



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA–UnB
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FACE)
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ATUARIAIS (CCA)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS (PPGCONT)

EMERSON SANTANA DE SOUZA

**DETERMINANTES DAS EMISSÕES DE CO₂ NOS PAÍSES
SIGNATÁRIOS DO PROTOCOLO DE QUIOTO: O IMPACTO DA
ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL**

BRASÍLIA
2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

Reitora:

Professora Doutora Márcia Abrahão Moura

Vice-Reitor:

Professor Doutor *Enrique Huelva*

Decano de Pós-Graduação:

Professora Doutora Adalene Moreira Silva

Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade:

Professor Doutor Paulo César de Melo Mendes

Chefe do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais:

Professor Doutor José Antônio da França

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis:

Professor Doutor César Augusto Tibúrcio Silva

EMERSON SANTANA DE SOUZA

DETERMINANTES DAS EMISSÕES DE CO₂ NOS PAÍSES
SIGNATÁRIOS DO PROTOCOLO DE QUIOTO: O IMPACTO DA
ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO-RENOVÁVEL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Contábeis, do Departamento de
Ciências Contábeis e Atuariais, da Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade, da
Universidade de Brasília.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Fátima de Souza Freire
Universidade de Brasília - UnB
Orientadora

Prof. Dr. Paulo Augusto Pettenuzzo de Britto
Universidade de Brasília - UnB
Examinador Interno

Prof. Dr. Altair Borgert
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Examinador Externo

Profa. Dra. Maisa de Souza Ribeiro
Universidade de São Paulo – USP/RP
Examinador Externo

Prof. Dr. José Matias Pereira
Universidade de Brasília - UnB
Examinador Suplente

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, pelo auxílio nos momentos difíceis, principalmente à minha mãe, pelo incentivo, exemplo e pelo café delicioso acompanhado de palavras de carinho, que tanto me ajudam a enfrentar os desafios que a vida oferece. Ao meu pai agradeço pelas palavras de otimismo e exemplo de atitude positiva diante das situações adversas.

A Deus agradeço por ter sempre colocado pessoas boas em meu caminho, sem as quais eu jamais teria chegado até aqui. Externo minha imensa gratidão a Ele.

Agradeço à minha amada companheira Vanessa de Queiroz Nunes, pela paciência, pelo apoio e, principalmente, pelo amor.

Minha gratidão às minhas filhas, Priscilla e Gabriela, pelo carinho e apoio que me dispensam sempre que preciso. Amo muito vocês, filhas. Agradeço também ao Matheus, meu filho do coração, pelo seu exemplo de esforço e empenho nos estudos.

À minha orientadora, Professora Dra. Fátima de Souza Freire, por todo seu apoio ao longo desse período, por me fazer acreditar que é possível realizar mais e melhor. Agraço ainda pela sua paciência, simpatia, bom humor e por me atender sempre que precisei.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da UnB pelos ensinamentos ao longo das disciplinas do curso. Agradeço o apoio da equipe técnica do PPGCONT/UnB, Inez e Sara. Aos meus colegas/amigos da turma, por todo o apoio, toda a dedicação e união durante o curso

Agradeço aos avaliadores do projeto de qualificação, Profa. Dra. Maísa de Souza Ribeiro e Prof. Dr. Altair Borgert por suas contribuições valiosas para com esta pesquisa. Também agradeço aos avaliadores da banca de defesa final, Profa. Dra. Maísa de Souza Ribeiro, Prof. Dr. Altair Borgert e ao Prof. Dr. Paulo Augusto Pettenuzzo de Britto pelas fundamentais contribuições.

Aos professores e técnicos da FACE-UFG, em especial aos professores do curso de Ciências Contábeis, pela paciência e pelo apoio de sempre.

EMERSON SANTANA DE SOUZA

DETERMINANTES DAS EMISSÕES DE CO₂ NOS PAÍSES
SIGNATÁRIOS DO PROTOCOLO DE QUIOTO: O IMPACTO DA
ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, da Universidade de Brasília.

Orientadora: Prof^a. Dra. Fátima de Souza Freire

Área de Concentração: Mensuração Contábil
Linha de Pesquisa: Impactos da Contabilidade no Setor Público, nas Organizações e na Sociedade

BRASÍLIA
2018

De Souza, Emerson Santana

DETERMINANTES DAS EMISSÕES DE CO₂ NOS PAÍSES SIGNATÁRIOS DO PROTOCOLO DE QUIOTO: O IMPACTO DA ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL / Emerson Santana de Souza – Brasília, DF, 2018.

