



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO



Davi Meneses Cataneo

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO EM
RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS NO BRASIL**

**ANALYSIS OF SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT IN RELATION TO THE USE OF
RENEWABLE ENERGY SOURCES IN BRAZIL**

Goiânia

2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC nº 1204/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG):

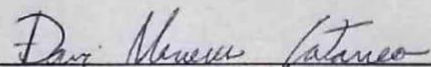
Nome completo do autor: Davi Meneses Cataneo

Título do trabalho: ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO EM RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

2. Informações de acesso ao documento:

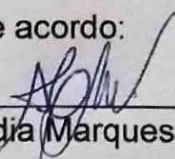
Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF do TCCG.



(Davi Meneses Cataneo)²

Ciente e de acordo:



(Ana Cláudia Marques do Valle)²

Data: 21/ 12 / 2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento, imagens coladas não serão aceitas.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO



Davi Meneses Cataneo

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO EM RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás, como requisito para a aprovação na disciplina de Projeto de Final de Curso de Engenharia Elétrica, sob orientação da Prof.^a Dra. Ana Cláudia Marques do Valle
Coordenador de projeto final: Prof. Dr. Geyverson Teixeira de Paula.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

CATANEO, DAVI
ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO EM
RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO
BRASIL [manuscrito] / DAVI CATANEO. - 2018.
XXXV, 35 f.

Orientador: Profa. Dra. Ana Cláudia Marques do Valle .
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de
Computação (EMC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica e de Computação, Goiânia, 2018.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, algoritmos,
lista de figuras, lista de tabelas.

1. fontes renováveis de energia. 2. Crescimento econômico. 3.
linear. 4. Brasil. 5. VAR. I. Cláudia Marques do Valle , Ana, orient. II.
Título.

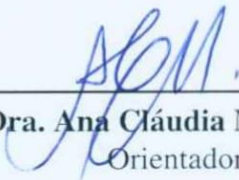
CDU 621.3

Davi Meneses Cataneo


ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO EM RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso
para o curso de Engenharia Elétrica
da Escola de Engenharia Elétrica,
Mecânica e de Computação, da Uni-
versidade Federal de Goiás.


Trabalho aprovado. Goiânia, 19 de dezembro de 2018:



Profa. Dra. Ana Cláudia Marques do Valle
Orientadora



**Profa. Dra. Paula Andréa do Valle
Hamberger**
Convidado 1



**Bruno Cosse
Pedroso**
Convidado 2

Goiânia
2018

Lista de tabelas, Gráficos e anexos

Tabela 1 – Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh).....	8
Tabela 2 – Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW).....	8
Tabela 3 – Carga de Energia, consumo e perdas - Brasil e subsistemas elétricos.....	9
Tabela 4 – Atividade Econômica do Banco Central, Geração elétrica por fontes renováveis no Brasil de acordo com espaço temporal de 2003 até 2018.....	21
Gráfico 1 – Relação Índice de Atividade Econômica do Banco Central com espaço temporal de 2003 até 2018.....	22
Gráfico 2 – Geração elétrica por fontes renováveis no Brasil com espaço temporal de 2003 até 2018.	23
Tabela 5 – Resultados de diferentes Lags para a função VARselect	23
Apêndice – Relação de estudos em atividade econômica e energia renovável	30

Lista de Abreviaturas e Siglas

A	Ampère
Ah	Ampère Hora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EMC	Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GW	Giga Watt
IBC	Índice de Atividade Econômica do Banco Central
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
km	Quilômetro
kVA	Quilo Volt Ampère
kWp	Quilo Watt pico
MJ	Mega Joule
mm	Milímetros
MW	Mega Watt
NBR	Norma Brasileira (aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas)
NOCT	Temperatura nominal de operação do módulo
NTC	Norma Técnica da Companhia Energética de Goiás
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SPPM	Seguidor de potência do ponto máximo
UFG	Universidade Federal de Goiás
V	Volt
VA	Volt Ampère
W	Watt

RESUMO

Muitos estudos apontam o consumo de energia no geral como um princípio para o desenvolvimento econômico e social de uma região. Nessa tese foi examinado a relação das energias renováveis (Hidroelétrica, Solar e Eólica) com do desenvolvimento econômico e social (IBC). O país de estudo foi o Brasil, sendo as o espaço temporal variando de janeiro de 2003 até outubro de 2018. Aplicando os testes de VAR (Vetor auto regressivo) e o de Cointegração de Johansen (1988). A análise mensal de dados foi utilizada para verificar a linearidade entre desenvolvimento econômico e o uso de energias renováveis.

Palavras-Chave: fontes renováveis de energia; Crescimento econômico; linear; Brasil; VAR; Cointegração.

ABSTRACT

Many studies have demonstrated the power consumption in general as a principle for the social and economic development of a region. In this thesis was examined the relationship of renewable energy (hydro, solar and wind energy) with economic and social development (IBC). The country of study was the Brazil, being the temporal space ranging from January 2003 until October 2018. Applying the auto-regressive Vector (VAR) Test and the Cointegration Test of Johansen (1988). The monthly data analysis was used to check the linearity between economic development and the use of renewable energies.

Keywords: Renewable energy; Economic Growth; linear; Brazil; VAR; Cointegration

AGRADECIMENTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso não seria realizado sem a orientação e grande ajuda das professoras Dra. Ana Cláudia Marques do Valle e PhD Paula Andréa do Valle Hamberger.

Minha vida acadêmica e profissional continuamente decorreu de diversas inspirações. Pessoas que possuo a honra de chamar de amigos e/ou professores.

Devo agradecer ao senhor Igor Rodrigues Alves Dias, um grande mentor que despertou meu interesse para os estudos e artes. Obrigado à Jessika Nunes Caetano por ser minha principal guia e amiga em meus primeiros passos na Faculdade. Muitas pessoas me incentivaram a iniciar minha graduação em Engenharia Elétrica, mas agradeço especialmente à Fernanda Martins da Paixão por esse encorajamento.

Durante a graduação pude me envolver cada vez mais com os estudos da Engenharia Elétrica. Não é um curso fácil, mas com a ajuda de tutores e colegas de excelência, o caminho percorrido foi suavizado e, em muitos aspectos, agradável. Deles devo ressaltar os nomes Kelwin Kaled Cardoso da Silva, Gustavo Rodrigues dos Reis, Marcelo Lange Stehling de Castro, Lucas Rodrigues Ferreira e Bruno Cosse Pedroso. Sou grato a todos aqueles que saciaram minhas dúvidas acreditam no meu potencial.

Obrigado aos meus grandes amigos Victor Maschietto Moreira e Marco Aurélio de Moraes Manso, que acompanham minha jornada desde o ensino fundamental e sempre foram exemplos de esforço, educação e simpatia.

Gratifico minha namorada Heloísa Amaral Moura Vieira pela afeição e momentos felizes durante períodos difíceis.

Por último, mas definitivamente não menos importante, sou grato aos meus pais pelo tempo, carinho e trabalho investido em minha criação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. QUADRO TEÓRICO.....	10
2.1. Definições de energia sustentável, energia limpa e energia renovável.....	10
2.2. Relações de crescimento econômico e energia	11
2.3. Hipóteses existentes sobre o impacto da energia na economia.....	12
3. LITERATURA RELACIONADA	15
3.1. Relação de energias renováveis e crescimento econômico no Brasil	15
3.2. Modelo de série temporal utilizando modelos simétricos em energias renováveis ...	15
4. METODOLOGIA UTILIZADA	16
4.1. Modelo de VAR.....	16
4.2. Teste de Cointegração	19
5. DADOS OBTIDOS E ESTATÍSTICA RESUMIDA	21
6. RESULTADOS	27
7. CONCLUSÃO.....	28
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
Apêndice - Relação de estudos em atividade econômica e energia renovável.....	30

1. INTRODUÇÃO

A energia está em todos os lugares, definida por ser a capacidade de algo de realizar trabalho, ou seja, gerar força num determinado corpo, substância ou sistema físico (HALLIDAY, 2009). Nosso universo possui uma quantidade finita de energia, não podendo ser criada ou destruída, mas pode se transformar para diferentes formas.

O acesso à energia afeta Saúde, Educação, Poder político e o status socioeconômico. Melhorando a eficiência energética, podemos utilizar nossos recursos naturais de forma mais responsável, melhorando a qualidade de vida para todos. A matriz energética internacional depende de combustíveis fósseis sendo inevitável a adoção de fontes alternativas por dois principais motivos: A matéria prima dos combustíveis fósseis irá se esgotar e a grande geração de poluição e emissão de CO₂, agravando o aquecimento global.

