

CRESCIMENTO ECONÔMICO E PRODUÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS: UM BREVE ESTUDO EMPÍRICO

Murilo Montanari de Matos

Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), mestrado e doutorado em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com período sanduíche na George Washington University, e pós-doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

E-mail: montanari3m@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4141-4958>

Como citar este artigo: Matos, M. M. de (2020). Crescimento econômico e produção de energias renováveis: um breve estudo empírico. *Revista de Economia Mackenzie*, 17(2), 12-26. doi: 105935/1808-2785/rem.v17n2p.12-26

Recebido em: 18/9/2019

Aprovado em: 14/7/2020



Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional

Resumo

Neste artigo testam-se as seguintes hipóteses: (i) H1: O aumento do PIB tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável e (ii) H2: O crescimento populacional, como *proxie* da demanda, tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável. A fim de comprovar as hipóteses foi conduzido um estudo empírico com dados transversais e em painel. Como conclusão foi possível confirmar H1, contudo as estimações não foram estatisticamente significativas para confirmar H2. Como elemento adicional, foi possível comprovar estatisticamente que aumentos nos gastos de P&D levam ao aumento da produção de energias renováveis.

Palavras-chave: Energias renováveis; dados transversais; dados em painel; efeitos fixos; crescimento econômico.

JEL: C33, Q42

INTRODUÇÃO E HIPÓTESES

A preocupação com o desenvolvimento, uso e produção de energias de fontes renováveis (ER) tem se tornado um assunto importante na agenda política e econômica das nações. Iniciativas importantes como o tratado de Kyoto e o Acordo de Paris, que miram a preservação do planeta, dependem do uso de ER para redução da emissão dos gases do efeito estufa.

A contribuição das ER na oferta mundial de energia ainda é tímida. Em 2007, a energia renovável não hídrica representava 3% do total de energia ofertada. Entre 1990 e 2007, a oferta de ER cresceu apenas 2% nos países da OCDE e 1% nos países que não pertencem à OCDE (Masini & Menichetti, 2013).

Na literatura econômica, persiste uma relevante discussão sobre a relação entre crescimento econômico, consumo e produção de ER (ex., Apergis; Payne, 2010; Marques et al., 2012; Menegaki, 2011). Então, para além de ajudar na mitigação dos problemas ambientais, as ER têm efeitos práticos sobre o emprego e o crescimento econômico (Huang et al., 2007; Vachon; Menz, 2006; OCDE). Contudo os efeitos do crescimento econômico sobre a produção de energia renovável não são óbvios, e muitos países com elevado PIB se mostram consolidados na produção de energias baseadas em combustíveis fósseis, o que leva a um efeito não uniforme do aumento do PIB sobre a produção de energias renováveis (Marques et al., 2012). A partir disso, torna-se relevante a seguinte hipótese:

H1: O aumento do PIB tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável.

ER não estão somente correlacionadas ao PIB. Trabalhos como de Carley (2009) e Marques et al. (2010) atentam para a demanda de energia e a correlacionam à produção de ER. Para os estudos nesta linha, a demanda por energia é capturada pelo crescimento populacional. Dessa forma, é possível adicionar mais uma hipótese a este estudo, sendo ela:

H2: O crescimento populacional, como *proxie* da demanda, tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável.

Não é possível considerar as ER como um novo paradigma, sem salientar que as energias baseadas em combustíveis fósseis criam efeitos de *lock-in* e *path-dependence* sobre as trajetórias tecnológicas. Assim, mudar de fontes não renováveis para renováveis é um processo que requer tempo e implica altos custos (Marques, et al. 2012).

Como um novo paradigma, as ER são, em sua maioria, novas tecnologias, as quais demandam interação entre os componentes do Sistema Nacional de Inovação, especialmente ao relegar ao Estado incentivos para o desenvolvimento delas, ou seja, a pesquisa em novas tecnologias e os investimentos públicos têm um grande efeito sobre a produção de energias renováveis (Foxon, et al., 2005; Masini & Menichetti, 2013). A partir desses trabalhos, pode-se dizer que PIB e população não são suficientes para explicar a produção de energias renováveis, sendo necessário considerar a tecnologia e o investimento em energia como variáveis de controle.