109 f.

Orientadora: Profa. Dra. Fátima de Souza Freire

Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis – FACE. Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis (PPGCONT).

1. CO₂. 2. EKC. 3. Crescimento Econômico. 4. Energia Renovável. 5 Energia não Renovável. Protocolo de Quioto.

RESUMO

O objetivo do estudo foi identificar o impacto da energia renovável e não renovável na determinação das emissões de CO₂ nos países signatários do protocolo de Quioto, no período de 1990 a 2014. Estudos que buscam identificar os fatores determinantes das emissões de CO₂ utilizam o consumo agregado de energia, ignorando a questão da dependência *cross-sectional* (transversal) entre os países, o que pode levar a erros de previsão. O modelo utilizado foi o *Environmental Kuznets Curve* (EKC), que determina que a poluição aumenta com a renda nos estágios iniciais de crescimento econômico, mas depois de certo ponto, o aumento da renda leva à melhoria ambiental. Utilizou-se análise estatística de dados em painel, considerando a dependência transversal (*cross-sectional*) entre os países. Os resultados demonstraram que: i) para 1% de aumento na renda dos países (PIB), houve um incremento de 0,52% nas emissões de CO₂; ii) o aumento de 1% no consumo de energia de fontes renováveis teve o efeito positivo de reduzir em 0,11% o nível das emissões; iii) já o aumento no consumo de energia de fontes não renováveis agravou o problema das emissões de dióxido de carbono em 0,76%. Das variáveis de controle introduzidas no modelo, apenas a abertura comercial se mostrou significativa, evidenciando que o aumento de 1% no comércio internacional provocou um acréscimo de 0,05% nas emissões de CO₂. Na presença da EKC, os efeitos esperados para PIB e PIB² sobre as emissões devem ser positivos e negativos, respectivamente. Como isso não ocorreu, pode se afirmar que a hipótese EKC não é válida para os países signatários do protocolo de Quioto no período pesquisado.

Palavras-chave: 1. CO₂. 2. EKC. 3. Crescimento Econômico. 4. Energia Renovável. 5 Energia não Renovável. Protocolo de Quioto.

ABSTRACT

The objective of the study was to identify the impact of renewable and non-renewable energy in the determination of CO₂ emissions in the countries that are signatories to the Kyoto Protocol, from 1990 to 2014. Studies that identify the determinants of CO₂ emissions use aggregate consumption of energy, ignoring the issue of cross-sectional (cross-border) dependence between countries, which can lead to forecasting errors. The model used was the Environmental Kuznets Curve (EKC), which determines that pollution increases with income in the early stages of economic growth, but after a certain point, increased income leads to environmental improvement. Statistical analysis of panel data was used, considering the cross-sectional dependence between countries. The results showed that: i) for 1% increase in the countries' income (GDP), there was a 0.52% increase in CO₂ emissions; (ii) the 1% increase in energy consumption from renewable sources had the positive effect of reducing the level of emissions by 0.11%; (iii) the increase in energy consumption from non-renewable sources has already aggravated the problem of carbon dioxide emissions by 0.76%. From the control variables introduced in the model, only the commercial opening proved to be significant, evidence that the 1% increase in the level of international trade caused a 0.05% increase in CO₂ emissions. In the presence of EKC, the expected effects on GDP and GDP² on emissions should be positive and negative, respectively. As it did not occur, it can be affirmed that the EKC hypothesis is not valid for the Kyoto protocol countries in the period studied.