Sendo assim, diversos estudos apontam para o consumo de energia renovável como sendo um par um potencial índice para indicar o desenvolvimento econômico. Sabendo da relação de desenvolvimento socioeconômico com a quantidade de energia disponível, podemos deferir que com a diminuição cada vez mais abrupta dos recursos naturais, esse progresso para prosperidade deve se direcionar para o uso de energias renováveis.

Este TCC busca tratar a existência de causalidade linear entre produção de energia renovável e atividade econômica no Brasil em séries mensais de 2003 até 2018. Se existem efeitos de causalidades não lineares quantílicas entre energia renovável e atividade econômica no Brasil. Se o Brasil se enquadra em alguma das as quatro hipóteses gerais sobre o relacionamento entre energia renovável e crescimento econômico, sendo elas: Hipótese de Crescimento; Hipótese de Conservação; Hipótese de Feedback e a Hipótese de Neutralidade.

Até então as evidências empíricas do impacto das energias renováveis é inconclusivo. Diferentes resultados são apresentados em diferentes países, ocasionalmente apresentando diferentes conclusões de estudo no mesmo país. Metodologias mais precisas são requeridas nos campos de pesquisa.

A seguinte tabela (Tabela 1) apresenta a estrutura energética do Brasil dos anos de 2013 até 2017. Podemos observar que grande parte da energia elétrica gerada no país decorre de seu potencial hídrico. Sendo assim, são relativamente baixos os níveis de emissão de CO₂ quando de comparado com os demais países.

Tabela 1: Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	$\Delta\%$ (2017/2016)	Part. % (2017)
Total	570.835	590.542	581.228	578.898	587.962	1,6	100,0
Hidráulica (i)	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	-2,6	63,1
Gás Natural	69.003	81.073	79.490	56.485	65.593	16,1	11,2
Derivados de Petróleo (ii)	22.090	31.529	25.657	12.103	12.733	5,2	2,2
Carvão	14.801	18.385	18.856	17.001	16.257	-4,4	2,8
Nuclear	15.450	15.378	14.734	15.864	15.739	-0,8	2,7
Biomassa (iii)	39.679	44.987	47.394	49.236	49.385	0,3	8,4
Eólica	6.578	12.210	21.626	33.489	42.373	26,5	7,2
Outras (iv)	12.241	13.540	13.728	13.809	14.976	8,5	2,5

Fonte: Balanço Energético Nacional 2018; Elaboração: EPE

Notas:

i) Inclui autoprodução

ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível

iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixo

iv) Outras: gás de coque, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar.

Analisando o potencial energético do Brasil (Tabela 2) podemos confirmar a potencialidade hídrica do país. A tabela inclui autoprodução clássica; considera-se a parte nacional de Itaipu (6.300 MW até o ano de 2006, 7.000 MW a partir de 2007). Considerando na tabela as PCH (Pequena Central Hidrelétrica) e as CGH (Central Geradora Hidrelétrica).

Tabela 2: Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)

	2013	2014	2015	2016	2017	$\Delta\%$ (2017/2016)	Part. % (2017)
Total	126.743	133.913	140.858	150.338	157.112	4,5	100,0
Usinas Hidrelétricas	81.132	84.095	86.366	91.499	94.662	3,5	60,3
Usinas Termelétricas	36.528	37.827	39.564	41.275	41.628	0,9	26,5
PCH	4.620	4.790	4.886	4.941	5.020	1,6	3,2
CGH	266	308	398	484	594	22,6	0,4
Usinas Nucleares	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990	-	1,3
Usinas Eólicas	2.202	4.888	7.633	10.124	12.283	21,3	7,8
Solar	5	15	21	24	935	3.836,3	0,6

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Balanço Energético Nacional 2018; Elaboração: EPE.

A seguinte tabela (Tabela 3) apresenta a relação de perdas energéticas no Brasil comparando-se com o consumo de energia e a carga de energia média. Os valores de carga do SIN (Sistema Interligado Nacional) e seus subsistemas foram revisados pelo NOS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Englobando as chamadas perdas técnicas na nas redes de transmissão e distribuição e as denominadas perdas não técnicas, que consideram ligações irregulares/clandestinas, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, efeito calendário, etc. Adicionalmente, as perdas totais contabilizam outras diferenças relativas aos próprios conceitos utilizados de carga global (ONS/CCEE) e de consumo na rede (EPE), como é o caso de alguns consumidores livres conectados na Rede Básica que possuem autoprodução de energia, cujo consumo é integralmente considerado na carga global, porém não no consumo na rede.

Tabela 3: Carga de Energia, consumo e perdas - Brasil e subsistemas elétricos.

	2013	2014	2015	2016	2017
Sistemas Isolados					
Carga de Energia (MWmédio)	1.204	1.219	562	445	472
Consumo (GWh)	5.783	3.769	3.341	2.940	2.893
Perdas e diferenças (%)	45,2	64,7	32,1	24,8	30,0
SIN - Sistema Interligado Nacional					
Carga de Energia (MWmédio)	62.799	65.475	64.625	64.613	65.585
Consumo (GWh)	457.359	471.054	462.367	458.840	464.268
Perdas e diferenças (%)	16,9	17,9	18,3	19,2	19,2
Norte					
Carga de Energia (MWmédio)	4.667	5.298	5.363	5.460	5.502
Consumo (GWh)	32.085	33.787	33.854	34.626	34.843
Perdas e diferenças (%)	21,5	27,2	27,9	27,8	27,7
Nordeste					
Carga de Energia (MWmédio)	9.651	10.001	10.261	10.420	10.602
Consumo (GWh)	68.680	72.032	72.161	72.662	72.809
Perdas e diferenças (%)	18,8	17,8	19,7	20,6	21,6
Sudeste/Centro-Oeste					
Carga de Energia (MWmédio)	37.816	38.862	38.064	37.751	38.199
Consumo (GWh)	276.202	280.417	274.198	269.127	271.619
Perdas e diferenças (%)	16,6	17,6	17,8	18,8	18,8
Sul					
Carga de Energia (MWmédio)	10.665	11.314	10.937	10.981	11.282
Consumo (GWh)	80.393	84.819	82.154	82.426	84.997
Perdas e diferenças (%)	13,9	14,4	14,3	14,5	14,0

Fonte: ONS; Eletrobras (Sistemas Isolados até 2016) e Distribuidoras; elaboração EPE.

2. QUADRO TEÓRICO

Será abordado tópicos relevantes a respeito de energia em geral, explorando como ela concerne a atividade econômica e as características distintas dos aspectos de energia renovável referindo-se ao crescimento econômico.

2.1. Definições de energia sustentável, energia limpa e energia renovável

A demanda por energias sustentáveis, renováveis e limpas tem sido cada vez mais imprescindíveis, e embora estes termos pareçam sinônimos, existem algumas diferenças entre eles. Uma energia classificada como renovável ou limpa não é necessariamente uma energia sustentável.

A energia sustentável é determinada por um equilíbrio entre produção e o consumo de energia. Sendo compatível com o desenvolvimento econômico e social e com a preservação ambiental. Pode-se imaginar que a usina hidrelétrica gere energia sustentável por se aproveitar constantemente do potencial hidráulico do rio. Porém, uma usina hidrelétrica pode impactar severamente o meio ambiente, afetando o curso do rio e causando prejuízos à fauna, flora e à vida humana, sendo não considerada sustentável.

Define-se como energia limpa aquela que não polui ou polui com menos significância em relação às demais. É aquela que não libera gases poluentes geradores do efeito estufa, sendo a energia solar e a energia eólica os exemplos mais comuns. Não significa que este tipo de energia deixe de causar impactos ambientais, mas sim que esses impactos são bem menores e podem ser mitigados mais facilmente. Por exemplo, o uso da energia solar tem como impactos negativos a geração de resíduos durante o processo de fabricação dos componentes do sistema e quando a vida útil destes aparelhos chega ao fim, outro fator negativo é a alteração de áreas usadas para a instalação dos sistemas. No entanto, através de algumas medidas é possível atenuar estes impactos.

A energia renovável (Verbruggen et al. 2009), tratada nesta monografia, são derivadas de fontes de energia que não emitem CO₂, como energia solar, hidroelétricas e as que são abastecidas por vento, maré, ondas e calor geotermal. A definição de energia renovável também compreende energias neutras em relação a emissão de dióxido de carbono. Entretanto, diferente das demais fontes energias renováveis, Biomassa pode ser esgotada por superexploração. Logo, só serão tratadas nesse as energias renováveis de Hidroelétricas, usinas solares e eólicas.

As formas de energia, relacionado a capacidade de produzir trabalho, são qualificadas como: Energia Cinética, tipo de energia relacionada com a quantidade de movimento dos

corpos; Energia térmica, fluxo de calor dos corpos, geralmente gerada por meio da combustão de materiais; Energia solar, proveniente dos raios solares; Energia eólica, provinda dos ventos; Energia química, tipo de energia armazenada em ligações químicas, sendo libertada quando ocorrem reações químicas; Energia elétrica, é uma forma de energia baseada na geração de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos, que permitem estabelecer uma corrente elétrica entre ambos.