Cabe ressaltar que a produção de energias renováveis depende de muitos outros fatores além de econômicos e financeiros, conforme bem salientado por Masini (2013); York e Bell (2019). Contudo, tais fatores estão fora do escopo deste estudo.

Partindo dessas hipóteses, o presente artigo tem como objetivo testá-las. Para isso serão conduzidas uma série de estimações, divididas em duas partes. A primeira parte estará relacionada a dados em corte transversal para o ano de 2010 cujas estimações se darão por mínimos quadrados ordinários (MQO). Para o mesmo corte transversal, aplicar-se-ão modelos: (i) Lin-Log, (ii) Log-Lin e (iii) Log-Log. A segunda parte conta com uma análise em dados em painel para o período de 1960 a 2018. Esses dados serão analisados por: (i) dados empilhados, (ii) estimadores de efeitos fixos *one* e *two way* e (iii) efeitos aleatórios *one* e *two way*. Cabe ressaltar que será analisado qual é o melhor modelo para testar as hipóteses.

Na próxima seção será explicitada a metodologia. Na terceira seção serão discutidos os resultados e, por fim, será apresentada a conclusão.

1

METODOLOGIA

A fim de testar as hipóteses apresentadas na seção anterior, este estudo se apoia em métodos empíricos. Dessa forma, a metodologia pode ser dividida em duas partes, sendo a primeira uma estimativa linear por MQO e a segunda uma análise de dados em painel por meio das técnicas de dados empilhados, efeitos fixos e aleatórios

■ 1.1 Dados

Para ambas as partes, o estudo coletou dados no *World Development Indicators*¹, no banco de dados do Banco Mundial.

As observações são referentes a 217 países entre os anos 1960 e 2018, totalizando 12.808 observações.

■ 1.2 Métodos para corte transversal

Para testar as hipóteses H1 e H2 com dados em corte transversal, referentes ao ano de 2010 e estimadores obtidos por MQO, este estudo parte da seguinte equação:

$$RENO_{2010} = \alpha + \beta_1 PIB_{2010} + \beta_2 POP_{2010} + \epsilon_{2015} \quad (1)$$

onde: RENO é a produção de energia renovável exceto energia produzida por hidrelétricas, medidas em Kwh; PIB é o produto interno do país em dólares correntes de 2010; e POP é a população total do país.

1 Dados coletados no site: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, no dia 8 de julho de 2019.

Conforme mostrado na introdução, existem variáveis de controle importantes a serem consideradas. Por isso, será estimada uma segunda equação, na qual serão adicionadas variáveis de controle baseadas na literatura citada. A equação que representa a segunda estimativa é a seguinte:

$$RENO_{2015} = \alpha + \beta_1 PIB_{2010} + \beta_2 POP_{2010} + \beta_3 POPUNI_{2010} + \beta_4 P\&D_{2010} + \beta_5 INVSTMPRI_{2010} + e_{2010} \quad (2)$$

onde, além das variáveis já mencionadas, adicionou-se: P&D como o total gasto em pesquisa em relação ao PIB, sendo uma *proxie* de potencial geração de novas tecnologias (Hausman et al., 1984); e INVSTMPRI que é o total investido em energia com participação privada, entendido como uma *proxie* da interação dentro do SNI, já que um SNI mais desenvolvido tem maior participação do Estado e instituições privadas (Albuquerque, 1996; Nelson, 1993).

A partir do modelo linear, serão realizadas transformações a fim de obtermos um modelo: (i) Log-Linear, representado pela equação abaixo:

$$\text{Log}RENO_{2015} = \alpha + \beta_1 PIB_{2010} + \beta_2 POP_{2010} + \beta_3 P\&D_{2010} + \beta_4 INVSTMPRI_{2010} + e_{2010} \quad (3)$$

onde: LogREN é o logaritmo do uso de energia, exceto energia produzida por hidrelétricas medidas em Kwh. As outras variáveis se mantêm de acordo com a equação 2.

(ii) um modelo Linear-Log:

$$RENO_{2010} = \alpha + \beta_1 \text{Log}PIB_{2010} + \beta_2 \text{Log}POP_{2010} + \beta_3 P\&D_{2010} + \beta_4 \text{Log}INVSTMPRI_{2010} + e_{2010} \quad (4)$$

onde: todas as variáveis independentes foram transformadas em logaritmo, menos P&D, que é apresentada em porcentagem.