Keywords: 1. CO₂. 2. EKC. 3. Economic Growth. 4. Renewable Energy. 5 Non-Renewable Energy. The Kyoto Protocol.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 1 – Triple Botton Line	24
Figura 2 - Curva Ambiental de Kuznets.....	52
Figura 3 – Direcionadores do crescimento econômico e degradação ambiental	54
Figura 4 - Etapas do Desenvolvimento Econômico	55
Figura 5 – Testes para escolha do melhor método para estimação dos coeficientes.....	81
Quadro 1 – Protocolo de Quioto: mecanismos de flexibilização.....	38
Quadro 2 – Estudos sobre total de energia consumida na literatura sobre meio ambiente e crescimento econômico	59
Quadro 3 – Justificativa das variáveis	67
Tabela 1 – Estatística descritiva das principais variáveis para os países do Anexo I	73
Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis para os países do G7.....	75
Tabela 3 – Resultado do teste de dependência cross-sectional de Pesaran	77
Tabela 4 – Resultado do teste do painel de raiz unitária.....	78
Tabela 5 - Resultado do teste de cointegração LM bootstrap	79
Tabela 6 - Resultado da análise de correlação das variáveis	83
Tabela 7 - Resultado da análise dos dados em painel (países do Anexo I).....	86
Tabela 8 - Resultado da análise dos dados em painel (países do G7)	89
Tabela 9 - Painel do teste de causalidade de Granger	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Abertura Comercial
CENR	Consumo de Energia de Fontes Não Renováveis
CER	Consumo de Energia de Fontes Renováveis
CO ₂	Dióxido de Carbono
COP	Conferência das Partes
DF	Desenvolvimento Financeiro
EEA	Agência Ambiental Europeia
EKC	Environmental Kuznets Curve
GEE	Gás do Efeito Estufa
NAFTA	Tratado de Livre Comércio das Américas
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
TBL	<i>Triple Botton Line</i>
UE	União Europeia
URB	Urbanização
WCED	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA.....	13
1.2	OBJETIVO.....	18
1.3	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS	18
2	A CONTABILIDADE E O MEIO AMBIENTE	22
2.1	A TEORIA DA CONTABILIDADE E A IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO	22
2.2	CONTABILIDADE AMBIENTAL.....	23
2.3	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: UM PROBLEMA DE TODOS.....	26
2.3.1	Conferência de Estocolmo: 1972	26
2.3.2	Rio 92.....	29
2.3.3	Cúpula do Milênio: 2000.....	31
2.3.4	Joanesburgo: 2002.....	32
2.3.5	Rio + 20: 2012.....	32
2.3.6	Acordo do Clima de Paris: 2015.....	34
2.4	MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO.....	36
2.4.1	Protocolo de Quioto – Surgimento	36
2.4.2	Protocolo de Quioto: mecanismos de flexibilização	37
2.4.3	Crédito de Carbono: Fatores Determinantes.....	39
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E HIPÓTESES DA PESQUISA.....	41
3.1	ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO	41
3.1.1	Recursos comuns.....	41
3.1.2	A Tragédia dos comuns.....	42
3.1.3	Direitos de propriedade	43
3.1.4	Impostos, subsídios governamentais e regulamentação.....	44
3.1.5	Licenças negociáveis para poluição.....	45

3.2	CRESCIMENTO ECONÔMICO, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE	46
3.3	CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS (EKC).....	50
3.3.1	Fundamentação Econômica da EKC.....	52
3.3.2	Limitações da EKC.....	56
3.4	DESENVOLVIMENTO DAS HIPÓTESES DA PESQUISA.....	57
4	DESENHO DA PESQUISA.....	64
4.1	MÉTODO.....	67
4.2	TESTE DE INDEPENDÊNCIA TRANSVERSAL E TESTES DE RAIZ UNITÁRIA	70
4.3	TESTE DE COINTEGRAÇÃO	70
4.4	TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER.....	71
5	ANÁLISE DO RESULTADO.....	72
5.1	BREVE DESCRIÇÃO DOS DADOS	72
5.2	DETECÇÃO DA DEPENDÊNCIA MÚTUA ENTRE OS PAÍSES	76
5.3	EFEITO DA OSCILAÇÃO DOS DADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO	77
5.4	NATUREZA DA RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS	78
5.5	ESTIMAÇÃO DOS COEFICIENTES.....	80
5.5.1	Países do Anexo I	84
5.5.2	Países do G7.....	87
5.6	AS VARIÁVEIS E SUAS CAUSAS.....	91
5.7	CONTRIBUIÇÃO COM A TERIA EKC	93
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	REFERÊNCIAS.....	99

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA

Tendo em vista as crescentes consequências dos problemas climáticos vivenciados nos últimos tempos, a questão ambiental tornou-se tema recorrente de discussão. A ameaça de esgotamento dos recursos naturais, aliada ao aumento da poluição, está fazendo com que o desenvolvimento sustentável seja bastante debatido na sociedade civil (OLIVEIRA; GADELHA, 2014). Embora a preocupação com as mudanças climáticas tenha se intensificado somente no final do século passado, em estudo realizado já no século XIX, Fourier (1878), ao tentar explicar o fim da era glacial, apontou que os gases na atmosfera funcionam como uma estufa, retendo o calor dos raios solares.

