

MESTRADO

**ECONOMIA INTERNACIONAL E ESTUDOS
EUROPEUS**

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**O IMPACTO DO CRESCIMENTO ECONÓMICO NO
DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NA
DINAMARCA ENTRE 1990 E 2020**

JOANA SOFIA LOPES MELICIANO

JUNHO - 2026



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

ECONOMIA INTERNACIONAL E ESTUDOS

EUROPEUS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

O IMPACTO DO CRESCIMENTO ECONÓMICO NO
DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NA
DINAMARCA ENTRE 1990 E 2020

JOANA SOFIA LOPES MELICIANO

ORIENTAÇÃO:

MARIA ROSA BORGES, PROFESSORA
CATEDRÁTICA, ISEG

JUNHO - 2026

GLOSSÁRIO

PIB- Produto Interno Bruto

GDP- Gross Domestic Product

P&D- Pesquisa & Desenvolvimento

EGD- European Green Deal

UE- União Europeia

ROI- Return on Investment

GW- GigaWatt

MW- MegaWatt

VIF- Variance Inflation Factor

RESUMO, PALAVRAS-CHAVE E CLASSIFICAÇÃO JEL

O presente estudo tem como principal objetivo analisar o impacto do desenvolvimento económico e sustentável na produção e utilização de energia eólica da Dinamarca nas últimas décadas, abrangendo o período de 1990 a 2020. Uma vez que as energias renováveis são cada vez mais uma alternativa aos combustíveis fósseis, pretende-se, assim, perceber o papel do crescimento económico no investimento gradual de energia eólica, assim como a relação de diversos determinantes económicos (como o consumo de energias renováveis e a taxa de desemprego) com a expansão da capacidade instalada, tendo em conta o papel das políticas energéticas e a importância da segurança energética na obtenção de independência na produção energética.

Esta dissertação utiliza um modelo de regressão linear múltipla, incluindo a capacidade instalada de energia eólica como variável dependente e o consumo de energia renovável, a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) dinamarquês e a taxa de desemprego como variáveis independentes.

Os resultados obtidos demonstraram que o consumo de energias renováveis tem uma correlação positiva com a capacidade instalada de energia eólica, enquanto a taxa de desemprego apresenta uma correlação negativa. Ao contrário do esperado, a variável taxa de crescimento do PIB apresentou uma correlação negativa com a capacidade instalada de energia eólica. Isto poderá dever-se ao importante papel de políticas energéticas eficazes, investimento público e inovação tecnológica no desenvolvimento em energias renováveis, sendo o crescimento económico o principal impulsionador do seu crescimento.

Este estudo contribui, a nível teórico, para a literatura existente sobre a relação entre as energias renováveis e o crescimento económico e, a nível prático, identifica limitações e evidencia a importância da adoção de políticas energéticas no investimento em energia eólica, de modo a potenciar a transição energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Eólica; Segurança Energética; Políticas Energéticas; Energias Renováveis; Dinamarca; Crescimento Económico; Modelo Económico.

CLASSIFICAÇÃO JEL: Q42; Q43; O44; C22

ABSTRACT, KEYWORDS AND JEL CODES

The main objective of this study is to analyze the impact of economic and sustainable development on the production and use of wind energy in Denmark in recent decades, covering the period from 1990 to 2020. Since renewable energies are increasingly an alternative to fossil fuels, the aim is to understand the role of economic growth in the gradual investment in wind energy, as well as the relationship of various economic determinants (such as renewable energy consumption and the unemployment rate) with the expansion of installed capacity, taking into account the role of energy policies and the importance of energy security in achieving independence in energy production.

This dissertation uses a multiple linear regression model, including installed wind energy capacity as the dependent variable and renewable energy consumption, the growth rate of the Danish Gross Domestic Product (GDP), and the unemployment rate as independent variables.

The results obtained showed that renewable energy consumption has a positive correlation with installed wind energy capacity, while the unemployment rate shows a negative correlation. Contrary to expectations, the GDP growth rate variable showed a negative correlation with installed wind power capacity. This may be due to the important role of effective energy policies, public investment, and technological innovation in the development of renewable energies, with economic growth being the main driver of this growth.

This study contributes, at a theoretical level, to the existing literature on the relationship between renewable energies and economic growth and, at a practical level, identifies limitations and highlights the importance of adopting energy policies in wind energy investment to drive the energy transition and reduce dependence on fossil fuels.

KEYWORDS: Wind Energy; Energy Security; Energy Policies; Renewable Energies; Denmark; Economic Growth; Econometric Model

JEL CODES: Q42; Q43; O44; C22

ÍNDICE

GLOSSÁRIO	i
RESUMO, PALAVRAS-CHAVE E CLASSIFICAÇÃO JEL	ii
ABSTRACT, KEYWORDS AND JEL CODES	iii
ÍNDICE DE TABELAS	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A importância de segurança energética.....	3
2.2 Vantagens do investimento em energia eólica	4
2.3 Políticas energéticas adotadas no setor eólico	5
2.4 Contextualização da energia eólica na Europa	6
2.5 Desafios e previsões futuras da utilização de energias renováveis	6
3. ENERGIA EÓLICA NA DINAMARCA	7
3.1. Contexto histórico da energia eólica na Dinamarca	7
3.2 Dinamarca como líder europeu e pioneiro em energia eólica.....	9
3.3 Políticas Energéticas adotadas pelo governo dinamarquês	9
3.4 Impacto sustentável de energias renováveis na Dinamarca	10
3.5 Metas e Estratégias Energéticas da Dinamarca até 2030	11
4. METODOLOGIA	12
4.1 O modelo	12
4.2 Caracterização da amostra	14
4.3 Estatística descritiva	15
5. ANÁLISE EMPÍRICA.....	16
5.1 Especificação do modelo econométrico	16
5.2 Resultados da estimação do modelo	18
5.3 Discussão dos resultados empíricos	20
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS.....	26

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1	14
TABELA 2	16
TABELA 3	17
TABELA 4	18
TABELA 5	19

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu agradecimento à minha orientadora, Professora Doutora Maria Rosa Borges, por todo o seu apoio e feedback prestados ao longo do período de elaboração desta dissertação, os quais foram imprescindíveis para a concretização deste trabalho.

Agradeço igualmente aos meus pais e irmãs pelo seu apoio incondicional, pelo incentivo constante e pela preocupação demonstrada ao longo de todo o meu percurso académico.

Por fim, deixo uma palavra de agradecimento às minhas colegas Alice e Marta pelo seu companheirismo e amizade ao longo de todo o mestrado e pela partilha das respetivas experiências e desafios durante o processo de escrita da dissertação.

O Impacto do Crescimento Económico no Desenvolvimento da Energia Eólica na Dinamarca entre 1990 e 2020

1. INTRODUÇÃO

A energia eólica, assim como qualquer energia renovável, é cada vez mais uma solução sustentável para substituir recursos provenientes de combustíveis fósseis para a produção de energia e assim contribuir para combater o aquecimento global e as alterações climáticas que presenciamos atualmente.

O contexto atual de guerra e o seu crescimento alarmante incidem no aumento da importância da criação de energia eólica por todo o mundo, principalmente na Europa, que está bastante dependente de combustíveis fósseis vindos maioritariamente do Médio Oriente, dependência esta notada no aumento de preços irremediáveis destes combustíveis assim que uma situação de calamidade se apresenta ou se intensifica.