2.2. Relações de crescimento econômico e energia

O mundo usa 35 bilhões de barris de petróleo por ano, essa escala enorme de dependência sobre combustíveis fósseis polui a terra e não irá durar para sempre. Cientistas estimam que já foi consumido 40% do petróleo do mundo, com esse andamento é determinado que o em aproximadamente 50 anos não existirá petróleo e gás natural irá, e em aproximadamente 100 anos o carvão mineral poderá acabar. Por outro lado, possuímos fontes de energia inesgotáveis como o sol, a água e o vento. Essas fontes de energia renováveis compõem apenas 13% da fonte de matriz energética mundial. Para uma correlação energética baseada 100% em energias renováveis é necessário abastecer problemas energéticos complexos e específicos. O sol continuamente fornece 173 quatrilhões Watts para a terra, cerca de dez mil vezes mais do que o necessário hoje. Porém existem fatores que impendem nossa completa dependência em usinas solares, como eficiência e transmissão de energia. Desertos, onde existe uma alta taxa de irradiância solar, estão distantes de cidades, por exemplo. Para suprir a demanda de combustíveis líquidos, usado principalmente em meios de transporte, é necessário melhorar a eficiência de baterias. A melhor das baterias de íon-lítio conserva 2,5 MJ por quilograma, sendo que a gasolina possui uma eficiência vinte vezes maior por quilograma.

Georgescu-Roegen (1971) foi o primeiro a introduzir a noção de uma relação causal entre o uso de energia e desempenho econômico enquanto a Kraft e Kraft (1978) foram os primeiros a testar essa relação empiricamente. Desde então, muitos estudiosos tentaram determinar se tal relação existe. Embora vários estudiosos apoiaram a ideia do consumo de energia como um importante contributo para o crescimento econômico a longo prazo (p. ex. Linderberg Kümmel e 2013; Ayres 2006), a evidência empírica é ambígua, e nenhum consenso foi alcançado em relação a este assunto. O consumo de energia é excluído da teoria do crescimento neoclássico para o chamado modelo de Solow E. Kümmel Linderberg (2013) fazer o argumento teórico que, uma vez que produção econômica, como tudo no mundo, é regida pelo segundo leis da termodinâmica, "não há produção e crescimento econômico, sem conversão de energia". Além disso, Ayres e Warr (2009, p 144) salientam que "A entropia garante que todos

os processos econômicos e dissipativos são irreversíveis e só pode ser mantida por um fluxo contínuo de energia livre de fora do sistema." De acordo com este ponto de vista, o crescimento não é impulsionado pelo consumo de energia, mas pelo trabalho útil que podem ser extraídos de processos de transformação de energia. Neste caso, reduzir o consumo de energia pode ser compatível com o crescimento econômico se uma produção mais eficiente. Todavia, esta noção não recebeu apoio geral entre os estudiosos da economia. Recentemente, o modelo de Solow foi revisado por Jones & Romer (2010), e a revisão do modelo procura explicar o resíduo de Solow pela contabilidade para a importância das ideias para o crescimento econômico e o progresso tecnológico, mas exclui a energia como uma variável explicativa.

Os argumentos, para o papel da energia como um importante contributo para o crescimento econômico, também podem ser baseados em evidências empíricas. Historicamente, o crescimento econômico foi fortemente correlacionado com o aumento do uso de energia (IPCC 2012). Todas as economias avançadas basearam o seu crescimento econômico, no aumento da extração. O acesso à energia relativamente limpa e confiável historicamente tem sido um fator essencial para o desenvolvimento humano, tais como educação, saúde, igualdade e segurança ambiental. Se usamos o índice de desenvolvimento humano como uma medida para o desenvolvimento da sociedade humana, é evidente que nenhum país tem alcançado um alto padrão de vida sem uma quantidade mínima de fornecimento de energia (IPCC 2012).

2.3. Hipóteses existentes sobre o impacto da energia na economia

A possível ligação causal entre o consumo de energia e o crescimento econômico são geralmente classificadas em quatro tipos, dependendo da sua direção. Cada categoria tem sido formulada como uma hipótese que traz importantes implicações para políticas energéticas. Essas quatro hipóteses são brevemente descritas a seguir. Neste artigo iremos testar a possibilidade de relação não-linear entre as energias renováveis e a atividade econômica no Brasil. Se essa relação não ser linear, isso pode indicar relações de mercado que variam, sendo assim, mais de uma hipótese pode ser válida no relacionamento de energia e crescimento, no que diz respeito a energias renováveis.

Hipótese de Crescimento

De acordo com a hipótese de Crescimento, a energia leva ao crescimento econômico, Comumente como um complemento à entrada de mão-de-obra e capital (Apergis and Payne 2012). Essa relação foi sugerida por Georgescu-Roegen em 1971, sendo a hipótese de Crescimento apresentou um formulário desenvolvido e implica uma relação de causalidade

unidirecional simétrica do consumo de energia para o crescimento econômico. Em princípio, isso significa que uma baixa taxa de consumo energético seja prejudicial ao desenvolvimento econômico.

Em termos tecnológicos e aumentos de produtividade, em conjunto com a hipótese de crescimento implica que países com uma parte significativa das fontes renováveis de energia, por exemplo, Brasil, podem se beneficiar tanto do aumento da produção de energia quanto do avanço tecnológico. Se assim for, no Brasil, que produz mais energia renovável seria relativamente melhor em comparação com os países que produzem quantidades mais baixas de energia renovável.

Hipótese de Conservação

A Hipótese de Conservação sugere que o crescimento econômico não é dependente do consumo de energia (Menegakia & Tugcu 2017). A teórica explica a correlação entre consumo de energia e crescimento econômico, por causa de uma causalidade unidirecional simétrica de crescimento econômico para o consumo de energia. A hipótese de conservação implica que as políticas de conservação de energia não irão prejudicar o crescimento econômico e que as economias, de acordo com esta hipótese, são resilientes para o choque energético. Além disso, significa que o crescimento econômico sustentável é possível. Para o estudo deste artigo, isso significa que os aumentos na produção de energias renováveis são uma consequência da atividade econômica e que, em um modelo não-linear seria representada por mais efeitos substanciais nos valores mais altos e mais baixos de quantis da distribuição, em que a causalidade vai da atividade econômica para a produção de energia renovável. A mudança na produção, portanto, deve ser proporcional à mudança de atividade econômica.

Hipótese de Feedback (Retorno)

A Hipótese de Feedback estipula que existe uma interdependência linear entre crescimento econômico e consumo de energia. De acordo com esta hipótese, sugerida por Ayres e Warr (2006), consumo de energia gera crescimento econômico e vice-versa. Afirmando que produtos são barateados devido aos avanços tecnológicos de produção. E isso leva a um aumento de demanda, que por sua vez leva ao aumento da produção e a redução de custos através de economias de escala e de aprender fazendo. O menor custo em associação com aumento de investimento de capital e investimentos em pesquisa e desenvolvimento combina em um ciclo de retroalimentação positiva que impulsiona o crescimento econômico. Em nosso estudo, este processo poderia ser a implementação e implantação de mais eficiente (renovável) de

eletricidade a produção baseada em opções. Com o aumento da produtividade e qualidade do produto, como resultado. Se válido, a teoria indica que as políticas de conservação de energia terão um impacto negativo no crescimento econômico. Pode-se investigar a relação não-linear entre as energias renováveis e a atividade econômica, a hipótese de retorno podem ser aplicáveis a determinadas situações do mercado, mas não por outros, o que implica uma mudança de relacionamento durante as condições de mercado. Assim, um aumento em ambas as variáveis, energia renovável ou atividade econômica, em qualquer condição de mercado irá afetar a outra variável de forma diferente. Se este for o caso, existe a possibilidade de uma relação de feedback variando em situações de mercado em uma interdependência não-linear.

Hipótese de Neutralidade

A hipótese de neutralidade suporta o padrão de modelo de Solow na maneira que o crescimento econômico não depende de energia. De acordo com a hipótese de neutralidade, o consumo de energia tem um papel menor no processo de crescimento econômico, e isso implica que as políticas de conservação de energia não afetariam o crescimento e que o crescimento não afeta o consumo de energia. Este conceito pode parecer contra intuitivo, devido à evolução paralela e a estreita correlação entre o consumo de energia e o crescimento econômico (IPCC 2012). Uma possível explicação para essa situação é que a estrutura econômica, relativas à energia, difere entre os países e que as métricas convencionais de crescimento econômico (PIB) não capturam o papel cheio de energia em uma economia. Utilizando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) como um indicador de desenvolvimento econômico mostra que países que atingiram níveis de médio ou alto IDH, em geral, consomem grandes quantidades de energia per capita (IPCC 2012). Nenhum país tem sido capaz de realizar, mesmo em grau moderado ou alto IDH sem acesso à energia considerável (IPCC 2012). Outra possível explicação é que outros fatores desempenham um papel crucial no crescimento econômico, e também leva a aumentos no consumo de energia.