Para Ribeiro (2006), a solução dos problemas ambientais exige a contribuição de todos os segmentos da sociedade e o desenvolvimento dos diversos ramos do conhecimento, cada um contribuindo de acordo com seu potencial, campo de atuação e habilidades práticas. Por exemplo, a biologia discute as consequências dos desequilíbrios ambientais sobre a fauna e a flora; a medicina se preocupa com as consequências da poluição sobre a vida das pessoas; o direito ambiental estuda as interações do homem com a natureza e os mecanismos legais para proteção do meio ambiente e assim por diante.

Dessa forma, é importante discutir quais as contribuições que a Contabilidade, a exemplo das demais ciências, pode oferecer. A função da contabilidade na sociedade é a de relatar como as organizações usam recursos, o status desses recursos e suas reivindicações sobre eles (SCHROEDER; CLARK; CATHEY, 2005). Hopwood (2009), ao considerar o envolvimento da contabilidade com as questões ambientais, discute o problema surgido da contabilização das licenças de crédito de carbono. Aqueles autores consideram ser esta uma importante contribuição da ciência contábil para mitigar os problemas de emissões de Gás do Efeito Estufa (GEE).

Em enfoque mais amplo, fica evidente o papel da contabilidade na mitigação dos problemas ambientais na medida em que as organizações estão gradativamente

sendo responsabilizadas pelas suas externalidades negativas. Ao oferecer instrumentos para que as organizações registrem suas externalidades, a Contabilidade exerce dois papéis importantes: o primeiro é o de relatar para a sociedade como as organizações estão impactando o meio ambiente; o segundo é o de legitimar as operações dessas empresas.

Contudo, um problema importante para a economia ambiental é o desenvolvimento de um apropriado sistema de estimativa e contabilização dos danos ambientais. Percebe-se o esforço para se avaliar os recursos naturais como água, floresta, minerais e emissões de poluentes (MULLER; MENDELSON; NORDHAUS, 2011). A instituição do mercado de crédito de carbono, que confere à instituição detentora do título (*Allowance*)¹ o direito de poluir, representa a adoção das ideias dos economistas neoclássicos para mitigar o problema da emissão de gás de efeito estufa (GEE). Assim, para Hopwood (2009) o ponto de convergência das questões ambientais com a contabilidade foi a criação de um mercado para as emissões de CO₂.

No entanto, antes de se desenvolver apropriado sistema de contabilização das externalidades negativas, surgidas em função das emissões de CO₂, é necessária a estimativa dessas emissões (externalidades). O entendimento de quais são os fatores principais que determinam as emissões de CO₂ é importante na definição e implementação de ações para redução dos GEE.

A relação entre qualidade ambiental e produto interno bruto (PIB), quando representada graficamente, apresenta a forma da letra “U” invertida, denotando que a degradação ambiental cresce concomitantemente ao crescimento do PIB até certo nível (ponto de inflexão) e depois vai decrescendo enquanto que a renda do país continua evoluindo. É esta a hipótese da *Environmental Kuznets Curve* (EKC), a qual tem sido usada pelos que defendem o desenvolvimento econômico como uma prioridade em relação ao meio ambiente. A ideia básica é a de que o desenvolvimento só causa grandes problemas ambientais em suas etapas iniciais (ALVES, 2012).

¹ Uma *Allowance* autoriza uma organização a emitir uma tonelada de GEE durante um determinado período. *Allowances* são totalmente negociáveis. Uma vez emitidas, elas podem ser compradas, vendidas, negociadas ou depositadas para uso em anos futuros (INVESTOPEDIA, 2016).

Estudos têm investigado a presença da EKC em muitos países. Akbostanci *et al* (2009) estudaram a relação entre qualidade ambiental e rendas da Turquia por meio da técnica de dados em painéis e séries temporais. Fodha e Zaghdoud (2010) estudaram a relação entre as emissões de poluentes e o crescimento econômico na Tunísia. Mais recentemente Dogan e Turkekul (2016) investigaram a relação entre a emissão de poluentes e variáveis econômicas nos Estados Unidos. Lee e Lee (2009) da mesma forma investigaram a relação entre renda e emissão de CO₂ em 109 países.