A Dinamarca, um país escandinavo do norte da Europa, investiu desde cedo na produção de energia eólica com o intuito de não só reduzir a sua pegada ecológica como também atingir a independência energética, investimento este principalmente influenciado pela crise do petróleo sofrida pelo país, em 1973. Foi a partir deste período que o governo dinamarquês decidiu apoiar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologia eólica, financiar o fabrico e instalação de turbinas eólicas onshore (em terra) e, mais tarde, o investimento em grandes parques eólicos offshore (em mar) de modo a impulsionar o potencial energético obtido a partir desta fonte renovável. Todas estas medidas adotadas pelo país promoveram rapidamente o crescimento do setor eólico na economia ao longo das últimas décadas, inalterado por constantes mudanças políticas e apoiado por uma consciencialização e participação ativa da população dinamarquesa (Meyer, 2004).

Assim, o investimento em energia eólica permite não só a segurança energética, como também o desenvolvimento económico dinamarquês através de diferentes formas: pelo aumento da exportação de turbinas eólicas, tendo o país se tornado o principal fabricante e fornecedor de turbinas eólicas para o estrangeiro; pela geração de emprego proveniente do setor energético, como o setor de energia eólica e de todo aquele diretamente afetado por este; pela redução da sua dependência em combustíveis fósseis o que diminuiu despesas e custos associados à sua importação; e à melhoria de qualidade

de vida no país, o que melhorou a saúde pública e reduziu custos ambientais (Meyer, 2004).

O foco deste estudo será perceber qual o impacto do crescimento económico na capacidade instalada de energia eólica da Dinamarca.

O objetivo será entender se o produto interno bruto dinamarquês tem correlação positiva com a capacidade instalada de energia eólica, bem como relacionar o consumo de energia eólica das famílias dinamarquesas com a capacidade instalada de energia eólica.

O trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma: No capítulo 2, faz-se o enquadramento teórico do tema, contextualizando o papel da energia eólica nas economias do mundo e a importância da segurança energética, analisa-se a relação entre a capacidade instalada de energia eólica, o consumo desta energia e o crescimento e desenvolvimento económico de um país, e, ainda, o papel das políticas sustentáveis adotadas pelos governos, o contexto europeu em relação ao investimento em energia eólica e as metas climáticas propostas na COP30. No capítulo 3, o tema é aprofundado no contexto económico dinamarquês, onde iremos analisar a evolução do investimento em energia eólica no país ao longo das últimas décadas, bem como as políticas adotadas e o impacto sustentável da energia eólica. No capítulo 4, referente à metodologia, será apresentado um modelo econométrico no qual caracterizaremos uma amostra e procederemos à análise descritiva das respetivas variáveis consideradas. No capítulo 5 procede-se à análise econométrica e à discussão dos seus resultados. Por fim, no capítulo 6, será apresentada a conclusão do trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será feita uma revisão de literatura de modo a recolher informação relevante que defenda a importância das energias eólicas para o desenvolvimento económico e sustentável de uma economia. Será revisto teoricamente, a partir de pesquisas anteriores, o impacto do crescimento económico no investimento em energia eólica, assim como diversos conceitos fundamentais, como a segurança energética, as políticas energéticas, a dependência fóssil e as energias renováveis.

2.1 A importância de segurança energética

À medida que as economias mundiais avançam, também a utilização e dependência de combustíveis fósseis aumentam. Neste sentido, as energias renováveis são cada vez mais cruciais no combate às alterações climáticas e à redução das emissões de CO₂, numa transição para uma economia mais sustentável e na obtenção de segurança energética (Gyimah et al., 2025).

Embora não exista definição oficial para o que significa segurança energética, Siksnyte-Butkiene (2023), reflete a importância da energia para o desenvolvimento e crescimento de uma economia, uma vez que a energia é um componente essencial ao funcionamento de uma indústria e à sobrevivência de qualquer sociedade atual. As preocupações globais com as alterações climáticas e situações de guerra e calamidade reforçam a urgência da introdução do conceito de segurança energética nas agendas europeias.

A segurança energética está incluída no sistema energético de um país e é principalmente interpretada pela abordagem “4As”, que significa disponibilidade, preço acessível, acessibilidade e aceitabilidade. Caso um país consiga assegurar estas quatro componentes, podemos afirmar que tem uma boa segurança energética e não é por isso dependente de energias fósseis, mesmo que as utilize em maior quantidade (Siksnyte-Butkiene, 2023).

Os autores Doğan & Özarslan Doğan, (n.d.) afirmam que, nas últimas décadas, as emissões de CO₂ provenientes de combustíveis fósseis têm aumentado, uma vez que são também destas fontes não renováveis que vem a maior parte da energia consumida nos dias de hoje. O aumento da população em países em desenvolvimento aumenta a procura por esses recursos, o que se torna um obstáculo ao desenvolvimento de economias dependentes destes, como é o caso da Europa. No entanto, os autores verificaram que a partir de 1990, o consumo de recursos de energia renovável também tem vindo a aumentar, principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico e à procura por soluções mais sustentáveis de utilização de recursos, impulsionando o interesse pelas energias renováveis.

Os recursos não renováveis estão presentes, não só nos setores de transporte e energia, como também no setor têxtil, onde se insere a produção de plástico, um material

orgânico sintético derivado destes recursos fósseis, presente hoje em praticamente tudo o que utilizamos e prejudicial à saúde humana e ambiental.

A procura de alternativas sustentáveis, como a produção de energia para consumo a partir de fontes renováveis, não só permitirá minimizar o impacto das alterações climáticas, como também impulsionará uma economia para uma maior segurança energética e um futuro mais sustentável e próspero.

2.2 Vantagens do investimento em energia eólica

A energia eólica é uma das fontes de energia renovável que mais tem crescido nos últimos anos. Uma das causas deste aumento na capacidade instalada de energia eólica, poderá ser o seu baixo custo, o qual representa, cerca de 50% do custo de energia solar e nuclear e o qual aproxima-se dos custos dos combustíveis fósseis. Atualmente, a energia eólica é uma das energias renováveis mais importantes e mais procuradas, devido à sua vantagem tecnológica face às restantes energias renováveis, e pelo facto de que necessita de um tempo curto na fase de instalação. O aumento de investimento na energia eólica poderá ser vantajoso para o crescimento económico de uma economia, dados os seus baixos custos de instalação e à diminuição de custos de importação desta energia, ao reduzir a sua dependência externa, aumentando o produto interno bruto dessa economia (Doğan & Özarslan Doğan, n.d.).

Quanto maior for a capacidade instalada de energia eólica, menores serão os custos de produção e por isso mais atrativo será o investimento nesta energia renovável (Freires et al., 2023).

Zeren & Gürsoy, (2022) verificaram que um aumento no consumo de energias renováveis por uma economia potencia o crescimento do seu PIB, o que promove investimento futuro nesta energia, evidenciando a energia eólica como a energia mais vantajosa do ponto de vista tecnológico para investimento. Os autores referem ainda que o investimento público no desenvolvimento tecnológico para a produção desta energia permitirá criar mais oportunidades de emprego no setor energético, gerar valor económico e poderá reduzir totalmente a dependência de combustíveis fósseis.

Os autores Candra et al., (2023) concluíram que havia uma correlação positiva entre o consumo de energias renováveis e o PIB a longo prazo. No entanto, os autores verificaram uma relação positiva entre o crescimento do PIB e o aumento de emissões de

CO₂. Os autores evidenciam assim a importância do investimento em energias renováveis, mesmo que estas tenham elevados custos iniciais, pois terão resultados economicamente estáveis no longo prazo, ao permitirem desenvolvimento económico, segurança energética e melhoria da qualidade de vida.

A transição para energias renováveis como a energia eólica é por isso bastante vantajosa para todas as economias dependentes de energias fósseis, pois permite criar empregos, reduzir emissões de CO₂, diminuir o impacto das alterações climáticas e até melhorar as contas de um país, através por exemplo, do aumento de exportações de energia produzida sobrando para outros países (Svazas et al., 2025).