3. LITERATURA RELACIONADA

A relação entre as energias renováveis e o desenvolvimento económico é um assunto bem estudado e um tema altamente discutido entre os estudiosos e formuladores de políticas. As quatro hipóteses que estão no centro do debate o crescimento de energia são também geralmente aceites como um ponto de referência para a discussão sobre energias renováveis e o crescimento económico. Uma ampla gama de métodos econométricos foi aplicada na busca de uma possível relação entre a energia renovável e o crescimento económico. No entanto, literatura anterior sobre a utilização de fontes renováveis de energia e crescimento económico não tem sido capaz de resolver a questão da causalidade. Atualmente, há suporte para todas as quatro hipóteses.

3.1. Relação de Energias renováveis e crescimento econômico no Brasil

O aumento da participação de fontes renováveis na matriz brasileira tem atraído cada vez mais investimentos. Em 2017, o Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social (BNDES) anunciou a captação de US\$ 141,7 milhões junto ao banco de fomento alemão Krefitanstalt für Wiederaufbau (KfW). O dinheiro foca em projetos envolvendo eficiência energética e energias renováveis (solar, eólica, pequenas centrais hidrelétricas e bioenergia, entre outras). O grande avanço de energias renováveis é o crescimento da utilização de energia de fonte solar fotovoltaica, que alcançou, na semana passada, a marca de 1 gigawatt de potência instalada na matriz eléctrica brasileira. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), esse volume de energia é suficiente para abastecer 500 mil residências e atender ao consumo de 2 milhões de brasileiros. O Brasil está entre os 30 países que possuem mais de 1GW de fonte de energia solar instalada.

3.2. Modelo de série temporal utilizando modelos simétricos em energias renováveis

Estudos anteriores, utilizando análise de séries de tempo para investigar as fontes de energia e crescimento económico (Apêndice), varia em resultados e direções na causalidade. Os resultados desses estudos refletem condições específicas em cada um dos países e, portanto, são mais fáceis de interpretar, em comparação com estudos de painel. Por outro lado, séries de tempo, muitas vezes, têm menos observações que podem agravar a inferência estatística. Além disso, a maioria dos estudos de séries temporais, até este ponto, simétricos e assumiram uma relação linear entre a atividade económica e as energias renováveis. esta suposição não é necessariamente realista.

4. METODOLOGIA UTILIZADA

Para realizar as equações e o tratamento dos valores do banco de dados, foi utilizado o RStudio, um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para R. inclui um console, sintaxe destacando-editor que suporta a execução do código, bem como ferramentas para traçar, história, depuração e gerenciamento de área de trabalho. Os estudos terão o caráter mensal, com espaço temporal de 2003 até 2018.

Serão utilizadas as seguintes variáveis para as análises:

- Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC);
- Geração elétrica por fontes renováveis (Hidroelétrica, solar e eólica) no Brasil (GWh).

Sendo a fonte dos dados o Brazilian Economic Times Series (BETS) e o Operador Nacional do Sistema Brasileiro (ONS), respectivamente.

4.1. Modelo de VAR

Os modelos VAR (Vector Autoregressive) são uma generalização dos modelos autoregressivos univariados. Sugerida por Sims (1980), é um processo estocástico. Ou seja, é uma família de variáveis aleatórias representando a evolução de um sistema de valores com o tempo. É a contraparte probabilística de um processo determinístico. Ao invés de um processo que possui um único modo de evoluir, como nas soluções de equações diferenciais ordinárias, por exemplo, em um processo estocástico há uma indeterminação: mesmo que se conheça a condição inicial, existem várias, por vezes infinitas, direções nas quais o processo pode evoluir.

Usado para testar a dependência entre séries de tempo. É uma generalização do modelo autoregressivo univariado. Incluindo todos os métodos de Estatística Descritiva que permitem a análise de cada variável separadamente e também métodos de Estatística Inferencial para determinada variável, podendo esta ser medida para uma ou mais amostras independentes. A análise de variância simples (e o teste "t", em particular) é o exemplo típico de um método de Estatística univariada (Reis, 1997). Todas as variáveis dependentes do modelo têm uma defasagem de idêntica estrutura que inclui a de si própria e de todas as outras variáveis do modelo, bem como um termo de erro. O modelo VAR trata todas as relações lineares existentes entre as variáveis endógenas e os valores passados das mesmas, sem impor restrições quanto à sua independência e dependência, permitindo ainda a inclusão de variáveis exógenas ao modelo. É um modelo mais flexível que os modelos uni-variados, permite testar a direção de causalidade permitindo previsões de melhor qualidade do que nos modelos estruturais tradicionais.

A seguir será mostrado os códigos utilizados em RStudio para desenvolver o método:

```

# Instalar e carregar o devtools
install.packages("devtools")
library(devtools)

# Instalar e carregar o BETS
install.packages("BETS")
library(BETS)

require(BETS)
ibc = BETSget(24363)
ibc.sa = BETSget(24364)

ambos = ts.intersect(IBC, Energy)

layout(1:1)
plot(ibc)
plot(ibc.sa)
plot(Energy)
#####
##METODO DE VAR
install.packages('vars')
library('vars')
install.packages('quantmod')
library('quantmod')

##Os dados utilizados (podendo ser uma série não estacionária)
## Devem ser transformados para estacionários para análise
## isso é, trabalharemos com o retorno de dados, calculados com a série ajustada
IBC.ret <- diff(log(Ad(IBC)))
EnergyR.ret <- diff(log(Ad(EnergyR)))

##Omitindo a análise de onde não tem dados
dataDaily <- na.omit(merge(ibc.ret,Energy.ret), join='inner')

```

```

##Ajustando os valores para mensal
Energy.M    <- to.monthly(Energy.ret)$Energy.ret.Close
ibc.M <- to.monthly(ibc.ret)$ibc.ret.Close

##Modelo de VAR reduzido
var1 <- VAR(dataDaily, lag.max=4, ic="AIC")

##Para um modelo melhor estabelecido, podemos utilizar a função VARselect(),
##Provendo vários critérios de informação (output omitted):
## >VARselect(dataDaily,lag.max=4)

##Apresentando resultados
summary(var1)

plot(var1)    #Diagrama de encaixe e resíduos para outras variáveis
coef(var1)    #Sumário conciso com as variáveis estimadas
residuals(var1)#lista de resíduos
fitted(var1)  #lista de encaixe de valores
Phi(var1)     # coeficiente matricial da representação VMA

```

4.2. Teste de Cointegração

O teste de cointegração de Johansen (1988) foram utilizados para testar relações de longo prazo entre as variáveis. O teste de rastreamento tem a seguinte equação:

$$\lambda_{Trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \lambda'_i)$$

Onde, T é o tamanho da amostra e λ' representa os valores estimados da raiz característica classificados do maior para o menor, r é o número de vetores. A hipótese nula do teste de rastreamento é que o número de vetores de cointegração são $r = r^* < k$. A hipótese alternativa será $r = k$.

A seguir será mostrado os códigos utilizados em RStudio para realizar o tratamento dos dados:

```
##TESTE DE COINTEGRAÇÃO!!!  
library(urca)  
library(vars)  
  
##Séries devem ser estacionárias  
attach(Energy)  
#null: Não existe cointegração  
  
x=cbind(EnergyR, IBC)  
  
relat=cbind(Energy, ibc)  
##Séries transformadas para não estacionárias  
relat=diff(x)  
  
##Duas series sendo testadas para cointegração  
##Teste para encaixe no modelo de VAR  
  
##Escolha de LAGS  
VARselect(relat, lag.max = 60, type = "const") #gives lag  
VARselect(relat, lag.max = 60, type = "const")$selection
```

```
#Teste de Eigen conduzido
cointest <- ca.jo(relat, K = 60, type = "eigen", ecdet = "const",spec="transitory")

#Fazer objeto ca.jo se converter para vecm e var
cointest
cointest@teststat[2] #test statistics HO r=0, to be rejected
cointest@teststat[1] #test statistics HO r=1 should not be rejected

##Adquirir valores críticos
cointest@cval

#Checar se valores estão condizentes

#Conduzindo Teste de Johancen
cointest = ca.jo(relat, K = 60, type = "trace", ecdet = "const",spec="transitory")

#Fazer objeto ca.jo se converter para vecm e var (lags k deve ser no mínimo 2)
cointest
cointest@teststat[2] #test statistics HO r=0, to be rejected
cointest@teststat[1] #test statistics HO r=1 should not be rejected

## Adquirir valores críticos

cointest@cval
```

5. DADOS OBTIDOS E ESTATÍSTICA RESUMIDA

Os estudos terão o caráter mensal, com espaço temporal de 2003 até 2018. Com o dados das variáveis Índice de Atividade Econômica do Banco Central, apresentada na tabela como IBC, e Geração elétrica por fontes renováveis no Brasil (GWh), apresentada na tabela como GFER, serão apresentados seguir:

Tabela 4: Atividade Econômica do Banco Central, Geração elétrica por fontes renováveis no Brasil de acordo com espaço temporal de 2003 até 2018.