Ao mesmo tempo em que o consumo de energia foi se tornando cada vez mais utilizado como variável explicativa para a degradação ambiental, a hipótese EKC passou a ser amplamente analisada na literatura (DOGAN; TURKEKUL, 2015). A literatura sobre o nexos consumo energético, meio ambiente e renda é abundante (AL-MULALI; SABOORI; OZTURK, 2015). Assim, a relação entre consumo de energia, PIB e degradação ambiental deve ser testada levando-se em conta segmentos particulares da economia em vez de testar a validade da hipótese EKC utilizando modelo econométrico com CO₂ regressando contra PIB, e consumo de energia (DOGAN; TURKEKUL, 2015). Dessa forma, na tentativa de eliminar o viés advindo de possíveis variáveis omitidas, recorre-se ao estado da arte na busca de adicionar variáveis significativas ao citado modelo básico.

Estudos empíricos recentes propõem o modelo EKC modificado através da inclusão de Abertura Comercial como variável para explicar as mudanças nas emissões de dióxido carbono, bem como para lidar com variáveis omitidas (HALICIOGLU, 2009; JEBLI; YOUSSEF; OZTURK, 2016). Aumentos no nível de Abertura Comercial podem ter impacto nas emissões de CO₂ através do efeito da composição, efeitos de escala e tecnologia (GROSSMAN; KRUEGER, 1991; FARHANI; CHAIBI; RAULT, 2014). O efeito da composição pode ser entendido como a realocação da cesta de bens e serviços negociada por certo país. Dessa forma, o livre comércio permite que determinado país se especialize na produção de bens e serviços para os quais possuem vantagens competitivas. Assim, esta composição impacta os níveis de emissões de CO₂ na medida em que pode demandar maior ou menor consumo energético em sua estratégia produtiva. Efeito de escala significa que aumento nas vendas leva ao aumento do PIB, que leva ao maior consumo de energia, implicando no aumento das emissões de CO₂. Por fim, o efeito tecnologia pode

representar menor consumo energético em função da eficiência na produção de bens e serviços (FARHANI; CHAIBI; RAULT, 2014).

Segundo Dogan e Turkekul (2016), outra variável que recentemente começou a ser introduzida no modelo é a urbanização. Para esses autores, um possível impacto da urbanização na degradação ambiental pode ser inferido da ideia de que aumento na população urbana resulta em maior produção industrial, maior necessidade de transporte, maior consumo de energia e emissão de gases. Dentre os principais estudos que introduziram as variáveis Abertura Comercial (AC) e Urbanização (URB) ao modelo inicial para teste da hipótese EKC destacam-se as pesquisas de Dogan e Turkekul (2015), Martínez-Zarzoso e Maruotti (2011), Sharif Hossain (2011) e Sharma (2011).

O Desenvolvimento Financeiro (DF) é outra variável adicionada ao modelo. A explicação para a utilização desta variável passa pelo entendimento de que o DF de um país pode levar a baixos custos de capital, baixa taxa de juros e melhor rede de agentes superavitários dispostos a emprestar recursos em condições melhores do que as verificadas em países pouco desenvolvidos nesta área. Neste cenário, os empreendedores apresentam melhores condições de investir em máquinas e equipamentos, resultando em mais consumo de energia e emissão de CO₂. Em países com alto DF, pessoas que possuem baixa renda possuem acesso a linhas de créditos com taxas de juros mais baixas. Isso facilita a compra de casas, automóveis e bens duráveis (TV, máquina de lavar, refrigeradores), o que aumenta a renda do país (PIB), o consumo de energia e a emissão de poluentes. Em contrapartida, o DF pode reduzir o consumo de energia e a emissão de poluentes, uma vez que a disponibilidade de capital a custos mais baixos pode financiar novas tecnologias estimulando a eficiência energética (DOGAN; TURKEKUL, 2015). Em estudo para estimar o impacto do DF sobre o consumo de energia dos países pertencentes ao *Gulf Cooperation Concil* (GCC) Al-Mulali e Lee (2013) evidenciaram impacto positivo do PIB, DF, URB e AC sobre o consumo de energia. Além deles, Tamazian; Chousa e Vadlamannati (2009), Ozturk e Acaravci (2013), Dogan e Turkekul (2016) consideraram AC e DF no modelo EKC básico.