2.3 Políticas energéticas adotadas no setor eólico

As políticas energéticas adotadas pelos governos estão diretamente relacionadas com a estratégia económica do país para o seu crescimento e desenvolvimento económico sustentável. Estas políticas são fundamentais para direcionar diversos problemas existentes nos países desenvolvidos, como o crescimento populacional, o consumo energético, o aumento de regiões urbanas e as alterações climáticas.

Algumas políticas incluem criação de leis, acordos internacionais, incentivos ao investimento no setor eólico, bem como diversas medidas e estratégias de produção, conservação e desenvolvimento tecnológico. As diferentes estratégias económicas adotadas pelos governos neste setor pretendem reduzir a dependência do país dos combustíveis fósseis, assim como combater as alterações climáticas e aumentar o conhecimento e investimento na área. Todos os países que aplicam políticas energéticas como as enunciadas conseguem aumentar a sua geração de energia eólica (Saidur et al., 2010).

Segundo Falcone (2023), regiões como Ásia e América do Sul já começaram a recolher resultados da sua intervenção política sobre a sua produção de energia renovável. Entre 2012 e 2021, estas regiões mais que duplicaram a sua produção energética, em resultado da adoção de políticas energéticas que visam mitigar alterações climáticas e potencializar o uso das fontes renováveis. O autor afirma ainda que é necessário informar a população sobre a importância das energias renováveis e que a aceitação social ao tema é crucial para o sucesso das políticas energéticas.

2.4 Contextualização da energia eólica na Europa

A Europa dedicou-se nas últimas décadas ao investimento em P&D de soluções sustentáveis para utilização de fontes renováveis com o objetivo de reduzir emissões de gases de efeito de estufa.

A União Europeia tem como meta principal de sustentabilidade tornar-se neutra em carbono até 2050, estabelecendo metas tangíveis já para 2030. O European Green Deal (EGD) tem como principal objetivo a redução de emissões de gases de efeito de estufa em pelo menos 55% (em relação a 1990), assim como a melhoria de eficiência energética, tentando transformar a UE numa economia sustentável (Bäckstrand, 2025).

A utilização de energias renováveis, como a energia eólica, permitirá alcançar os demais objetivos propostos nas agendas e no Acordo de Paris, como, por exemplo, a eficiência energética e a acessibilidade destas energias a toda a população. Estes objetivos serão mais facilmente alcançados com a maior cooperação entre países-membros, de modo a acelerar a transição energética (Gyimah et al., 2025).

Entre 2028 e 2033, está prevista a criação de um projeto de implementação de ilhas de energia eólica, a ilha no Mar do Norte, na Dinamarca, e a ilha Princess Elisabeth na Bélgica. O projeto foi iniciado com o intuito de explorar recursos de vento em regiões remotas, para a obtenção de energia sustentável, fruto do avanço tecnológico em sistemas de transmissão e componentes offshore (Arteaga et al., 2024).

2.5 Desafios e previsões futuras da utilização de energias renováveis

Perante situações de guerra, como a recente guerra Rússia-Ucrânia, regiões dependentes de combustíveis fósseis, como a Europa, deverão ser capazes de assegurar segurança energética, sendo que um país tem maior insegurança energética quanto maior é a sua dependência de combustíveis fósseis. A procura destes países por oportunidades de transformação energética, enquanto asseguram segurança energética, pode tornar-se num grande desafio para estas economias. Uma das possíveis soluções para o problema da insegurança energética passa por encontrar alternativas à obtenção de energia, através da produção de energia doméstica, opções de fornecimento energético através de parcerias económicas, e desenvolvimento de estratégias e sistemas energéticos (Svazas et al., 2025).

Segundo Svazas et al., (2025) o investimento em novos projetos de energia eólica pode se tornar dispendioso e demorado, essencialmente devido ao seu ROI, assim como devido a diversos riscos sociais, económicos, tecnológicos e ambientais, como avanço tecnológico para melhoria de eficiência, dificuldade de acesso a financiamento e impacto ambiental de infraestruturas que possam destruir habitats naturais, sendo importante uma análise consciente e detalhada sobre todas as características desse investimento.

Adicionalmente, a maioria das energias renováveis, especialmente a energia eólica, necessitam de grandes áreas de terra e mar para conseguir produzir elevadas quantidades de energia, tornando-se um desafio para países com grandes áreas urbanas, investirem nestas energias para a obtenção de energia doméstica, uma vez que também os elevados custos de distribuição de energia podem não compensar o investimento (Freires et al., 2023).

Por fim, outro desafio reside no facto de que países menos desenvolvidos e que por isso podem beneficiar da sua própria produção energética para consumo doméstico não têm a capacidade tecnológica, os recursos necessários ou o apoio regulatório necessário para produzir estas energias. Nestas regiões, a falta de acesso a serviços energéticos prejudica o bem-estar da população e a falta de recursos para produção energética renovável desperdiça um possível impacto positivo no crescimento económico. Neste sentido, estas regiões devem focar-se em tecnologias off-grid (tecnologias sem ligação à rede pública/autónomas) para produção de energia renovável que chegue a áreas rurais (Svazas et al., 2025).

3. ENERGIA EÓLICA NA DINAMARCA

3.1. Contexto histórico da energia eólica na Dinamarca

A energia eólica na Dinamarca evoluiu bastante nas últimas décadas, e transformou-se numa das principais fontes renováveis utilizadas para produção de energia no país.

Na década de 1890, pioneiros como Poul la Cour contribuíram para o desenvolvimento de pequenas turbinas eólicas e para a eletrificação rural através de experiências elétricas para benefício da obtenção de luz, calor e mecanismos revolucionários para a agricultura. No início do século XX, já havia pequenas turbinas eólicas domésticas, principalmente nas explorações agrícolas. Entre as décadas de 1940

e 1960, a Dinamarca explorou a energia eólica assim como outras fontes de energia, como o carvão, o petróleo e a energia nuclear, para o qual usufruiu de apoio governamental e ajuda internacional (Johansen, 2021).

Na década de 1970, o aparecimento de crises petrolíferas facilitou o interesse pelas energias renováveis, principalmente a energia eólica, impulsionado pela investigação, pelos avanços tecnológicos e pelas iniciativas populares. O crescimento deste setor foi impulsionado por empresários privados, cooperativas e pelo governo dinamarquês (Johansen, 2021).

Entre 1980 e 1990, os avanços tecnológicos permitiram o aparecimento de turbinas eólicas maiores e mais eficientes e de parques eólicos offshore. A transição para a energia eólica foi mais rápida, graças à oposição pública à energia nuclear e à crescente consciencialização ambiental no país. O governo dinamarquês estabeleceu políticas de apoio e algumas empresas tornaram-se líderes no fabrico de aerogeradores, como foi o caso da empresa Vestas, uma empresa dinamarquesa de produção de turbinas eólicas e hoje líder mundial no setor de energias renováveis (Johansen, 2021).

Entre 2000 e 2010, as turbinas eólicas dinamarquesas produziram cerca de 20% da procura anual de eletricidade do país, alcançando 19,3% em 2008. Neste período, a implementação e utilização da energia eólica foram parte substancial da matriz energética do país e o seu crescimento foi consistente, marcado pela melhoria tecnológica e integração no mercado da eletricidade em geral, incluindo o comércio internacional com países vizinhos como a Alemanha, a Noruega e a Suécia (Lund et al., 2013).

A partir do final da década de 2010, a energia eólica tornou-se a principal fonte de energia da Dinamarca, produzindo mais de 40% da sua eletricidade total, fazendo do país um pioneiro no desenvolvimento desta fonte (Johansen, 2021).

Em 2024, a energia eólica representou 19% de toda a eletricidade consumida na UE-27. Deste grupo, a Dinamarca teve a maior participação da energia eólica, de cerca de 56% (OECD, 2023).

O exemplo dinamarquês mostra como é possível alcançar elevados níveis de integração da energia eólica através da utilização de recursos locais e mecanismos de mercado (Johansen, 2021).