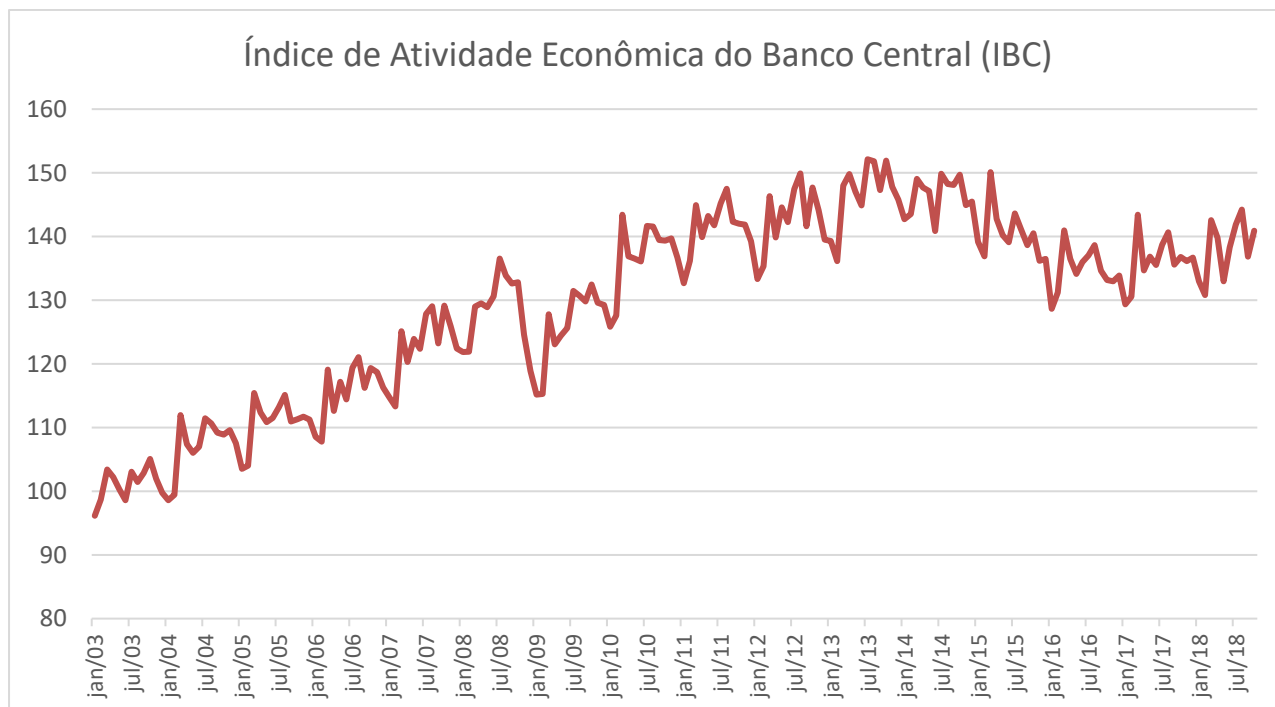
Data	GFER	IBC	Data	GFER	IBC	Data	GFER	IBC	Data	GFER	IBC
jan/03	28591	96,15	jan/07	34396	114,79	jan/11	38814	132,66	jan/15	38654	139,16
fev/03	27070	98,67	fev/07	31944	113,33	fev/11	36689	136,18	fev/15	33873	136,91
mar/03	29006	103,41	mar/07	36941	125,11	mar/11	39269	144,93	mar/15	36678	150,11
abr/03	28231	102,19	abr/07	34478	120,29	abr/11	37763	139,89	abr/15	33393	142,75
mai/03	28213	100,3	mai/07	34360	123,9	mai/11	37221	143,23	mai/15	33174	140,18
jun/03	26502	98,58	jun/07	32768	122,38	jun/11	35121	141,75	jun/15	30509	139,08
jul/03	27434	103,05	jul/07	33769	127,85	jul/11	36849	145,19	jul/15	32725	143,63
ago/03	27770	101,47	ago/07	34228	129,05	ago/11	38730	147,51	ago/15	33039	141,18
set/03	28005	102,87	set/07	32636	123,24	set/11	37390	142,3	set/15	33955	138,63
out/03	29459	105,06	out/07	34653	129,17	out/11	37869	142,02	out/15	36183	140,52
nov/03	27940	101,95	nov/07	32731	125,88	nov/11	36735	141,87	nov/15	34553	136,2
dez/03	28596	99,74	dez/07	33604	122,43	dez/11	38593	139,23	dez/15	36462	136,47
jan/04	28059	98,59	jan/08	33042	121,86	jan/12	39671	133,34	jan/16	37601	128,66
fev/04	27148	99,45	fev/08	30904	121,91	fev/12	39300	135,35	fev/16	38979	131,19
mar/04	30522	111,98	mar/08	33861	128,99	mar/12	42606	146,35	mar/16	41690	140,95
abr/04	28929	107,36	abr/08	33228	129,48	abr/12	36931	139,85	abr/16	39181	136,51
mai/04	29672	106,03	mai/08	33884	128,92	mai/12	36403	144,56	mai/16	37313	134,13
jun/04	28346	107	jun/08	33321	130,59	jun/12	35428	142,28	jun/16	35419	136
jul/04	29567	111,47	jul/08	33275	136,53	jul/12	37080	147,46	jul/16	36501	137,06
ago/04	29863	110,65	ago/08	34158	133,87	ago/12	37716	149,91	ago/16	36192	138,63
set/04	29256	109,21	set/08	33016	132,6	set/12	34688	141,6	set/16	34678	134,62
out/04	29800	108,89	out/08	34991	132,8	out/12	35513	147,71	out/16	36227	133,17
nov/04	29606	109,59	nov/08	33056	124,58	nov/12	31936	144,15	nov/16	36083	132,95
dez/04	31200	107,56	dez/08	31525	118,9	dez/12	35043	139,52	dez/16	40388	133,87
jan/05	31747	103,52	jan/09	33476	115,2	jan/13	34502	139,32	jan/17	43416	129,37
fev/05	29394	104	fev/09	32359	115,26	fev/13	33102	136,14	fev/17	40652	130,57
mar/05	33283	115,42	mar/09	36766	127,81	mar/13	36506	148,01	mar/17	42821	143,43
abr/05	31114	112,35	abr/09	33747	123,09	abr/13	34573	149,79	abr/17	36537	134,67
mai/05	30490	110,86	mai/09	32909	124,41	mai/13	33444	147,03	mai/17	36708	136,84
jun/05	29709	111,5	jun/09	31473	125,61	jun/13	31707	144,87	jun/17	35910	135,54
jul/05	29978	113,15	jul/09	34152	131,44	jul/13	34555	152,13	jul/17	33541	138,68
ago/05	30965	115,15	ago/09	35583	130,7	ago/13	35265	151,81	ago/17	32822	140,65
set/05	29940	110,95	set/09	34908	129,81	set/13	34678	147,27	set/17	33302	135,59

out/05	31511	111,33	out/09	36286	132,48	out/13	36571	151,9	out/17	34814	136,81
nov/05	30238	111,73	nov/09	36726	129,62	nov/13	34997	147,79	nov/17	34464	136,15
dez/05	31936	111,25	dez/09	36872	129,23	dez/13	36901	145,77	dez/17	39150	136,7
jan/06	33355	108,55	jan/10	37662	125,81	jan/14	39794	142,72	jan/18	43013	132,96
fev/06	30052	107,8	fev/10	35446	127,61	fev/14	35407	143,53	fev/18	39453	130,79
mar/06	33954	119,09	mar/10	39359	143,44	mar/14	35953	149,03	mar/18	44909	142,57
abr/06	31439	112,61	abr/10	36055	136,87	abr/14	33738	147,69	abr/18	40456	139,79
mai/06	31607	117,19	mai/10	35794	136,52	mai/14	32331	147,14	mai/18	38172	132,96
jun/06	30751	114,4	jun/10	33190	136,09	jun/14	30670	140,88	jun/18	34339	138,27
jul/06	31292	119,41	jul/10	35428	141,64	jul/14	31935	149,85	jul/18	34484	141,86
ago/06	32413	121,06	ago/10	34038	141,55	ago/14	31251	148,27	ago/18	34978	144,23
set/06	30541	116,21	set/10	32611	139,46	set/14	31962	148,12	set/18	33777	136,83
out/06	32018	119,33	out/10	34150	139,33	out/14	33573	149,7	out/18	39255	140,9
nov/06	32091	118,67	nov/10	33698	139,68	nov/14	32052	144,92			
dez/06	32974	116,3	dez/10	36496	136,69	dez/14	32702	145,48			

Fonte: Brazilian Economic Times Series (BETS) e Operador Nacional do Sistema Brasileiro(ONS).

