2022a). 2021 EM NÚMEROS. Acedido em: <https://anuario.apren.pt/2021-em-numeros/>. Data de acesso: 14 de setembro 2022.
- APREN (2022b). 2022 Anuário YEARBOOK: Portugal precisa da nossa Energia!. Acedido em: https://anuario.apren.pt/wp-content/themes/APREN/imgs/pdf/APREN_anuario2022.pdf. Data de acesso: 20 de setembro 2022.
- Araújo, L., & Coelho, M. J. (2013). Políticas públicas de energia e ambiente: rumo a um país sustentável?. *Sociologia, Problemas e práticas*, (72), 145-158.
- Awodumi, O. B., & Adewuyi, A. O. (2020). The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, 100434.
- Azam, M., Khan, A. Q., Bakhtyar, B., & Emirullah, C. (2015). The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 732-745.

- Bali Swain, R., Karimu, A., & Gråd, E. (2022). Sustainable development, renewable energy transformation and employment impact in the EU. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-14.
- Berry, W. D., Feldman, S., & Stanley Feldman, D. (1985). *Multiple regression in practice* (No. 50). Sage.
- Bhat, J. A. (2018). Renewable and non-renewable energy consumption—impact on economic growth and CO₂ emissions in five emerging market economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35515-35530.
- Bilen, K., Ozyurt, O., Bakırcı, K., Karşlı, S., Erdogan, S., Yılmaz, M., & Comaklı, O. (2008). Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development: A case study in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(6), 1529-1561.
- CGD (2022). Como está Portugal em termos de dependência energética?. Acedido em: <https://www.cgd.pt/Site/Saldo-Positivo/Sustentabilidade/Pages/dependencia-energetica.aspx>. Data de acesso: 20 de setembro 2022.
- Chang, J., Leung, D. Y., Wu, C. Z., & Yuan, Z. H. (2003). A review on the energy production, consumption, and prospect of renewable energy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7(5), 453-468.
- CIP (2020). O setor das energias renováveis representa cerca de 1,6% do PIB, mas tem potencial para chegar aos 4,5% em 2030. Acedido em: <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/renovaveis-alimentaram-60-do-consumo-nacional-de-energia-em-2020>. Data de acesso: 4 de outubro de 2022.
- Comissão Europeia (2121). Preços da energia: Comissão apresenta um conjunto de medidas para fazer face a situação excecional e seus impactos. Disponível a partir de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/ip_21_5204.
- Dedeoğlu, D., & Kaya, H. (2013). Energy use, exports, imports and GDP: New evidence from the OECD countries. *Energy Policy*, 57, 469-476.
- Deloitte (2021). Impacto da eletricidade de origem renovável. Acedido em: <https://www.apren.pt/contents/documents/estudo-apren-impacto-da-eletricidade-de-origem-renovavel.pdf>. Data de acesso: 3 outubro de 2022.
- Dennis, B. R., Veronig, A., Schwartz, R. A., Sui, L., Tolbert, A. K., Zarro, D. M., & Rhessi Team. (2003). The Neupert effect and new RHESSI measures of the total energy in electrons accelerated in solar flares. *Advances in Space Research*, 32(12), 2459-2464.

- Dogan, E., & Ozturk, I. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10846-10854.
- Eurostat (2022a). Energy statistics- latest trends from monthly data. Acedido em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_latest_trends_from_monthly_data. Data de acesso: 10 de agosto 2022.
- Eurostat (2022b). Renewable Energy statistics. Acedido em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics. Data de acesso: 14 de setembro 2022.
- Eurostat (2022c). Renewable energy statistics. Acedido em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics. Data de acesso: 30 de setembro 2022.
- Fan, W., & Hao, Y. (2020). An empirical research on the relationship amongst renewable energy consumption, economic growth and foreign direct investment in China. *Renewable energy*, 146, 598-609.
- Gavião, T. (2021). As renováveis são afinal mais caras ou mais baratas?. *Jornal Observador*. Acedido em: <https://observador.pt/opiniao/as-renovaveis-sao-afinal-mais-caras-ou-mais-baratas/>. Data de acesso: 1 novembro de 2022.
- Global Footprint Network (2022). Climate Change. Acedido em: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>. Data de acesso: 30 de setembro 2022.
- Gujarati D.N, Damoda, N. (2006). *Econometria Básica*. Elsevier Editora Ltda.
- Gujarati, D. N., Porter, D. C. (2011). *Econometria Básica (5 ed.)*. Porto Alegre: AMGH Bookman.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy economics*, 53, 58-63.
- Kahn, E. (1979). The compatibility of wind and solar technology with conventional energy systems. *Annual Review of Energy*, 4(1), 313-352.