3.2 Dinamarca como líder europeu e pioneiro em energia eólica

A Dinamarca estabeleceu-se desde muito cedo como um dos principais impulsionadores da produção de energia eólica no mundo. Desde a criação de pequenas turbinas eólicas até ao investimento de infraestruturas offshore de energia eólica, para produção de energia sustentável, o país é considerado pioneiro nesta indústria.

Casos de empresas dinamarquesas impulsionadoras desta indústria são a *Ørsted*, que é atualmente um líder mundial em energia eólica offshore, assim como uma das principais empresas líderes em energia renovável, e a *Vestas*, uma empresa produtora de infraestruturas de turbinas eólicas offshore, atuando neste sector há 30 anos, e tendo produzido até hoje 200 GW de turbinas eólicas a nível global.

3.3 Políticas Energéticas adotadas pelo governo dinamarquês

Desde a década de 1970, a Dinamarca tem aplicado políticas e impostos que visam a proteção ambiental e contribuem para a obtenção de soluções sustentáveis, como a produção de energia eólica que, aos dias de hoje, representa cerca de 50% do consumo total de eletricidade do país (Wang et al., 2019).

Várias políticas foram adotadas pela Dinamarca para promover o desenvolvimento da energia eólica no país. Desde reembolsos sobre o custo de instalação de turbinas eólicas até à criação de um comitê governamental com foco no desenvolvimento de energias renováveis e investimento em parques eólicos offshore (Meyer, 2004).

Estas medidas permitiram reduzir as emissões de CO₂, ao substituir o uso de combustíveis fósseis por alternativas sustentáveis, como a energia eólica e a energia solar. Ao longo das décadas tem-se revelado uma relação positiva entre o investimento do país em energia eólica e o crescimento económico. A eficácia na melhoria energética, as inovações verdes e o investimento em projetos de energia renovável contribuíram para sustentar esta hipótese (Wang et al., 2019).

Desde o início dos anos 2000, o número de patentes verdes na Dinamarca tem vindo a aumentar significativamente. Estas patentes referem-se principalmente a patentes de tecnologias de energia renovável e eficiência energética e soluções para combate a alterações climáticas pela redução de gases de efeito estufa. A criação destas patentes é suportada por diversas políticas ambientais e pelo financiamento ao desenvolvimento

tecnológico sustentável. A maioria das patentes concentra-se na capital dinamarquesa, Copenhaga, uma região propensa à inovação tecnológica sustentável e com uma elevada cadeia de valor (Tanner et al., 2019).

3.4 Impacto sustentável de energias renováveis na Dinamarca

Vários estudos foram feitos para analisar a relação entre a utilização de energia renovável, como a energia eólica em Copenhaga, e a sua descida em emissões de gases de efeito de estufa. Os resultados destes estudos confirmam que a utilização de fontes renováveis, como energia eólica, solar e biomassa no país, proporcionará uma redução de cerca de 45% nas emissões de carbono até 2030. Esta redução não só é possível graças ao aumento da utilização de fontes renováveis, mas também ao fim do uso de combustíveis fósseis, como o petróleo (Christensen, 2024).

Este estudo refletiu o aumento do investimento dinamarquês em infraestruturas de energias renováveis, como turbinas eólicas, para a produção de energia renovável, que alimenta o consumo de particulares e empresas de modo sustentável, contribuindo para a redução do seu impacto ambiental (Christensen, 2024).

Procedendo a uma análise da evolução de alguns indicadores de sustentabilidade da Dinamarca no período de 2016 a 2024, nomeadamente emissões de CO₂, emprego verde e índice de desempenho ambiental (IDE), concluímos que as emissões de CO₂ provenientes da economia dinamarquesa diminuíram consistentemente ao longo dos anos, e o número de empregos verdes no país aumentou de modo gradual. Em relação ao índice de desenvolvimento ambiental, desenvolvido pela Universidade de Yale e pela Universidade de Columbia, que permite perceber o estado de sustentabilidade mundial, podemos ver que a Dinamarca sempre teve valores elevados, tendo obtido o primeiro lugar mundial como líder sustentável nos anos 2020 e 2022.

De um modo geral, é possível relacionar o investimento da Dinamarca em energia eólica com a melhoria dos indicadores de sustentabilidade, a pegada ecológica e o seu impacto no mundo laboral. Apesar de se considerar a estudo apenas o curto período de 2016 a 2024, é evidente o papel da energia eólica para o desenvolvimento sustentável no país.

Neste sentido, a adoção destas políticas por parte da Dinamarca, permitiu ao país investir ativamente em energias renováveis, nomeadamente energia eólica, e na

implementação de impostos sobre o carbono, e no apoio à inovação tecnológica sustentável. A expansão para parques eólicos offshore e a sua abordagem social para a aceitação destas medidas sustentáveis nomearam o país como um dos principais impulsionadores e líderes em energias renováveis. Todas estas medidas permitiram o aumento no número de empregos, nomeadamente empregos verdes, e a melhoria da qualidade de vida (Amangku, 2025).

No entanto, segundo (Amangku, 2025) o país ainda enfrenta alguns desafios, como o elevado peso nas emissões vindas do setor agrícola e a transferência total para energias verdes no setor dos transportes do país.

3.5 Metas e Estratégias Energéticas da Dinamarca até 2030

A Dinamarca prevê que entre 2025 e 2030, a sua capacidade de energia eólica onshore seja de cerca de 1,4 GW. O Plano Nacional de Energia e Clima dinamarquês estabeleceu a meta de 5,9 GW de energia eólica onshore até 2030 (Costanzo et al., 2025).

O país considera ser possível tornar-se um país com 100% de energia proveniente de produção doméstica já em 2030. Para isso, a Dinamarca teria de aumentar a sua produção de energia renovável e reduzir as emissões de CO₂ em proporção com a restante da Europa, assim como alcançar uma meta de redução de 70% das suas emissões de efeito estufa até 2030 e de descarbonização total até 2045, para o qual terá de investir em tecnologias inovadoras que impulsionem estas metas. Para além disso, a expansão para a produção de energia eólica offshore, os aumentos de investimento em projetos para melhoria de eficiência, em otimização de infraestruturas e soluções sustentáveis de biomassa, também proporcionarão o desenvolvimento do sistema energético, que compreende os setores da energia e dos transportes (Lund et al., 2022).

Para que estas medidas possam ser eficazmente implementadas mundialmente, é fundamental que todos os países ou estados-membros cumpram com as metas estabelecidas e colaborem internacionalmente entre si, para que tais metas sejam alcançadas. O investimento em inovação tecnológica visa a integração de fontes renováveis, como a energia eólica, em todos os setores onde serão facilmente implementadas e espera um aumento do consumo de energia doméstica proveniente de energia eólica. Estas fontes renováveis deverão, num futuro próximo, substituir combustíveis fósseis e contribuir para a sustentabilidade ambiental mundial.

4. METODOLOGIA

4.1 O modelo

A Dinamarca foi um dos principais pioneiros na produção de energia eólica no mundo a partir da década de 1970, o que permitiu ao país não só reduzir a sua pegada ecológica, como também melhorar os serviços públicos, como o setor dos transportes e o da eletricidade, impulsionando a sua economia.

Neste âmbito, o presente estudo propõe a utilização de um modelo de regressão linear múltipla, que pretende justificar a evolução da capacidade instalada de energia eólica, em função de determinantes económicos e estruturais como a taxa de crescimento do PIB dinamarquês e o consumo de energia eólica nas famílias dinamarquesas, analisada ao longo de 3 décadas, entre 1990 e 2020. O modelo inclui ainda uma variável de controlo, a taxa de desemprego dinamarquesa.