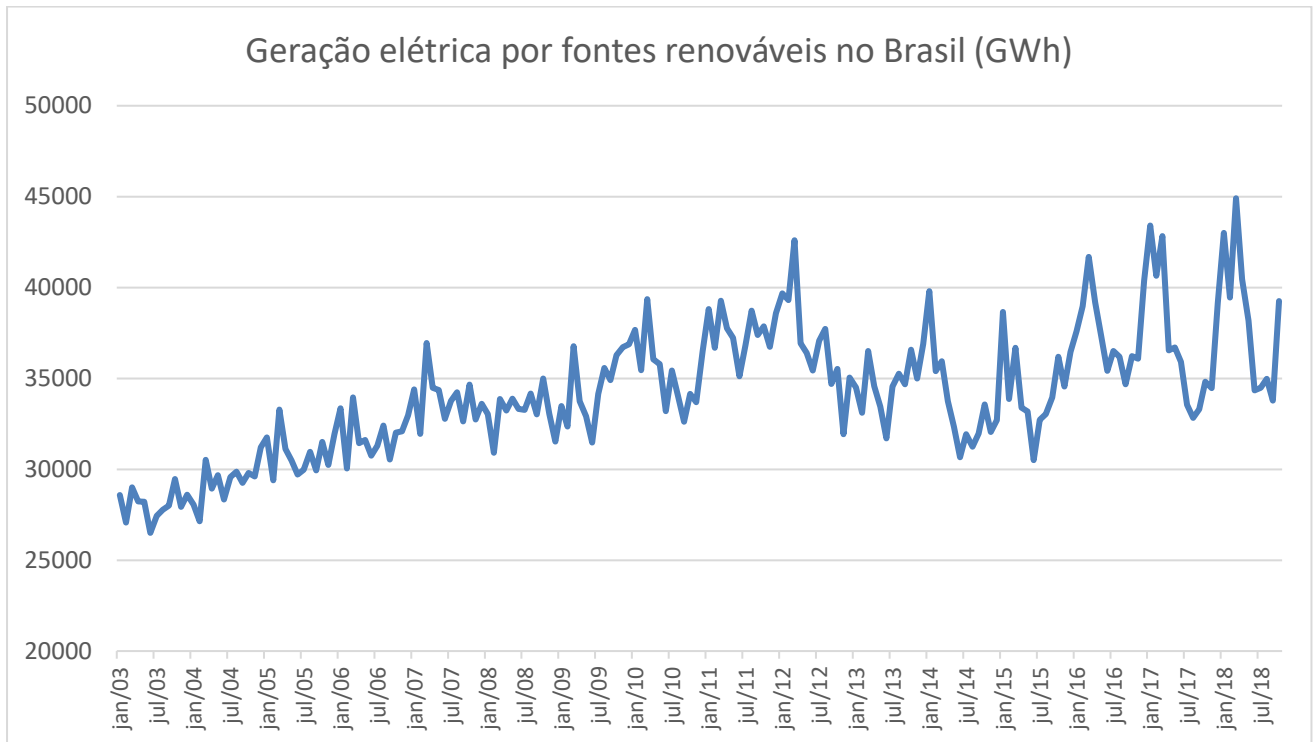
A seguir serão exibidos em gráficos as duas variáveis de objeto de estudo em função do tempo. Os valores pontuais adotados são mensais:

Gráfico 1: Relação Índice de Atividade Econômica do Banco Central com espaço temporal de 2003 até 2018.



Fonte: Brazilian Economic Times Series (BETS).

Gráfico 2: Geração elétrica por fontes renováveis no Brasil com espaço temporal de 2003 até 2018.



Fonte: Operador Nacional do Sistema Brasileiro(ONS).

Para se encaixar ao modelo de VAR, é necessário checar o Lag mais adequado para realizar a cointegração. Utilizando o comando VARselect, que gera o modelo de VAR para diferentes Lags, gerando assim o melhor lag para cada teste específico. foi adotado o Lag máximo como 60, gerando os seguintes resultados:

Tabela 5: Resultados de diferentes Lags para a função VARselect.

```

> ##Select LAGS
> VARselect(relat, lag.max = 60, type = "const") #gives lag
`selection`
AIC(n)  HQ(n)  SC(n)  FPE(n)
   60    60    12    26
$criteria
          1          2          3          4
AIC(n)  1.824913e+01  1.808575e+01  1.809375e+01  1.804037e+01
HQ(n)   1.830317e+01  1.817583e+01  1.821985e+01  1.820251e+01
SC(n)   1.838214e+01  1.830744e+01  1.840411e+01  1.843941e+01
FPE(n)  8.423693e+07  7.154443e+07  7.212848e+07  6.839599e+07
          5          6          7          8
AIC(n)  1.801090e+01  1.79072e+01  1.784269e+01  1.772668e+01
HQ(n)   1.820907e+01  1.81414e+01  1.811292e+01  1.803294e+01
SC(n)   1.849862e+01  1.84836e+01  1.850776e+01  1.848043e+01
FPE(n)  6.643473e+07  5.99231e+07  5.622094e+07  5.011170e+07
          9          10         11         12
AIC(n)  1.767648e+01  1.750156e+01  1.729640e+01  1.697263e+01
HQ(n)   1.801878e+01  1.787989e+01  1.771075e+01  1.742302e+01
    
```

SC(n)	1.851891e+01	1.843266e+01	1.831618e+01	1.808109e+01
FPE(n)	4.771699e+07	4.012083e+07	3.273981e+07	2.373740e+07
	13	14	15	16
AIC(n)	1.690117e+01	1.694278e+01	1.691167e+01	1.686511e+01
HQ(n)	1.738759e+01	1.746523e+01	1.747015e+01	1.745962e+01
SC(n)	1.809830e+01	1.822859e+01	1.828615e+01	1.832827e+01
FPE(n)	2.215836e+07	2.317092e+07	2.254084e+07	2.160312e+07
	17	18	19	20
AIC(n)	1.685783e+01	1.683786e+01	1.671003e+01	1.676341e+01
HQ(n)	1.748838e+01	1.750444e+01	1.741263e+01	1.750205e+01
SC(n)	1.840967e+01	1.847838e+01	1.843922e+01	1.858128e+01
FPE(n)	2.154611e+07	2.123104e+07	1.879371e+07	1.995555e+07
	21	22	23	24
AIC(n)	1.677391e+01	1.677676e+01	1.679219e+01	1.676194e+01
HQ(n)	1.754857e+01	1.758746e+01	1.763892e+01	1.764470e+01
SC(n)	1.868045e+01	1.877198e+01	1.887608e+01	1.893451e+01
FPE(n)	2.031494e+07	2.054013e+07	2.104880e+07	2.062627e+07
	25	26	27	28
AIC(n)	1.667659e+01	1.656993e+01	1.658532e+01	1.663392e+01
HQ(n)	1.759538e+01	1.752476e+01	1.757617e+01	1.766080e+01
SC(n)	1.893784e+01	1.891986e+01	1.902392e+01	1.916119e+01
FPE(n)	1.914769e+07	1.741897e+07	1.792373e+07	1.908926e+07
	29	30	31	32
AIC(n)	1.666411e+01	1.671882e+01	1.674456e+01	1.677378e+01
HQ(n)	1.772703e+01	1.781776e+01	1.787954e+01	1.794479e+01
SC(n)	1.928007e+01	1.942344e+01	1.953787e+01	1.965576e+01
FPE(n)	1.998613e+07	2.147447e+07	2.244902e+07	2.358747e+07
	33	34	35	36
AIC(n)	1.649312e+01	1.647435e+01	1.649817e+01	1.639624e+01
HQ(n)	1.770015e+01	1.771742e+01	1.777727e+01	1.771137e+01
SC(n)	1.946377e+01	1.953369e+01	1.964618e+01	1.963293e+01
FPE(n)	1.821139e+07	1.830458e+07	1.923743e+07	1.786770e+07
	37	38	39	40
AIC(n)	1.639796e+01	1.639166e+01	1.637326e+01	1.636914e+01
HQ(n)	1.774912e+01	1.777885e+01	1.779648e+01	1.782840e+01
SC(n)	1.972332e+01	1.980570e+01	1.987597e+01	1.996053e+01
FPE(n)	1.845139e+07	1.895028e+07	1.928182e+07	1.996173e+07
	41	42	43	44
AIC(n)	1.634626e+01	1.637030e+01	1.619552e+01	1.622154e+01
HQ(n)	1.784155e+01	1.790162e+01	1.776287e+01	1.782492e+01
SC(n)	2.002633e+01	2.013905e+01	2.005294e+01	2.016764e+01
FPE(n)	2.034828e+07	2.181738e+07	1.925077e+07	2.085460e+07
	45	46	47	48
AIC(n)	1.610593e+01	1.607270e+01	1.601340e+01	1.595155e+01
HQ(n)	1.774534e+01	1.774814e+01	1.772487e+01	1.769905e+01
SC(n)	2.014070e+01	2.019615e+01	2.022553e+01	2.025235e+01
FPE(n)	1.970345e+07	2.032371e+07	2.054722e+07	2.086105e+07
	49	50	51	52
AIC(n)	1.597259e+01	1.590474e+01	1.582706e+01	1.574370e+01
HQ(n)	1.775613e+01	1.772430e+01	1.768266e+01	1.763533e+01
SC(n)	2.036207e+01	2.038289e+01	2.039389e+01	2.039921e+01
FPE(n)	2.318742e+07	2.378831e+07	2.441095e+07	2.520171e+07
	53	54	55	56
AIC(n)	1.544780e+01	1.549110e+01	1.543315e+01	1.538609e+01
HQ(n)	1.737546e+01	1.745479e+01	1.743287e+01	1.742184e+01
SC(n)	2.019199e+01	2.032397e+01	2.035469e+01	2.039630e+01
FPE(n)	2.132846e+07	2.576008e+07	2.868329e+07	3.309566e+07
	57	58	59	60
AIC(n)	1.495753e+01	1.483231e+01	1.450134e+01	1.429077e+01
HQ(n)	1.702931e+01	1.694012e+01	1.664519e+01	1.647065e+01
SC(n)	2.005642e+01	2.001987e+01	1.977758e+01	1.965569e+01
FPE(n)	2.690593e+07	3.086858e+07	3.049599e+07	3.686877e+07