Por fim, o modelo (iii) Log-Log é dado por:

$$\text{LogREN}_{2015} = \alpha + \beta_1 \text{LogPIB}_{2015} + \beta_2 \text{LogPOP}_{2015} + \beta_3 \text{P\&D}_{2015} + \beta_4 \text{LogINVSTMPRI}_{2015} + e_{2015} \quad (5)$$

onde: todas as variáveis foram transformadas em logaritmo, menos P&D, que é apresentada em porcentagem.

Após estimar todos esses modelos, será verificado, por meio do valor de R^2 e do teste F, qual é o modelo mais adequado.

■ 1.3 Dados empilhados

Dados empilhados, basicamente, são séries temporais de dados transversais, por isso é possível aumentar o tamanho da amostra. No presente caso, assume-se que a relação descrita nas hipóteses não se altera ao longo do tempo, assim, para dados empilhados, temos:

$$\text{LogRENO}_{it} = \alpha + \sum_k \beta_j \text{LogPIB}_{kit} + \sum_k \beta_j \text{LogPOP}_{kit} + \sum_k \beta_3 \text{P\&D}_{kit} + \sum_k \beta_4 \text{LogINVSTMPRI}_{ki} + e_{it} \quad (6)$$

onde $i=1,2,3\dots I$ índices de dados transversais; $k=1,2,3\dots K$ índices de variáveis independentes; e $t=1,2,3\dots K$ índices de variáveis independentes.

■ 1.4 Análise de dados em painel

Enquanto os dados em corte transversal oferecem apenas a observação de um ano específico, os dados em painel permitem que sejam observadas essas hipóteses ao longo dos anos.

Para os dados em painel, analisaremos os dados entre os anos 1960 e 2018 usando os dois tipos de estimadores a seguir: (i) efeitos fixos e (ii) efeitos aleatórios.

1.4.1 Efeitos fixos

Para os efeitos fixos, tem-se a seguinte equação:

$$\text{LogRENO}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{LogPIB}_{it} + \beta_2 \text{LogPOP}_{it} + \beta_3 P\&D_{it} + \beta_4 \text{LogINVSTMPRI}_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

As variáveis se referem ao país i no tempo t e são as mesmas dos modelos anteriores. Cabe ressaltar que, como esta equação representa uma estimativa por efeitos fixos, foi adicionada a variável binária c_i , que representa variáveis binárias para se controlar heterogeneidades não observadas. Em suma, assume-se que c_i é um parâmetro que pode ser estimado usando o coeficiente associado a i -ésima variável binária.

1.4.2 Efeitos aleatórios

Para os efeitos aleatórios temos a seguinte equação:

$$\text{LogREN}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{LogPIB}_{it} + \beta_2 \text{LogPOP}_{it} + \beta_3 P\&D_{it} + \beta_4 \text{LogINVSTmPRI}_{it} + w_{it} \quad (8)$$

A diferença entre a estimativa por efeitos fixos e aleatórios é que a última é calculada por meio de mínimos quadrados generalizados (MQG). Dadas as propriedades dos MQG, pode-se dizer que:

$$w_{it} = C_i + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

Como se assume que C_i é aleatoriamente distribuído em torno da constante α , logo o erro total da equação é composto por uma variação aleatória entre os dados em corte transversal (C_i) e um termo idiossincrático que é independente dos dados em corte transversal (ε_{it}).

A escolha entre as estimações mais adequadas será realizada pela análise dos betas. Contudo, a escolha entre as estimações de efeitos fixo e aleatórios se dará pelo teste de Hausman.

1.4.3 Teste de Hausman

O teste de Hausman parte da hipótese nula de que os estimadores, por meio de efeitos fixos e aleatórios, são iguais. Em hipótese, se está testando:

$$H_0: \beta_{EF} = \beta_{EA}$$

$$H_1: \beta_{EF} \neq \beta_{EA}$$

onde β_{EF} é o estimador obtido por efeitos fixos e β_{EA} é o estimador obtido por efeitos aleatórios

Dessa forma, se H_0 não for rejeitada significa que os estimadores obtidos por meio dos efeitos aleatórios são consistentes e, assim, a estimativa realizada por efeitos aleatórios é mais eficiente. Caso H_0 seja rejeitada, o modelo obtido por efeitos fixos será o escolhido.