No sentido de analisar a relação acima exposta, é apresentado o modelo econométrico na seguinte expressão:

$$Capacidade\ Instalada_{\tau} = \beta_0 + \beta_1.ConsumoER_{\tau-1} + \beta_2.gPIB_{\tau-1} + \beta_3.TaxaDesemprego_{\tau} + \varepsilon_{\tau}$$

Para estudar a relação entre as variáveis acima propostas, foi utilizado o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), assim como a utilização de erros-padrão robustos, de forma a reduzir possíveis problemas de heterocedasticidade e aumentar a robustez da inferência estatística.

As variáveis utilizadas nesta análise empírica foram baseadas na disponibilidade dos dados, sendo igualmente fundamentadas na literatura existente, tais como, por exemplo Candra et al., (2023), Doğan & Özarslan Doğan, (n.d.), Zeren & Gürsoy, (2022) e Wang et al., (2019).

A primeira variável explicativa representa o valor percentual do consumo de energia renovável sobre o total do consumo de energia da economia dinamarquesa. O objetivo é verificar se um aumento no consumo de energia renovável na economia dinamarquesa se traduz em crescimento do investimento em energia eólica, refletindo uma transição progressiva para um grau de consumo mais sustentável, por meio da substituição de energias não renováveis, como combustíveis fósseis, por energias mais verdes e sustentáveis.

A segunda variável explicativa representa o valor percentual da taxa de crescimento do produto interno bruto dinamarquês, que mede o crescimento económico anual na economia dinamarquesa. Espera-se um impacto positivo do crescimento do produto sobre a variável dependente, dado o papel das políticas energéticas e do crescimento económico sobre o investimento em energia eólica.

A variável dependente escolhida para este modelo é representada pela capacidade instalada de energia eólica, em MW, que reflete o investimento em infraestruturas em energias eólicas, nomeadamente em capacidade instalada de turbinas onshore e offshore.

Neste modelo é ainda utilizada uma variável de controlo, a taxa de desemprego, em percentagem, que permite identificar possíveis flutuações no mercado de trabalho dinamarquês e é por isso um indicador importante do desenvolvimento do setor eólico dinamarquês.

Deste modo, a escolha da variável crescimento do PIB dinamarquês, deve-se a Biresselioglu et al., (2016) que validou uma relação positiva e significativa entre a capacidade instalada e o crescimento económico, demonstrando a atratividade do investimento em energias renováveis (como a energia eólica) em economias estáveis economicamente.

Candra et al., (2023) reforça a importância da utilização da variável de consumo de energias renováveis, de modo a analisar os seus efeitos sobre o crescimento económico, uma vez que influencia a produção nacional de energias renováveis, e por isso o seu investimento futuro no país.

A escolha da variável de desemprego, como variável de controlo, deve-se a Yüzüncü et al., (2024) que afirma esta variável como sendo um importante indicador do estado da economia de um país.

É necessário considerar ainda que o modelo em estudo poderá apresentar limitações na sua análise, devido à omissão de possíveis variáveis explicativas relevantes, como políticas energéticas, inovação tecnológica ou investimento industrial.

O modelo permitirá uma estimação robusta e abrangente sobre o papel do crescimento económico no investimento em energia eólica, o que formulará uma estrutura sólida para analisar a relação entre as duas variáveis.

4.2 Caracterização da amostra

A amostra considerada no estudo é constituída por uma série temporal anual referente à economia dinamarquesa compreendendo três décadas, entre o ano de 1990 e o ano de 2020. O número total de observações varia entre 30 e 31 observações, dependendo da variável, uma vez que foi introduzida uma defasagem no modelo.

Como o objetivo é analisar a correlação do crescimento gradual do PIB do país e o consumo de energia renovável no quotidiano de um dinamarquês, com a evolução do investimento em energia eólica ao longo de três décadas, a recolha de dados de frequência anual é a que faz mais sentido.

As variáveis que compõem a amostra são: o logaritmo da capacidade instalada de infraestruturas de energia eólica, o consumo de energia renovável sobre o consumo total de energia com uma defasagem, a taxa de crescimento do PIB dinamarquês defasada em 1 período, e a taxa de desemprego no mercado de trabalho dinamarquês. Os dados referentes a estas variáveis provieram de várias fontes, nomeadamente das instituições World Bank Group, Statistics Denmark, e Danish Energy Agency.

Todas as bases de dados utilizadas estão, como se referiu atrás, estruturadas numa frequência anual. Esta frequência permite verificar variações a longo prazo. Um horizonte temporal de três décadas, permite uma análise das variáveis mais completa acompanhando a sua evolução com outros acontecimentos históricos que possam apoiar a justificação dos resultados provenientes da sua análise estatística.

A Tabela 1 sintetiza algumas características da amostra.

TABELA 1
VARIÁVEIS PRESENTES NO MODELO ECONOMETRICO

Variável	Descrição	Unidade de Medida	Periodicidade	Fonte
CapacidadeInstalada _t	Capacidade Instalada de infraestruturas de Energia Eólica	MW	Anual	Danish Energy Agency
ConsumoER _t	Consumo Energia Renovável sobre o	Proporção (%)	Anual	Statistics Denmark

consumo total de energia				
gPIBt	Taxa de Crescimento do PIB dinamarquês	Proporção (%)	Anual	World Bank Group
TaxaDesemprego	Taxa de Variação do Desemprego no mercado de trabalho dinamarquês	Proporção (%)	Anual	World Bank Group

4.3 Estatística descritiva

Procedendo à análise estatística descritiva, verifica-se que a variável dependente, correspondente ao logaritmo da capacidade instalada de energia eólica no período atual, apresenta uma média de 7,70 e um desvio padrão de 0,93.

Considerando a variável capacidade instalada na sua unidade original de medida (MW), observa-se uma média de 3027,8 MW e um desvio padrão de 1893,0 MW, o que evidencia o aumento no investimento na produção desta energia renovável ao longo do período analisado.

A variável explicativa, a taxa de crescimento do PIB dinamarquês, apresenta uma média de 1,74% e um desvio padrão de 1,80, o que mostra que, mesmo que tenha havido um crescimento positivo do PIB dinamarquês de um modo geral, os seus valores oscilaram significativamente ao longo do período.

A variável explicativa, consumo de energias renováveis sobre o consumo total de energia, apresenta uma média de 16,3%, um valor significativo para a hipótese de crescimento sustentável no país. Esta variável apresenta um desvio padrão de 9,63, o que revela elevada volatilidade no seu crescimento anual, o que, mais uma vez, incide sobre a transição gradual sustentável do uso destas energias na economia do país.

Por fim, a variável taxa de desemprego da economia dinamarquesa também apresenta uma média de 6,19%, considerada baixa para o país, e um valor igualmente baixo de desvio padrão, 1,75.

A seguinte tabela explicita a estatística descritiva das variáveis:

TABELA 2
ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS

Variável	Observações	Média	Desvio- Padrão	Mínimo	Máximo
CapacidadeInstalada	31	7.70	0.93	5.79	8.74
ConsumoER	30	16.3	9.63	5.80	36.4
gPIB	30	1.74	1.80	-4.97	5.29
TaxaDesemprego	31	6.19	1.75	3.70	10.7

5. ANÁLISE EMPÍRICA

5.1 Especificação do modelo econométrico

De forma a complementar a análise estatística com pressupostos teóricos válidos ao seu estudo, foram utilizados diferentes testes estatísticos para avaliar a robustez e a validade do modelo.