- Khan, Y., & Liu, F. (2022). Consumption of energy from conventional sources a challenge to the green environment: evaluating the role of energy imports, and energy intensity in Australia. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Kouton, J. (2021). The impact of renewable energy consumption on inclusive growth: panel data analysis in 44 African countries. *Economic Change and Restructuring*, 54(1), 145-170.
- La Heij, E. C., Tecim, S., Kessels, A. G., Liem, A. T., Japing, W. J., & Hendrikse, F. (2004). Clinical variables and their relation to visual outcome after vitrectomy in eyes with diabetic retinal traction detachment. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 242(3), 210-217.
- Lee, C.C. (2005) 'Energy consumption and GDP in developing countries: a co integrated panel analysis', *Energy Economics*, Vol. 27, No. 3, pp.415–427.
- Lee, J. W. (2013). The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. *Energy policy*, 55, 483-489.
- Lin, B., Omoju, O. E., & Okonkwo, J. U. (2016). Factors influencing renewable electricity consumption in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 687-696.
- Lucambio, F. (2008). Diferentes testes para verificar normalidade de uma amostra aleatória. *Statistic Research of Paraná. e, 1*, 1-12.
- Martins, F., Felgueiras, C., & Smitková, M. (2018). Fossil fuel energy consumption in European countries. *Energy Procedia*, 153, 107-111.
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy economics*, 33(2), 257-263.
- Mitić, P., Kostić, A., Petrović, E., & Cvetanovic, S. (2020). The relationship between CO2 emissions, industry, services and gross fixed capital formation in the Balkan countries. *Engineering Economics*, 31(4), 425-436.
- Mohammadi, H., & Parvaresh, S. (2014). Energy consumption and output: Evidence from a panel of 14 oil-exporting countries. *Energy Economics*, 41, 41-46.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2006). Introduction to linear regression analysis. John, Wiley and Sons, Inc., New York, 612p.
- Moreno, B., & Lopez, A. J. (2008). The effect of renewable energy on employment. The case of Asturias (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(3), 732-751.