Por fim, o teste de Hausman ajuda a determinar qual é o melhor estimador para os dados em painel e a interpretação dos resultados se dará a partir do modelo escolhido.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das hipóteses elencadas na introdução e das equações a serem testadas, esta seção se dividirá entre os modelos estimados a partir de dados em corte transversal e aqueles estimados com dados em painel.

■ 3.1 Análise de dados em corte transversal

Os modelos e suas estimações seguem na tabela abaixo. Destaca-se que foram estimados modelos com e sem variáveis de controle.

Tabela 1

Resumo das estimações com dados em corte transversal

Variável	Modelo linear	Modelo linear com controles	Modelo log-linear	Modelo linear-log	Modelo log-log	Modelo log-log com controles
PIB	0.0115***	0.0108***	0.00			
POP	4.79	8.32	0.00			
logPIB				-2754000000.00	3.0299***	0.71
logPOP				7.630e+09*	-0.74	-1.52
P&D		-4579000000	8.22	14620000000.00		8.20
INVSTMPRI		0.28	0.00			
lnINVSTMPRI				419300000.00		1.15
constante	-135100000.00	298600000	13.055***	-70880000000	-50.1407***	-0.89
F	491.91	77.17	1.60	7.59	22.09	2.27
p-valor	>0.001	>0.001	0.21	>0.001	>0.001	0.10
R ²	0.88	0.94	0.26	0.63	0.25	0.34

Legenda: *significante a 5%, **significante a 1% e ***significante a 0.1%*

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir das estimações mostradas na tabela e tendo em vista o valor de R² e do teste F, o melhor modelo é o linear com controles, cujo valor do R² indica que variáveis escolhidas são capazes de explicar 94% das relações estabelecidas. Ademais, o p-valor para o teste F é menor do que 5%, no caso é, inclusive, *significante a menos de 0,1%*. Contudo, neste modelo, o único estimador *significante estatisticamente* é o do PIB.

Dessa forma, pode-se dizer que há uma associação, mas não uma relação causal entre o aumento do PIB e o aumento da produção de ER. O modelo mostra que, mantendo as demais variáveis constantes e aumentando o PIB em 1 US\$, a produção de ER será aumentada em 0.010 Kwh, ou seja, *incrementos no PIB estão associados ao aumento da produção de energia renovável, confirmando H1 e corroborando os argumentos de Marques et al. (2012).*

Contudo, a partir desse modelo não é possível realizar afirmações sobre a população, já que o coeficiente não é *significativo*. Assim, caso seja feito algum

tipo de afirmação sobre o impacto da população na produção de ER, a chance de erro é alta.

É possível comentar que o aumento da população pode ser entendido como uma expansão da demanda por energia, porém esse aumento na demanda não é só suprido por ER, como também outros tipos de energia (Carley, 2009; Marques et al. 2010). Sendo assim, o sinal do coeficiente parece correto, contudo, não se pode afirmar a magnitude do impacto.

As variáveis de controle também não são estatisticamente significantes, porém fazem sentido econômico, já que ER envolve o SNI e as tecnologias na fronteira, assim como era esperada uma correlação positiva dos gastos em P&D e do Investimento em energia com participação privada com a produção de ER (Foxon et al., 2005 e York e Bell, 2019).

■ 3.2 Análise dos dados em painel

Os modelos para análise em dados em painel e as diferentes técnicas empregadas encontram-se na tabela a seguir, com exceção dos dados empilhados (*pooled data*) que podem ser entendidos como séries temporais de dados transversais. Contudo, na literatura é comum a comparação entre modelos de dados empilhados com aqueles estimados por efeitos fixos e aleatórios