A tabela abaixo apresenta a matriz de correlação de Pearson entre todas as variáveis incluídas no modelo. Foi observada uma correlação fortemente positiva entre a variável Capacidade Instalada de energia eólica e a variável desfasada do Consumo de Energias Renováveis ($r=0,8200$; $p=0,000$). Adicionalmente, a correlação entre a variável taxa de crescimento do PIB e a variável dependente foi negativa e estatisticamente não significativa ($r=-0,1857$; $p=0,326$), não sendo possível validar estatisticamente uma relação entre o crescimento económico e o investimento em energia eólica. Verificou-se ainda uma relação negativa entre a Taxa de Desemprego e a Capacidade Instalada ($r=-0,5540$; $p=0,0012$), sugerindo que mercados economicamente mais estáveis potenciam o investimento em energias renováveis.

Estamos perante a ausência de multicolinearidade, uma vez que as correlações entre as variáveis independentes são baixas, o que permite validar o modelo proposto.

Foi utilizado outro teste complementar de multicolinearidade: o cálculo dos fatores de inflação da variância (VIF). Neste teste, a variável Consumo de Energia Eólica apresentou o valor de 1,06, a variável Taxa de Crescimento do PIB, o valor de 1,13, e a variável de Taxa de Desemprego, o valor de 1,14, para uma média de VIF de 1,11. Uma vez que todos os valores se encontram abaixo de 5, podemos concluir a ausência de multicolinearidade entre os regressores do modelo, considerando que todas as variáveis explicativas contribuem de forma relativamente independente para a estimação do modelo econométrico.

Foi também executado o teste Durbin-Watson, teste de autocorrelação dos resíduos, com o intuito de verificar se erros da regressão do modelo estão correlacionados ao longo do tempo. Foi obtido o resultado de 1,08, que apresenta uma ligeira autocorrelação positiva; no entanto, estando próximo do valor ideal de 2, podemos considerar o valor da autocorrelação obtido não preocupante no modelo.

Por fim, foi ainda executado um último teste, o teste de Breusch-Pagan, que permite verificar se existe ou não heterocedasticidade nos resíduos, o qual apresentou um valor-p de 0.8868, aceitando a hipótese nula de homocedasticidade e variância constante dos resíduos.

TABELA 3
MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Variável	CapacidadeInstalada	Consumo ER	gPIB	TaxaDesemprego
CapacidadeInstalada	1.0			
Consumo ER	0.8200	1.0		
gPIB	-0.1857	-0.1215	1.0	
TaxaDesemprego	-0.5540	-0.1531	-0.2962	1.0

TABELA 4

TESTES DE DIAGNÓSTICO DO MODELO (DURBIN-WATSON; VIF; BREUSCH-PAGAN)

Pressuposto teórico	Teste	Resultado
Autocorrelação dos resíduos	Durbin- Watson	1.08 (ligeira autocorrelação positiva)
Multicolinearidade	VIF médio	1.11 (sem multicolinearidade)
Homocedasticidade	Breusch-Pagan ($p=0.8868$)	não há evidências de heterocedasticidade

5.2 Resultados da estimação do modelo

O modelo de regressão linear múltipla utilizado foi estimado com o objetivo de analisar o impacto das três variáveis explicativas (consumo de energia renovável, crescimento anual do Produto Interno Bruto, e taxa de desemprego) sobre a capacidade instalada de energia eólica, no período entre 1990 e 2020.

Na estimativa do modelo, procedeu-se à correção da heterocedasticidade através do uso de erros-padrão robustos.

De acordo com os resultados da estimação, podemos inferir que todas as variáveis explicativas inseridas têm coeficientes estatisticamente significativos ao nível de 1%, incluído o termo constante.

O coeficiente estimado para a variável relativa ao Consumo de Energias Renováveis foi de 0,065, com um valor p de 0,000, sendo por isso estatisticamente significativo ao nível de 1%. Isto permite validar a hipótese de que existe uma relação positiva entre o aumento do consumo de energias renováveis e o investimento em energia eólica na Dinamarca. Os resultados significam que um aumento de 1 por cento no consumo de energia renovável sobre o consumo total de energia dinamarquesa, permite o aumento de 0,065 pontos percentuais na capacidade instalada de energia eólica. Isto sugere que, embora ligeiramente, um aumento no consumo nacional de energia proveniente de fontes renováveis impulsiona o investimento futuro na produção de energia eólica.

Quanto ao coeficiente da taxa de crescimento económico (gPIB) este é de -0,117, tendo um valor p inferior a 0,001, sendo assim igualmente estatisticamente significativo ao nível de 1%. Contrariamente ao esperado, verificou-se uma relação negativa entre esta variável e a capacidade instalada de energia eólica. Isto permite sugerir que o aumento no investimento em energia eólica não depende somente do crescimento económico, mas de outros fatores económicos, estruturais, ou políticos não incluídos no modelo.

Quanto à taxa de desemprego, esta variável apresenta um coeficiente de -0,242, com um valor p de 0,000, igualmente significativo ao nível de 1%. Estes resultados confirmam a relação negativa esperada entre a taxa de desemprego e a capacidade instalada, e indicam que uma diminuição na taxa de desemprego está associada a um aumento na capacidade instalada de energia eólica, defendendo assim que a estabilidade de um mercado de trabalho promove o investimento em energias renováveis, nomeadamente, em energia eólica.

Por fim, em relação à qualidade do ajustamento do modelo, o coeficiente de determinação, o R quadrado do modelo é de 0,884, o que significa que 88,4% da variância da capacidade instalada de energia eólica é explicada pelas variáveis incluídas na estimação. Este resultado mostra uma elevada capacidade explicativa do modelo.

TABELA 5
RESULTADOS DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Variável	Modelo Final
Consumo Energia Renovável	0.065*** (0.007)
gPIB	-0.117*** (0.021)
Taxa de Desemprego	-0.242*** (0.036)

Constante	8.395***
	(0.258)
Observações	30
R-quadrado	0.8836
Erro-padrão robusto aplicado	
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1	

Resumidamente, os resultados obtidos sugerem que, apesar do consumo de energia renovável estar associado de forma positiva à capacidade instalada de energia eólica, o impacto da taxa de crescimento do PIB dinamarquês, entre 1990 e 2020, aparenta ser moderadamente negativo. Isto poderá significar que o investimento em energia eólica depende de diversos fatores económicos, estruturais ou políticos, não tendo o crescimento económico um impacto real no seu desenvolvimento, mas sim políticas energéticas eficazes, capazes de impulsionar esta fonte renovável. A taxa de desemprego apresentou relação negativa com a capacidade instalada, evidenciando a necessidade de uma economia estável para impulsionar um crescimento energético sustentável.

5.3 Discussão dos resultados empíricos

O modelo econométrico teve como principal objetivo investigar o impacto do crescimento económico, do consumo de energias renováveis e da taxa de desemprego sobre o crescimento de capacidade instalada de energia eólica em Dinamarca. Estas variáveis são todas estatisticamente significativas.

De acordo com os estudos de Candra et al., (2023), foi encontrada evidência estatística de uma correlação positiva entre o crescimento económico e a capacidade instalada de energia eólica, em que, maiores valores de crescimento do PIB promoviam o desenvolvimento de energia eólica. Estes resultados são apoiados pelo estudo de Biresselioglu et al., (2016), que referem o crescimento económico como o principal impulsionador do desenvolvimento na capacidade instalada de energia eólica. Estes resultados permitem concluir que, quanto mais elevado for o PIB de uma economia, maior será o investimento no desenvolvimento da capacidade instalada. Os autores verificaram que as economias que emitiam grandes quantidades de CO₂ têm maior tendência a

investir em energias renováveis, nomeadamente energia eólica, de modo a reduzir as suas emissões. Neste sentido, estas economias utilizam o desenvolvimento da energia eólica como ferramenta para melhorar a eficácia das suas políticas energéticas, estando em conformidade com os seus diversos objetivos sustentáveis e de desenvolvimento.

Estes resultados levam a crer que o crescimento económico impacta o desenvolvimento da capacidade instalada. Perante um excedente público económico, uma economia pode aumentar o seu investimento nesta fonte renovável, que poderá por si causar um aumento no seu consumo.