Poucos são os estudos que consideram os impactos de uma ou duas variáveis dentre desenvolvimento financeiro, abertura comercial e urbanização quando do

estudo da influência do consumo de energia e PIB sobre a qualidade ambiental (DOGAN; TURKEKUL, 2016). Além disso, esses estudos chegam a diferentes conclusões acerca do impacto positivo ou negativo daquelas variáveis sobre o meio ambiente (nível de emissão de CO₂) bem como sobre a verificação da hipótese EKC.

Recentemente, um grande número de pesquisas empíricas tem sido conduzido sobre a relação entre determinados indicadores e a degradação ambiental (BÖLÜK; MERT, 2014). No entanto, nenhuma delas investigou os determinantes de emissões de CO₂ nos países signatários do Protocolo de Quioto², buscando verificar a hipótese EKC. Dos poucos estudos nesse sentido, não se encontrou nenhum que verifica a influência do PIB, consumo de energia segregado por fontes renováveis e não renováveis, abertura comercial, desenvolvimento financeiro e urbanização dentro do modelo EKC.

Assim, esta pesquisa tem como grupo de estudo os países signatários do Protocolo de Quioto, classificados no Anexo I daquele documento. Os países do citado anexo são os que se comprometeram a reduzir as emissões dos GEE aos níveis das suas emissões verificadas no ano de 1990. Esse grupo é formado pelos seguintes países: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bielo-Rússia, Bulgária, Canadá, Comunidade Europeia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia, Ucrânia e Estados Unidos³.

Embora o interesse de investigação desta pesquisa seja os países do Anexo I, para melhor compreensão e comparação dos resultados, serão investigados também os países do G7, uma vez que esse grupo reúne sete das economias mais prósperas do mundo, que são: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão e Reino

² O Protocolo de Quioto é um acordo internacional criado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, aprovado na cidade de Quioto, no Japão, em 1997 e que entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Seu principal objetivo é estabilizar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e assim frear o aquecimento global e seus possíveis impactos (UNFCCC, 2015).

³ Os Estados Unidos não ratificaram sua participação no processo de redução das emissões dos GEE, mas continuam com as responsabilidades e obrigações anteriormente definidas. Por isso foi considerado como parte da amostra.

Unido. A princípio tentou-se estudar mais um grupo de controle, que seria formado pelas economias mais pobres do mundo. Embora essas economias façam parte da base de dados do Banco Mundial, talvez até por falta de *accountability* desses países, os dados lá disponibilizados eram insuficientes para quaisquer inferências econométricas.

A UE tem conseguido reduzir suas emissões, cumprindo as metas estabelecidas no protocolo de Quioto. Além disso, estudo conduzido por Dogan e Seker (2016) confirmam a hipótese EKC para aquele conjunto de países. No entanto, os países em desenvolvimento e até mesmo os desenvolvidos continuam aumentando suas emissões. Diante deste cenário, a questão de pesquisa que se propõe é: **qual é o impacto do consumo de energia renovável e não renovável na determinação das emissões de CO₂ nos países signatários do protocolo de Quioto?**

1.2 OBJETIVO

Uma solução possível para reduzir o nível das emissões é aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética (EEA, 2014). Para uma projeção de aumento do nível de energia renovável de determinado país, espera-se efeito inverso nas emissões de GEE. Assim, o objetivo deste estudo é identificar o impacto da energia renovável e não renovável na determinação das emissões de CO₂ nos países signatários do protocolo de Quioto para o período de 1990 a 2014. Dessa forma é possível evidenciar se o impacto no aumento da participação de fontes renováveis de energia e diminuição na participação de fontes não renováveis são estatística e economicamente significativas para explicar as oscilações nos níveis de emissões de CO₂ naqueles países.

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS

Segundo Dogan e Seker (2016) a maior parte dos estudos existentes sobre os fatores determinantes das emissões de CO₂ usa o consumo agregado de energia em seus modelos, falhando, nesse sentido, em identificar os efeitos do consumo de energia segregado por fonte renovável e não renovável

Assim, a contribuição fundamental desta pesquisa é a de oferecer um estudo que analisa a relação entre emissão de dióxido de carbono, consumo de energia (segregado entre fontes renováveis e não renováveis), renda, abertura comercial, urbanização e desenvolvimento financeiro para os países signatários do protocolo de Quioto num modelo econométrico baseado na hipótese EKC.