Fonte: O Autor.

Estabelecendo os critérios AIC(Akaike information criterion), HQ(Hannan & Quinn - 1979), SC(Schwarz Criterion) e FPE(Final Prediction Error), Podemos selecionar os Lag adequado, gerando:

```
> VARselect(relat, lag.max = 60, type = "const")$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
   60    60    12    26
```

O teste de Cointegração de Johansen pode ser feito de duas formas, A primeira sendo o Teste de Valor máximo de Eigen e a segunda sendo o Teste de Johansen.

Pelo Teste de Valor máximo de Eigen:

```
> cointest <- ca.jo(relat, K = 60, type = "eigen", ecdet =
"const",spec="transitory")
> #Make a ca.jo object to convert in vecm and var (lags k should be minimum 2)
> cointest

#####
# Johansen-Procedure Unit Root / Cointegration Test #
#####

The value of the test statistic is: 2.9433 16.0993

> cointest@teststat[2] #test statistics H0 r=0, to be rejected
[1] 16.09931
> cointest@teststat[1] #test statistics H0 r=1 should not be rejected
[1] 2.943321
> ##take critical values
> cointest@cval
      10pct  5pct  1pct
r <= 1 |   7.52  9.24 12.97
r = 0  |  13.75 15.67 20.20
```

Pelo Teste de Johansen:

```
> #Conduct Johancen Trace Tes
> cointest = ca.jo(relat, K = 60, type = "trace", ecdet =
"const",spec="transitory")
> #Make a ca.jo object to convert in vecm and var (lags k should be minimum 2)
> cointest

#####
# Johansen-Procedure Unit Root / Cointegration Test #
#####

The value of the test statistic is: 2.9433 19.0426

> cointest@teststat[2] #test statistics H0 r=0, to be rejected
[1] 19.04263
```

```
> cointest@teststat[1] #test statistics H0 r=1 should not be rejected
[1] 2.943321
> ##take critical values
> cointest@cval
      10pct  5pct  1pct
r <= 1 |  7.52  9.24 12.97
r = 0  | 17.85 19.96 24.60
```

6. RESULTADOS

Sabendo que o teste de Cointegração de Johansen pode ser feito de duas formas, iremos analisa-las uma por vez, a primeira sendo o Teste de Valor máximo de Eigen e a segunda sendo o Teste de Johansen, respectivamente.

De acordo com o Teste de Valor máximo de Eigen obtivemos os seguintes dados estatísticos: 2.9433 e 19.0426

Em seguida são apresentados os testes estatísticos passivos, caso o valor dentro dos colchetes que antecedem o número seja 1, não podemos rejeitar a hipótese nula, caso seja 0, podemos rejeitar a hipótese nula e assumir cointegração.

```
> cointest@teststat[2] (Teste estatístico para o valor mais alto)
```

```
[1] 16.09931
```

```
> cointest@teststat[1] (Teste estatístico para o valor mais baixo)
```

```
[1] 2.943321
```

Como o valor obtido possuem $r=1$, não podemos negar a Hipótese Nula. Valores críticos obtidos:

Porcentagem	10%	5%	1%
Valor de r			
$r \leq 1$	7.52	9.24	12.97
$r = 0$	17.85	19.96	24.60

Como o valor 16.09931 é maior do que 19.96, não podemos rejeitar a Hipótese nula. Como o valor 2.94332 é menor do que 9.24, não podemos rejeitar a Hipótese nula. Concluimos que não existe cointegração em nenhum dos vetores.

De acordo com o Teste de Johansen obtivemos os seguintes dados estatísticos: 2.9433 e 19.0426

Em seguida são apresentados os testes estatísticos passivos, caso o valor dentro dos colchetes que antecedem o número seja 1, não podemos rejeitar a hipótese nula, caso seja 0, podemos rejeitar a hipótese nula e assumir cointegração.

```
> cointest@teststat[2] (Teste estatístico para o valor mais alto)
```

```
[1] 19.04263
```

```
> cointest@teststat[1] (Teste estatístico para o valor mais baixo)
```

```
[1] 2.943321
```

Como o valor obtido possuem $r=1$, não podemos negar a Hipótese Nula. Valores críticos obtidos:

Porcentagem	10%	5%	1%
Valor de r			
$r \leq 1$	7.52	9.24	12.97
$r = 0$	17.85	19.96	24.60

Como o valor 19.04263 é maior do que 19.96, não podemos rejeitar a Hipótese nula. Como o valor 2.94332 é menor do que 9.24, não podemos rejeitar a Hipótese nula. Concluimos que não existe cointegração em nenhum dos vetores.

7. CONCLUSÃO

É imprescindível que em um breve futuro para a humanidade teremos que depender de fontes de energias inesgotáveis por ciclo, caso contrário eventualmente não existirá mais recursos energéticos. O planeta já tem possuí 13% de energia em suas redes interligadas dependentes de fontes de energias renováveis e essa porcentagem tem aumentado com o decorrer dos anos. A sociedade está cada vez mais conscientizada sobre a poluição e a diminuição de recursos. Grandes empresas, como a Telsa, movimentam o comércio para a não dependência dos combustíveis fósseis.

O tratamento estático do desenvolvimento socioeconômico e do uso de energia renováveis do Brasil dependem de diversos fatores, índices que medem os fatores socioeconômico, fluxo de importação e exportação de energia, perdas nas linhas de transmissão, incentivo governamental e comercial, mas acima de tudo, baseando em demais obras que também tratam dos relacionamentos de energia e a prosperidade social e econômica de um país, seria de que esse relacionamento não é linear. Existe a necessidade do incremento estatístico mais aperfeiçoado, não linear e com um objetivo de testar a relação tratada neste artigo.

Contudo, baseando-se no tratamento linear do método de VAR e de Cointegração de Johansen, de que não existe correlação entre o desenvolvimento socioeconômico com o uso de energias renováveis no Brasil. Provando que das hipóteses expostas, mais adequada para o Brasil, em relação aos renováveis, seria a Hipótese de Neutralidade. Suportando o padrão de modelo de Solow, deferindo que o crescimento econômico não depende de energia. De acordo com a hipótese de neutralidade, o consumo de energia tem um papel menor no processo de crescimento econômico, e isso implica que as políticas de conservação de energia não afetariam o crescimento e que o crescimento não afeta o consumo de energia.