Ao contrário do esperado, no modelo estimado no presente estudo, a relação causal entre as variáveis foi a inversa, tendo-se identificado uma relação negativa entre a capacidade instalada e o crescimento económico. Isto poderá ter-se verificado devido a limitações temporais no desenvolvimento de infraestruturas de energia eólica, em que a implementação destas infraestruturas é habitualmente dispendiosa e demorada, sendo os seus benefícios observáveis sobretudo no longo prazo.

Adicionalmente, o crescimento em capacidade instalada de energia eólica poderá não ser apenas justificado pelo crescimento económico, como também por outros fatores económicos, institucionais e políticos não capturados pelo modelo, como a inovação tecnológica, políticas energéticas, ou investimentos públicos no setor energético (Jaraite et al., 2017).

Apergis & Danuletiu, (2014) analisaram uma relação entre o consumo de energia renovável e o crescimento económico, verificando uma interdependência entre ambos. Segundo estes, a adoção de políticas que visam o investimento na produção de energias renováveis afeta positivamente o crescimento económico, da mesma forma que o crescimento económico promove a procura por soluções energéticas mais sustentáveis. Embora a literatura existente não examine diretamente a relação entre o consumo de energias renováveis e a sua capacidade instalada, poderemos inferir que, o investimento em capacidade instalada de energia eólica é essencial para corresponder ao aumento na procura e no consumo de energias renováveis como esta.

Os avanços tecnológicos que se têm manifestado ao longo dos anos têm permitido encontrar métodos mais eficazes para a produção de energia eólica, assim como a redução dos seus custos de produção. A maior acessibilidade desta energia renovável reflete o

aumento da sua procura e consequentemente do seu consumo, causando simultaneamente a expansão da capacidade instalada. Podemos considerar a existência de uma relação dinâmica entre o crescimento da capacidade instalada e o consumo de energia renovável, onde um aumento no consumo impulsiona o investimento em infraestruturas energéticas, que, por sua vez, promovem a procura e consumo desta energia (Yasmeen et al., 2023).

Doğan & Özarslan Doğan, (n.d.) evidenciam a importância do investimento nesta energia renovável como solução fiável e vantajosa perante o aumento da dependência de combustíveis fósseis que a maioria dos países desenvolvidos possui atualmente, o que é um obstáculo ao seu crescimento económico. Segundo este, o défice económico destes países, proveniente em parte dos custos com a obtenção de energia fóssil de importações do estrangeiro, deverá ser atenuado através de políticas energéticas que favoreçam o investimento em energia eólica.

No que diz respeito à variável taxa de desemprego, esta é um indicador relevante para a medição do nível estrutural de uma economia. No modelo foi verificada, como esperado, uma relação negativa entre a taxa de desemprego e a capacidade instalada (Yüzüncü et al., 2024).

Os resultados obtidos permitem observar uma relação entre o crescimento económico e as variáveis associadas ao setor de energia renovável. A presente análise contribui para perceber o impacto do crescimento económico no investimento em energias renováveis, nomeadamente em energia eólica, através do estudo do impacto de variáveis como, o consumo de energia renovável, o crescimento económico e a taxa de desemprego sobre a capacidade instalada de energia eólica do país. Considerando a literatura analisada ao longo desta dissertação, bem como os resultados obtidos, o crescimento do produto interno bruto permite impulsionar o desenvolvimento no consumo e produção de energias renováveis, como a energia eólica. No entanto, percebemos que o investimento nestas fontes renováveis dependerá da adoção de políticas energéticas eficazes, do desenvolvimento tecnológico e da capacidade de adaptação das infraestruturas energéticas. Estes fatores desempenham um papel crucial na potencialização de benefícios económicos e ambientais, associados a uma transição energética estruturada e sustentável a longo prazo.

5. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi analisado o papel do crescimento económico e sustentável no investimento e utilização de energias renováveis na Dinamarca, e como as políticas energéticas desempenham um papel crucial no seu desenvolvimento. A evolução tecnológica e o aumento da utilização de combustíveis fósseis levaram diversos países a procurarem soluções mais sustentáveis de obtenção de energia, de modo a alcançar independência fóssil, reduzir emissões de CO₂ e alcançar as suas metas sustentáveis.

O principal foco deste estudo foi analisar o impacto do crescimento económico sobre a capacidade instalada de energia eólica dinamarquesa, entre 1990 e 2020. A Dinamarca foi escolhida para este estudo devido ao seu papel pioneiro na criação e desenvolvimento de energia eólica, como opção sustentável para a produção da sua energia para consumo. Para além disso, o forte investimento do país neste setor ao longo das décadas, bem como o seu crescimento económico relativamente estável, tornam este estudo relevante para análise sobre de que forma o desenvolvimento económico sustentável pode estar associado à transição energética do país.

Os resultados obtidos demonstraram que, contrariamente ao esperado, a capacidade instalada e o crescimento económico apresentaram uma correlação negativa. Isto revela que, como referido, existem diversos fatores económicos, institucionais e tecnológicos que influenciam o investimento em energias renováveis como a energia eólica, desde a adoção de políticas energéticas coerentes com os objetivos sustentáveis propostos, à inovação tecnológica em infraestruturas energéticas, onde o crescimento económico atua como um impulsionador do seu desenvolvimento.

Como esperado, verificou-se que a capacidade instalada tem uma relação positiva com o consumo de energias renováveis, e negativa com a taxa de desemprego. Isto reflete que, economias mais estáveis e com menores níveis de desemprego tendem a investir mais em soluções sustentáveis, e que maiores níveis de consumo destas energias estão associados a maiores níveis de capacidade instalada. Estes resultados apoiam a forte transição energética adotada por economias como a Dinamarca, que aproveitam condições macroeconómicas mais favoráveis para a redução da sua pegada ambiental e simultaneamente para aumentar a sua segurança energética.

Esta dissertação contribuiu, a nível teórico, ao evidenciar que o investimento em energias renováveis como a energia eólica, contribui para a redução da dependência

energética externa e consequente melhoria da segurança energética e mitigação das alterações climáticas. Assim, para que a segurança energética seja alcançada por parte dos países importadores de energia fóssil, estes deverão aplicar eficazmente as suas políticas energéticas e investir em inovação tecnológica e sustentável, bem como na produção interna de energias renováveis para consumo.

O caso dinamarquês é um exemplo da importância da transição energética como instrumento estratégico para assegurar segurança energética no longo prazo, convertendo assim o investimento em energias renováveis em benefícios económicos, sociais e ambientais. A formulação de importantes objetivos sustentáveis e a implementação de políticas energéticas eficazes adotadas pela Dinamarca permitiram ao país realizar com sucesso uma transformação energética mais verde.

A disponibilidade futura de mais dados, como mais variáveis e séries temporais, permitirá a construção de modelos económicos mais robustos e abrangentes, bem como uma análise mais profunda, conduzindo, eventualmente, a relações mais dinâmicas e resultados distintos. Neste sentido, o presente modelo poderá servir de base relevante ao aprofundamento do desenvolvimento das energias renováveis, particularmente no contexto da energia eólica.

Ao nível prático, este estudo pode oferecer uma nova perspetiva sobre o papel do crescimento económico no desenvolvimento de energias renováveis como a energia eólica. Apesar do coeficiente associado ao crescimento económico ser estatisticamente significativo, o sinal estimado não corresponde ao esperado. Isto sugere que o investimento energético não depende exclusivamente do crescimento económico, mas de outros fatores importantes, como as políticas energéticas adotadas, a inovação tecnológica e respetivos custos, ou o investimento público no setor energético e sustentável.