Esta pesquisa traz ainda contribuições para a literatura sobre a contabilidade, a economia, o meio ambiente e a energia. Com o intuito de identificar o impacto da energia renovável e não renovável na determinação das emissões de CO₂ como proxy para os GEE, este estudo baseia-se no modelo *Environmental Kuznets Curve* (EKC), que afirma que os aumentos no PIB contribuem para as emissões de carbono até um certo nível e, em seguida, as emissões começam a diminuir. Assim, faz-se a regressão do nível de emissões de CO₂ com o PIB, o PIB ao quadrado e o consumo de energia com base no modelo EKC (APERGIS; PAYNE, 2009; BÖLÜK; MERT, 2015; DOGAN; SEKER, 2016; FARHANI; SHAHBAZ, 2014).

Pelo advento do protocolo de Quioto, houve a compreensão econômica de que o estabelecimento de preço e de mercados possibilitou atribuir valor econômico à utilização de recursos naturais. Assim, o mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto e o subsequente estabelecimento do sistema europeu de comércio de emissões resultaram numa enorme área financeira (HOPWOOD, 2009). Dessa forma, ao mensurar o impacto do consumo de energia renovável e não renovável dentre os fatores determinantes das emissões de CO₂, este estudo contribui com a pesquisa na área de contabilidade. Isso porque ao evidenciar os fatores que influenciam essas emissões, sendo eles passíveis de avaliação econômica, a contabilidade contribui para a gestão ambiental das organizações e auxilia as economias na busca pelo desenvolvimento sustentável.

A *Environmental Kuznets Curve* (EKC) é uma relação de hipótese entre indicadores de degradação ambiental e renda *per capita*. Nos estágios iniciais de crescimento econômico a degradação ambiental e a poluição crescem, mas além de certo nível de renda per capita a tendência inverte, de modo que um alto nível de crescimento econômico leva a uma melhoria ambiental (SOBHEE, 2004; STERN, 2004). Dessa forma esta pesquisa contribui ainda com a teoria econômica ao testar

se a hipótese EKC é válida para os países signatários do protocolo de Quioto, para o período de 1990 a 2014.

Esta pesquisa está estruturada da seguinte forma:

- Na primeira parte têm-se a introdução do trabalho, que expõe a necessidade de conscientização acerca dos problemas socioambientais e as contribuições que as ciências podem oferecer para mitigar esses problemas. Em seguida, contextualiza-se e apresenta o problema da pesquisa. A seção é finalizada com a apresentação do objetivo e justificativas/contribuições do estudo;
- Na segunda parte, intitulada “Contabilidade e Meio Ambiente”, discorre-se sobre a contabilidade, destacando-se a teoria contábil, a importância da padronização e da legitimação no contexto socioambiental. Na subseção que trata do meio ambiente faz-se uma revisão da literatura acerca das ações integradas para tratar das mudanças climáticas, apresentando as principais conferências mundiais desde 1972 até o Acordo de Paris. A seção é finalizada com a apresentação de uma visão geral acerca do mercado de crédito de carbono, que representa o elo entre as questões ambientais e a contabilidade;
- Na seção três, intitulada “Fundamentação Teórica e Hipóteses da Pesquisa” discute-se teorias econômicas relacionadas às questões ambientais que versam sobre recursos comuns, direito de propriedade, formas com as quais os governos podem gerir a questão ambiental etc. Contextualiza-se crescimento econômico, meio ambiente e sustentabilidade. Em seguida, aborda-se a mensuração do desenvolvimento sustentável para se chegar ao modelo teórico tratado com mais profundidade nesta pesquisa, que é o modelo EKC. Depois de apresentar as hipóteses da pesquisa, finaliza-se a seção com a revisão da literatura;
- Na seção quatro têm-se o desenho da pesquisa, apresentando-se o universo pesquisado, as fontes dos dados, as proxies utilizadas para medir a degradação ambiental, as variáveis utilizadas no modelo, bem como os tipos de testes estatísticos utilizados no trabalho;

- Na seção cinco têm-se a apresentação dos resultados obtidos e análise dos modelos, comparando-se os resultados do grupo de estudos com os do grupo de controle. Apresenta-se análise de causalidade das variáveis e, por fim, destaca-se as contribuições da pesquisa para a Teoria EKC;
- Por fim, na sexta seção têm-se as considerações finais, limitações do estudo, contribuições para a sociedade, governos e empresas bem como sugestões para futuras pesquisas.