Tabela 2
Resumo das estimações com dados em painel e teste Hausman

Variáveis	Pooled	Pooled com controle	Efeitos fixos	Efeitos fixos com controle	Efeitos fixos Two Way	Efeitos fixos Two Way com controle	Efeitos aleatórios	Efeitos aleatórios com controle	Efeitos aleatórios Two Way	Efeitos aleatórios Two Way com controle
InPIB	0.9734***	0.7589***	3.6855121***	3.3227***	1.5659***	0.4736	2.7890***	2.1906***	1.4231***	1.1105**
InPOP	-0.1470***	0.2316	-2.0435243***	-2.1100	-2.8943***	-7.4250***	-1.1046***	-1.3578***	-0.7056***	-0.3898
P&D		-0.8351*		1.2639*		1.6481***		1.4291**		1.0496*
InINVSTMPRI		0.2197**		0.05471		-0.04055		0.0967*		-0.0413
constante	-2.7488***	-7.4169**	-40.657***	-30.909	25.1705***	137.5486***		-15.2061***	-7.1903***	-2.2200
F	1219.85	68.40	1373.92	64.19	71.05	18.29	2191.83	202.66	3633.27	3633.27
p>valor	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001
R2	0.46	0.47	0.49	0.49	0.60	0.63	0.59	0.49	0.48	0.58

Teste Hausman	
Modelos	H0 e H1
Efeitos fixos Two Way com controle e efeitos aleatórios Two Way com controle	Rejeita H ₀

Legenda: **significante a 5%**, ****significante a 1%** e *****significante a 0.1%**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para avaliar qual o melhor modelo estimado, deve-se, primeiro, comparar o modelo de dados empilhados com os modelos estimados a partir de efeitos fixos. A comparação se dá por meio dos coeficientes. Na medida em que há uma alteração significativa nos coeficientes dos modelos de dados empilhados e nos de efeitos fixos, é demonstrado que a técnica de efeitos fixos foi capaz de eliminar vieses que o modelo de dados empilhados não foi.

Assim, ao se observar a Tabela 2 há uma significativa diferença entre os coeficientes, mostrando que o modelo estimado por efeitos fixos é mais adequado. Em suma, a estimativa por efeitos fixos possui vantagens, pois se utiliza de variáveis binárias para controlar diferenças entre dados transversais, ou seja, é possível pressupor determinadas características como constantes e analisar outras relações desejadas. Somado a isso, a técnica de efeitos fixos permite que o modelo possua muitos graus de liberdade dado o grande número de observações por período. Por fim, à medida que se aplica a *within transformation* também se controlam efeitos da variável dependente sobre as independentes.

A partir desse ponto, é possível fazer comparações aos modelos estimados por efeitos fixos. Compara-se o modelo sem *within transformation*, denominado *one way*, com a estimativa denominada de *two way*. Em suma, a estimativa *two way* contém uma *within transformation* que capta impactos da variável independente na variável dependente.

Cabe ressaltar que a comparação ainda se dá por meio da observação dos coeficientes, que podem ser notadamente observados na Tabela 2 acima. Dessa forma, pode-se afirmar que existe um efeito significativo da produção de energia renovável sobre as outras variáveis e isto precisa ser controlado.

O impacto da produção de energias renováveis sobre o crescimento (PIB) foi abordado por Marques e Fuinhas (2012). O mesmo pode ser dito sobre um possível impacto da produção de ER sobre o aumento da P&D, que pode ser entendido como parte do modelo interativo de inovação proposto por Kline e Rosenberg (1986), no qual o processo inovativo é alimentado por *feedbacks*. Ademais, este efeito pode ser considerado como um elemento de *technology push* (Rosenberg, 1982; Dosi, 1988).

Entre os modelos *two way*, aquele que possui as variáveis de controle se mostra mais adequado, pois mostra uma mudança significativa nos coeficientes associados a um R^2 maior.

Por fim, antes de escolher definitivamente o modelo mais adequado, é necessário conduzir o teste de Hausman. Conforme explicado na metodologia,

caso H0 seja rejeitada, o modelo mais adequado é aquele estimado por efeitos fixos.

Por meio do teste de Hausman apresentado na Tabela 2, o modelo escolhido foi o efeitos fixos *two way* com controle. A partir dele podemos confirmar H1, ou seja, o PIB tem impacto positivo sobre a produção de ER, assim como demonstrado por Marques et al. (2012).