Resumidamente, esta dissertação contribui para temas atuais, como a alarmante dependência fóssil de vários países europeus, sentida principalmente devido às atuais guerras no mundo, como a guerra Rússia-Ucrânia, e ao aumento de preços não só das energias fósseis, como de alimentos e serviços básicos ao quotidiano, denotando a importância da adoção de políticas energéticas que suportem a produção interna de energias renováveis para consumo, assim como o combate às alterações climáticas.

Deste modo, apesar das inferências obtidas, este estudo enfrentou algumas limitações relevantes, como a ausência de variáveis económicas e energéticas que expliquem diretamente o investimento contínuo em energias renováveis, como as políticas energéticas, a inovação tecnológica ou o investimento público no setor energético, assim como a reduzida dimensão da amostra, que embora analise três décadas de estudo, apresenta uma frequência anual, o que poderá ter limitado a robustez estatística observada.

Estudos futuros que permitam uma compreensão mais aprofundada sobre o impacto do crescimento económico sobre as energias renováveis, principalmente a energia eólica, podem passar pela escolha de um período de análise maior, que permitirá obter um maior número de observações. A integração destes dados em futuros modelos poderá permitir uma análise mais profunda e completa sobre as relações dinâmicas entre as variáveis.

Também a inclusão de outras variáveis em futuros estudos, como as variáveis ambientais, as emissões de CO₂ ou indicadores de sustentabilidade, permitirá analisar mais profundamente o impacto ambiental das energias renováveis e a sua relação com o crescimento económico de um país.

REFERÊNCIAS

- Amangku, H. (2025). Denmark implementation of European Union renewable energy policy in Paris agreement to face the threat of global warming. *Journal of Social Political Sciences JSPS*, 6(1).
- Apergis, N., & Danuletiu, D. C. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578–587. www.econjournals.com
- Arteaga, M. U., Gomis-Bellmunt, O., Lacerda, V., Cheah, M., Castro, B., & Gebraad, P. (2024). *Energy Islands: Opportunities, Challenges and Topologies*. <https://ssrn.com/abstract=4761875>
- Bäckstrand, K. (2025). Democracy and the implementation of the European Green Deal: comparing Denmark and Sweden. *Journal of European Integration*, 47(2), 277–297. <https://doi.org/10.1080/07036337.2025.2459298>
- Biresselioglu, M. E., Kilinc, D., Onater-Isberk, E., & Yelkenci, T. (2016). Estimating the political, economic and environmental factors' impact on the installed wind capacity development: A system GMM approach. *Renewable Energy*, 96, 636–644. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.034>
- Candra, O., Chammam, A., Alvarez, J. R. N., Muda, I., & Aybar, H. (2023). The Impact of Renewable Energy Sources on the Sustainable Development of the Economy and Greenhouse Gas Emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032104>
- Christensen, L. (2024). International Journal of Climatic Studies Renewable Energy Adoption and Carbon Emission Reductions in Copenhagen, Denmark. *Technical University of Denmark*, 3(3), 26–38. www.iprjb.org
- Costanzo, G., Brindley, G., & Tardieu, P. (2025). *Wind energy in Europe*.
- Danish Energy Agency. (2026). *Key figures*. Danish Energy Agency. <https://ens.dk/en/analyses-and-statistics/key-figures>
- Doğan, E., & Özarslan Doğan, B. (n.d.). Does Wind Energy Affect Economic Growth in Developing Countries? *Journal of Statistics & Applied Science*, 1(2). Retrieved <https://library.wwindea.org/global-statistics/>
- Falcone, P. M. (2023). Sustainable Energy Policies in Developing Countries: A Review of Challenges and Opportunities. *Energies*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/en16186682>
- Freires, F. J., Damasceno, V. do N., Machado, A. L. S., Martins, G. B., Da Silva, L. M., Pio, M. C. da S., Claro Júnior, L. H., Sales, D. C., Reis, A. G., & Nascimento-e-

- Silva, D. (2023). Advantages and disadvantages of renewable energy: a review of the scientific literature. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(11), 20221–20240. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i11.3174>
- Gyimah, J., Han, Y., & Yao, X. (2025). Renewable energy consumption, good governance system, economic growth, and FDI: The pathway towards environmental quality in European countries. *Energy*, 337. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.138708>
- Jaraite, J., Karimu, A., & Kažukauskasa, A. (2017). Policy-induced expansion of solar and wind power capacity: Economic growth and employment in EU countries. *Energy Journal*, 38(5), 197–222. <https://doi.org/10.5547/01956574.38.5.jjar>
- Johansen, K. (2021). Blowing in the wind: A brief history of wind energy and wind power technologies in Denmark. *Energy Policy*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112139>
- Lund, H., Hvelplund, F., Østergaard, P. A., Möller, B., Mathiesen, B. V., Karnøe, P., Andersen, A. N., Morthorst, P. E., Karlsson, K., Münster, M., Munksgaard, J., & Wenzel, H. (2013). System and market integration of wind power in Denmark. *Energy Strategy Reviews*, 1(3), 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2012.12.003>
- Lund, H., Thellufsen, J. Z., Sorknæs, P., Mathiesen, B. V., Chang, M., Madsen, P. T., Kany, M. S., & Skov, I. R. (2022). Smart energy Denmark. A consistent and detailed strategy for a fully decarbonized society. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112777>
- Meyer, N. I. (2004). Development of wind power market. *Energy & Environment*, Vol. 15 N. 4(Development of Danish wind power market), 657–673.
- OECD. (2023). *Denmark How green are regional labour markets in Denmark?*
- Saidur, R., Islam, M. R., Rahim, N. A., & Solangi, K. H. (2010). A review on global wind energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 1744–1762. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.007>
- Siksnylyte-Butkiene, I. (2023). Defining the Perception of Energy Security: An Overview. In *Economies* (Vol. 11, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/economies11070174>
- Statistics Denmark. (2026). *Energy and air emission accounts. Statistics Denmark*. <https://www.dst.dk/en/Statistik/emner/miljoe-og-energi/groent-nationalregnskab/energi-og-emissionsregnskaber>
- Suluk, S. (2024). *Socio-Economic Structure and An Empirical Application on the Unemployment-Economic Growth Nexus: The Case of Denmark* (Vol. 64). <https://www.norden.org>;

- Svazas, M., Navickas, V., Paskevicius, R., Bilan, Y., & Shahzad, U. (2025). Energy security challenges in Europe: the importance of renewable energy innovations for economic viability after Russia Ukraine war. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06163-x>
- Tanner, A. N., Faria, L., Moro, M. A., Iversen, E., Østergaard, C. R., & Park, E. K. (2019). *Regional Distribution of Green Growth Patents in four Nordic Countries: Denmark, Finland, Norway and Sweden* (Vol. 21).
- Wang, C., Han, X., Xin, S., Liu, D., Xu, M., Ma, J., & Yu, Y. (2019). An Empirical Analysis of Denmark's Energy Economy and Environment and Its Sustainable Development Policy. *Journal of Sustainable Development*, 12(2), 29. <https://doi.org/10.5539/jsd.v12n2p29>
- World Bank. (2021). *GDP growth (annual %) -Denmark*. *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=DK&start=1990>
- World Bank. (2026). *Unemployment, total (% of total labor force) – Denmark*. *World Bank Open Data* <https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.NE.ZS?end=2020&locations=DK&start=1990>
- Yasmeen, R., Zhang, X., Sharif, A., Shah, W. U. H., & Sorin Dincă, M. (2023). The role of wind energy towards sustainable development in top-16 wind energy consumer countries: Evidence from STIRPAT model. *Gondwana Research*, 121, 56–71. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.024>
- Zeren, F., & Gürsoy, S. (2022). The Nexus between Wind Energy Consumption, Economic Growth and Financial Development: Evidence from Panel Causality and Cointegration Test with Fourier Function. *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, 7(1). <https://doi.org/10.1007/s40866-022-00155-w>