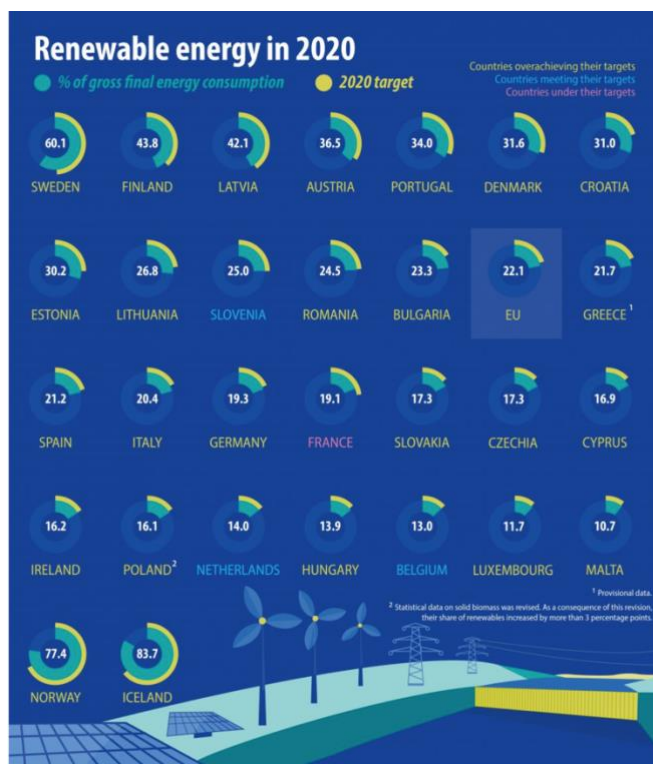
- Naik, P.A., Schultz, D. E., Srinivasan, S. (2007). Perils of using OLS to estimate multimedia communications Effects. *Journal of Advertising Research*, 47(2), 257-269.
- OECD Publishing. (2008). *World energy outlook 2008*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Payne, J. E. (2009). On the dynamics of energy consumption and output in the US. *Applied energy*, 86(4), 575-577.
- Política ambiental: princípios gerais e quadro de base (n.d.). Acedido em: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/71/politica-ambiental-principios-gerais-e-quadro-de-base>. Data de acesso: 11 setembro 2022.
- PORDATA (2022a). Investimento: Formação bruta de capita fixo em % do PIB. Acedido em: <https://www.pordata.pt/portugal/investimento+formacao+bruta+de+capital+fixo+em+percentagem+do+pib-2833>. Data de acesso: 13 de setembro 2022.
- PORDATA (2022b). O consumo de energia elétrica: total e por tipo de setor consumidor. Acedido em: <https://www.pordata.pt/europa/consumo+de+energia+eletrica+total+e+por+tipo+de+setor+consumidor-1473>. Data de acesso: 20 setembro 2022.
- Quadrelli, R., & Peterson, S. (2007). The energy–climate challenge: Recent trends in CO2 emissions from fuel combustion. *Energy policy*, 35(11), 5938-5952.
- Ribeiro, S. (2021). Renováveis alimentaram 60% do consumo nacional de eletricidade em 2020. *Jornal de negócios*. Acedido em: <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/renovaveis-alimentaram-60-do-consumo-nacional-de-energia-em-2020>. Data de acesso: 3 outubro de 2022.
- Riti, J. S., Riti, M. K. J., & Oji-Okoro, I. (2022). Renewable energy consumption in sub-Saharan Africa (SSA): Implications on economic and environmental sustainability. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100129.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy policy*, 37(10), 4021-4028.
- Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy policy*, 38(5), 2528-2535.

- Saint Akadiri, S., Alola, A. A., Akadiri, A. C., & Alola, U. V. (2019). Renewable energy consumption in EU-28 countries: policy toward pollution mitigation and economic sustainability. *Energy Policy*, *132*, 803-810.
- Sbia, R., Shahbaz, M., Hamdi, H. (2014), *A Contribution of Foreign Direct Investment, Clean Energy, Trade Openness, Carbon Emissions and Economic Growth to Energy Demand in UAE*, *Economic Modeling* *36*, 191-197.
- Schobert, H. H., & Song, C. (2002). Chemicals and materials from coal in the 21st century. *Fuel*, *81*(1), 15-32.
- Shafiei, S., & Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: a comparative analysis. *Energy policy*, *66*, 547-556.
- Shahbaz, M., Van Hoang, T. H., Mahalik, M. K., & Roubaud, D. (2017). Energy consumption, financial development and economic growth in India: New evidence from a nonlinear and asymmetric analysis. *Energy Economics*, *63*, 199-212.
- Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: a global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable energy*, *133*, 685-691.
- Sarkodie, S. A., Adams, S., & Leirvik, T. (2020). Foreign direct investment and renewable energy in climate change mitigation: does governance matter?. *Journal of Cleaner Production*, *263*, 121262.
- Sobral M.,T., Rocha, L.M. (n.d). Teste de Durbin Watson: Aplicação para variável data do evento. Acedido em: <https://ibape-nacional.com/biblioteca/wp-content/uploads/2020/02/PE-26-Teste-de-Durbin-Watson.pdf>. Data de acesso: 30 setembro.
- Vakulchuk, R., Overland, I., & Scholten, D. (2020). Renewable energy and geopolitics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *122*, 109547.
- Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., & Mahmudlu, C. (2017). Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *80*, 1153-1161.
- Wang, Q., Jiang, R., & Zhan, L. (2019). Is decoupling economic growth from fuel consumption possible in developing countries?—A comparison of China and India. *Journal of cleaner production*, *229*, 806-817.