Os coeficientes do modelo mostram a magnitude na qual a produção de ER é afetada pelos PIB. Assim, *ceteris paribus*, um aumento de 1% no PIB gera um aumento de 2,03%² na produção de ER.

A outra variável cujo coeficiente é significativo é a porcentagem os gastos em P&D sobre o PIB. No modelo estimado, verifica-se que o aumento de 1 ponto percentual na relação P&D/PIB gera um aumento de 180%³ na produção de energia renovável.

As outras variáveis não são significativas, contudo, seu sinal negativo não é teoricamente inapropriado, pois um aumento na população gera uma expansão na demanda que não é sempre suprido por ER. O investimento público com participação privada em energia, em sua maioria, pode não ser voltado para produção de ER.

CONCLUSÃO

Este artigo partiu das seguintes hipóteses baseadas na literatura:

H1: O aumento do PIB tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável.

H2: O crescimento populacional, como *proxie* da demanda, tem impacto positivo sobre a produção de energia renovável.

Na tentativa de comprová-las, foram estimados diversos modelos, e dois foram escolhidos: um modelo linear estimado a partir de dados transversais e um modelo de dados em painel estimado por efeitos fixos *two way*.

2 Quando os coeficientes, estimados a partir de variáveis em logaritmo, mostram alterações superiores a 20%, estes não medem de forma exata a alteração. Para se obter o real impacto é necessário realizar a seguinte transformação: $[e^{(\text{coeficiente})}-1]$, no caso do modelo a operação realizada foi: $e^{(1.11)}-1= 2,03$.

3 Foi realizada a mesma transformação neste coeficiente, assim calculou-se: $e^{(1.04)}-1= 1,8$.

Ambos os modelos conseguiram comprovar H1, porém nenhum deles obteve coeficientes significantes que comprovassem H2.

Cabe ressaltar que o modelo de dados em painel mostrou uma correlação positiva e significativa entre P&D e produção de ER, o que corrobora e é corroborado pela extensa literatura neoschumpeteriana.

ECONOMIC GROWTH AND RENEWABLE ENERGY PRODUCTION: A BRIEF EMPIRICAL ANALYSES

Abstract

This article test two hypothesis: (i) an increase in the GDP has a positive impact on the production of Renewable Energy and (ii) a population growth have positive impact on the production of renewable energy. In order to accept these hypotheses we conduct an empirical study based on cross section and panel data, applying several estimation models. We conclude that the first hypothesis holds together but the second hypothesis could not be statistically confirmed. In addition, we show that expenditures on R&D lead to an increase in the production of renewable energy.

Keywords: Renewable energy; cross section; panel data; fixed-effects; economic growth.

Referências

- Albuquerque, E. D. M. (1996). Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de Economia Política*, 16(3), 63.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics* 69, 2250–2260.
- Carley, S. (2009). State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. *Energy Policy*, 37(8), 3071-3081.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 1120-1171.

Foxon, T. J., Gross, R., Chase, A., Howes, J., Arnall, A., & Anderson, D. (2005). UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drivers, barriers and systems failures. *Energy Policy*, 33(16), 2123-2137.

Hausman, J. A., Hall, B. H., & Griliches, Z. (1984). Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship. *Econometrica*, 52, 1984.

Huang, M.-Y., Alavalapati, J., Carter, D., & Langholtz, M. (2007). Is the choice of renewable portfolio standards random? *Energy Policy* 35, 5571-5575.

Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth?. *Energy Policy*, 46, 434-442.

Marques, A. C.; Fuinhas, J. A., & Manso, J. A. (2010). A quantile approach to identify factors promoting renewable energy in European countries. *Environmental and Resources Economics* 49, 351-366.

Masini, A., & Menichetti, E. (2013). Investment decisions in the renewable energy sector: An analysis of non-financial drivers. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(3), 510-524.

Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics* 33, 257-263.

Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press.

OECD. *OECD Environmental Outlook to 2030*, Vol. 2008, Paris.

Rosenberg, N., & Nathan, R. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.

Vachon, S., & Menz, F. (2006). The role of social, political, and economic interests in promoting state green electricity policies. *Environmental Science & Policy* 9, 652-662.

York, R., & Bell, E. S. (2019). Energy transitions or additions? Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. *Energy Research & Social Science* 51, 40-43.