Recomenda-se um continuação nas pesquisas com o foco em metodologias de análise não lineares para a obtenção de resultados mais precisos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coelho, Daniel. **Os 7Cs da Energia Solar Fotovoltaica**. Escola da Energia. Disponível em: <http://fotovoltaica.metodo7c.com/bonus/content/7898>. Acesso em: 25 jun. 2018.

Wadström, Christoffer; Wittberg, Emanuel. **Renewable energy and economic growth in Canada and the U.S.: – A nonlinear tale of two countries**. Linköping: Jun. 2018.

Berlinger, Edina; Illés, Ferenc; Vadász, Tamás. **Mastering R for Quantitative Finance**. Jul. 2016.

Villalva, M. Gradella; Gazali, J. Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceito e Aplicações**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2012. Goiânia: jan. 2015. ISBN 978-85-365-0416-2

ENGENHARIA ELÉTRICA, EMC. Disponível em: <https://www2.emc.ufg.br/p/4476-engenharia-eletrica>. Acesso em: 25 Ago. 2018.

Empresas de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 ano base 2017**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. 2018

Sneideman, Joshua. **Um guia da energia da Terra**. TED-Ed, 30 jun. 2014. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=fHztd6k5ZXY> >. Acesso em: 28 nov. 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4;

Balanco Energético Nacional 2018. **Anuário Estatístico de 2018 – Ano Base 2017**. Elaboração: EPE. Ministério de Minas e Energia. Brasília: jan. 2018.

Um futuro com energia sustentável: Iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP, 2010. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>>

Campioni, P. S. **Diferenças entre energias renováveis e limpas: Afinal, existe diferença entre elas?** Disponível em: <<http://greenbras.com/uncategorized/diferencas-entre-energias-renovaveis-e-limpas-afinal-existe-diferenca-entre-elas/>>

Rosei, Federico; Rosei, Renzo. **Can 100% renewable energy power the world?**. TED-Ed, 7 dez. 2017. Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=RnvCbquYeIM> >. Acesso em: 28 nov. 2018.

Correio Braziliense: Economia. **Brasil atrai investimentos e se torna referência em energias renováveis**. 2018. Disponível em: < <https://bit.ly/2MJy3Jk> >

Apêndice - Relação de estudos em atividade econômica e energia renovável.

Reference Names, (Year)	Country(s)	Period	Method	Variables	Results*	Policy implicatons
Sadorsky (2009)	18 emerging economies	1994-2003	Panel cointegration test Panel causality test	Y, RE,	LR: $Y \Rightarrow RE$	Economic growth will increase the use of renewable energy in emerging economies. Hence focus on economic growth I those countries might have positive side effects in reducing emissions from energy production.
Payne (2009)	US	1949-2006	Toda-Yamamoto causality	Y, RE, NRE	$Y \Leftrightarrow RE$ $Y \Leftrightarrow NRE$	Neutrality hypothesis is supported for the US.
Menegaki (2010)	27 European countries	1997-2007	PVECM, Panel causality test	Y, % of RE	$Y \Leftrightarrow RE$	Neutrality hypothesis is supported for the European countries. Policies that supports investment and development in renewable energy is required.
Tiwari (2011)	India	1960-2009	Structural VAR (SVAR) with bootstrapping	Y, RE, CO2-emissions	$RE \Rightarrow Y$, $RE \Rightarrow CO_2$, $Y \Rightarrow CO_2$	Increase in the RE share may initially increase CO2. Indian government may need to complement RE support with other CO2-emissions reducing policies.
Nicholas Apergis, James E. Payne (2012)	80 (including Sweden)	1990 - 2007	Multivariate panel framework (FMOLS,PVECM, Granger two-step)	Y, RE, NRE, K, L	Short run: [All Var \Rightarrow [$Y \Rightarrow +RE$], [$NRE \Rightarrow -RE$], [$Y, K \Rightarrow +NRE$], [$RE \Rightarrow -NRE$], [$Y, NRE, L \Rightarrow +K$], [$Y, K \Rightarrow +L$]] Long term: [$NRE, RE \Leftrightarrow Y$]	Short term implications: Absent causality between K, L and RE. Bidirectional causality between K and NRE, indicating prevailing capital intense infrastructure, associated with reliance on current NRE. The impact of RE to NRE and vice versa, indicates substitutability between the energy sources in the short term. Long term implications: Feedback hypothesis, NRE, RE and GDP are interdependent. Policies that enhance RE, NRE have a positive influence on economic growth.
Arouri et. al. (2014)	France	1960-2011 (Annual)	Asymmetric causality test	E, Y	$E \leftarrow G$	Policy makers should make sure that the normal energy consumption level can be withheld.
Kula. (2014)	19 OECD countries	1980–2008	PVECM (Panel Vector Error correction model) DOLS (Dynamic ordinary least squares)	Y, REC (renewable electricity consumption)	$G \Rightarrow RE$	Investments in renewable energy won't lead to economic growth in OECD countries. Conversation hypothesis is valid for RE in OECD-countries.

Salim et al (2014)	29 OECD-countries (including Sweden)	1980–2011	Panel cointegration, "Paseran's long run Common Correlated Effects Mean Group (CCEMG) estimates", Pooled Mean Group (PMG)	Y, Industrial Value (IV), K, L, RE, NRE	LR: Cointegration was found; RE \Rightarrow Y, NRE \Rightarrow G, SR: RE \Rightarrow G, NRE \Leftrightarrow G, RE \Leftrightarrow IV, NRE \Leftrightarrow IV, RE \Leftrightarrow NRE	Both RE and NRE are engines of growth in these countries but the effect of NRE is larger. Policy interventions may be needed to enhance the transformation towards clean energy.
Chang, et al. (2015)	G7	1990 - 2013 annual data	Multivariate panel framework	Y, RE (wind, geothermal, solar, bio- mass, waste)	Cross sectional dependence, [RE \Rightarrow +Y] for CAN, FR, JPN. (N.B Fukushima and CE-fund CAN and Energy bill in FR may be relevant for results.)	Neutrality hypothesis indication for GER, ITA, UK, US. Unidirectional relationship from RE to GDP for CAN, FR, JPN. For the first group of country's promotions of RE will little to no effect on GDP. And further growth will not contribute to generation of more RE. For CAN, FR, JPN RE promoting policy's will lead to higher growth rates, and more RE production.
Ohler & Fetters (2015)	20 OECD countries	1990-2008	PVECM	Y, RE	HE \Rightarrow Y, WE \Rightarrow Y. Also, negative causal effect from biomass to Y	Energy conservation policies could positively impact GDP. However, that requires that the policies cause decreases in biomass or waste energy and increase hydroelectricity and wind energy.
Bilgili & Ozturk (2015)	G7 countries	1980-2009	Panel unit root analyses. panel cointegration analyses. ordinary OLS. dynamic OLS analyses.	Y, RE (BIOMASS), K (capital), L (human capital index)	RE \Rightarrow Y	Energy policies which improve the biomass energy infrastructure and biomass supply might both reduce CO2-emissions and lead to increased economic growth in G7 countries.
Cho et al. (2015)	80 countries	1990–2010	PVECM	Y, RE, K, L	Non-OECD : RE \Leftrightarrow G OECD: G \Rightarrow RE	Policies to increase renewable energy consumption will increase economic growth in less- developed countries but not in developed countries. Less-developed countries should adopt policies that supports renewable energy while developed countries needs to reduce dependency on non-renewables in order to accelerate the transformation process to renewables.
Ibrahiem (2015)	Eqypt	1980-2011	Auto Regressive Distributed Lag (ARDL)	Y, REC (renewable electricity consumption, FDI (foreign direct investment)	LR: Y \Leftrightarrow RE	Feedback hypothesis is supported. Policies that enhances a transformation towards renewable energy should be applied. This will support a beneficial transformation towards renewable energy and increase economic growth

Dogan & Ozturk (2017)	U.S.	1980-2014	Gregory-Hansen cointegration test	Y, RE, NRE	RE \Rightarrow Y	Policies that supports renewable energy in the U.S. might have a positive effect on economic growth.
Troster, et al. (2018)	U.S.	1989-2016 (monthly)	Quantile granger causality	IPI, RE	RE \Leftrightarrow IPI, at the lowest tail of the distribution;	Renewable energy has a positive impact on the U.S. economy in the short run.
Christoffer & Emanuel (2018)	U.S. and Canada	1966 – 2015 in U.S. and 1973 – 2015 in Canada	Unit Root Test. Var model. Cointegration test. Granger Causality Test in mean. Asymmetric Granger Causality Test. Quantile regression. Quantile autoregressive model and quantile causality	Y, REC (renewable electricity consumption)	RE \Rightarrow Y	Renewable energy and economic growth in Canada and the U.S. – A nonlinear tale of two countries

Fonte: Wadström, Christoffer; Wittberg, Emanuel. Renewable energy and economic growth in Canada and the U.S.: – A nonlinear tale of two countries.