- Wang, J., Zhang, S., & Zhang, Q. (2021). The relationship of renewable energy consumption to financial development and economic growth in China. *Renewable Energy*, 170, 897-904.
- Yamamoto, J.K. (200). Estatística, análise e interpolação de dados geoespaciais. Gráfica Paulo's. 308p.
- Yıldırım, E., Sukruoglu, D., & Aslan, A. (2014). Energy consumption and economic growth in the next 11 countries: The bootstrapped autoregressive metric causality approach. *Energy Economics*, 44, 14-21.
- Yu, Z., Zia-Ul-Haq, H. M., Tanveer, M., Jameel, K., & Janjua, L. R. (2022). Nexuses between crude oil imports, renewable energy, transport services, and technological innovation: A fresh insight from Germany. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 1-11.

Anexos

A. Posição do consumo de energias renováveis de Portugal na Europa



Fonte: Eurostat (2022)

B. Dados utilizados na análise

Ano	População Portuguesa	Consumo de Energia Renovável	Formação Bruta de Capital Fixo	Produção de energia Elétrica	Consumo de energia não renovável	Importações
1990	9983000	2 088 550 201	15 656 100 000	33257	6235672616	17 052 899
1991	9960000	1 998 870 984	17 530 000 000	33259	6247294323	16 287 850
1992	9952000	1 736 282 640	19 591 700 000	33260	6477263832	16 659 567
1993	9965000	1 888 913 209	18 491 500 000	33262	6353099451	16 566 857
1994	9992000	7 294 247 714	19 253 500 000	33262	23630127616	18 107 612
1995	10030000	7 310 975 191	20 727 200 000	33263	25613602022	16 614 555
1996	10060000	8 223 803 225	22 478 100 000	33264	26129527177	15 869 571
1997	10110000	8 446 286 119	26 603 400 000	34520	27880535324	15 933 520
1998	10160000	8 241 855 759	30 453 200 000	34207	30677863973	14 242 726
1999	10220000	7 405 266 928	32 999 900 000	38984	33685458723	17 052 899
2000	10290000	8 156 789 225	35 960 000 000	43287	34068852584	17 052 899
2001	10360000	8 772 914 793	37 177 400 000	43764	35119193154	16 287 850
2002	10420000	8 007 187 219	36 860 400 000	46509	37345001140	16 659 567
2003	10460000	10 050 639 956	34 706 400 000	46107	37205778235	16 566 857
2004	10480000	9 344 624 383	35 662 800 000	46852	38919204115	18 107 612
2005	10500000	8 772 210 223	36 667 800 000	45105	40837686008	16 614 555
2006	10520000	11 092 660 103	37 463 200 000	46575	40146413127	15 869 571
2007	10540000	11 386 759 464	39 500 700 000	49041	38975927120	15 933 520
2008	10560000	11 310 444 525	40 929 000 000	47252	38353378182	14 242 726
2009	10570000	12 575 864 816	37 191 100 000	45969	39438546913	14 650 209
2010	10570000	13 679 347 747	36 952 800 000	50208	36926661771	14 059 069
2011	10560000	12 828 884 764	32 437 400 000	54094	35657202194	13 940 396
2012	10510000	11 798 100 453	26 631 500 000	52465	35048689200	14 516 093
2013	10460000	13 922 469 652	25 150 300 000	46614	33848458253	14 712 977
2014	10400000	14 267 844 433	26 012 700 000	51673	34106390399	17 733 841
2015	10360000	12 886 471 706	27 886 500 000	52802	36478102757	17 391 565
2016	10330000	13 822 215 523	28 893 400 000	52425	36711862842	17 723 066
2017	10300000	11 939 876 338	32 887 700 000	60334	37660053166	16 043 931
2018	10280000	13 408 243 559	35 953 400 000	59434	37595857123	16 158 902
2019	10290000	13 325 923 281	38 815 200 000	59640	36410696984	14 428 482
2020	10300000	13 325 923 281	38 509 800 000	53155	36410696984	14 428 482