2 A CONTABILIDADE E O MEIO AMBIENTE

2.1 A TEORIA DA CONTABILIDADE E A IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO

O propósito de uma teoria é o de explicar, descrever ou prever algo. Conseqüentemente, um dos objetivos básicos de uma teoria de determinada disciplina é a definição do corpo de conhecimento que, sistematicamente acumulado, organizado e suficientemente verificado, fornece uma estrutura de referência para as futuras ações. As teorias podem ser normativas ou positivas. Teoria normativa explica o que deveria ser, enquanto que a teoria positiva explica por que é. Idealmente, não deveria haver tal distinção, porque uma teoria bem desenvolvida e completa abrange tanto a predição do que deveria ser, quanto a explicação do que é (SCHROEDER; CLARK; CATHEY, 2005).

O objetivo da teoria da contabilidade é o de prover um conjunto de princípios e relações que explicam as práticas observadas e prever as não observadas. O desenvolvimento de uma teoria geral da contabilidade é importante por causa do papel que a contabilidade desempenha na sociedade. A sociedade capitalista, caracterizada por um mercado autorregulado, opera através das forças da oferta e da procura. Bens e serviços estão disponíveis para compra em mercados, e os indivíduos são livres para entrarem ou saírem desse mercado ao perseguirem seus objetivos econômicos. Todas as sociedades sofrem a restrição da escassez de recursos que limitam a realização dos objetivos econômicos individuais ou sociais. O papel da contabilidade na sociedade é, então, o de relatar como as organizações usam recursos e sobre o status desses recursos e suas reivindicações sobre eles (SCHROEDER; CLARK; CATHEY, 2005).

A contabilidade, ao relatar como as organizações usam seus recursos, bem como o status desses recursos e suas reivindicações sobre eles, o faz de forma padronizada. Assim, um dos benefícios da contabilidade é o de fornecer aos investidores informações padronizadas como subsídio para suas decisões acerca da alocação de recursos. O mercado depende de padrões. Pesos e medidas são apenas um primeiro exemplo. Para Eccles (2016), o padrão torna possível que companhias façam negócios uma com as outras e os consumidores comprem produtos que irão satisfazer suas expectativas. A internet, um dos maiores mercados do mundo,

depende de padrões. Quando não existe padrões os mercados não se desenvolvem plenamente. Qualquer um que viaje com frequência tem que se preocupar com a forma por meio da qual vai recarregar seu smartphone e computador em diferentes países ou, ainda, depara-se com problemas de conversão de quilo em libras, pés em metros etc. A falta de padrões cria ineficiência (ECCLES, 2016).

Sem os padrões contábeis possivelmente o mercado de capitais não teria se desenvolvido. É graças aos padrões contábeis que os investidores podem comparar o desempenho financeiro das companhias e assim decidirem onde investir seus recursos. Da mesma forma os governos, ao tributarem as empresas também o fazem com base nas informações fornecidas pela contabilidade. O fato de essas informações serem padronizadas permite maior isonomia tributária, pois o imposto incidente sobre o lucro ou faturamento tem como base de cálculo valores obtidos por meio de normas padronizadas, portanto válidas para as organizações de forma geral⁴. A questão dos padrões contábeis será retomada na próxima seção, após breve contextualização sobre a Contabilidade Ambiental.

2.2 CONTABILIDADE AMBIENTAL

A contabilidade é uma ferramenta que tem sido utilizada para otimizar o desempenho econômico das organizações. O conjunto de técnicas da contabilidade tem ajudado os administradores a planejarem e controlarem suas atividades de forma a maximizar os resultados. Em suma, as técnicas da contabilidade financeira têm sido os mecanismos pelos quais os administradores prestam contas aos acionistas e partes interessadas, que não estão envolvidos na rotina diária da empresa. Assim, da mesma forma que a contabilidade tem sido utilizada como ferramenta para planejamento, gestão, controle e prestação de contas sobre os aspectos econômicos da organização, ela também tem o potencial para ser a ferramenta de planejamento, gestão, controle e prestação de contas das organizações sobre seus impactos sociais e ambientais (BEBBINGTON, JAN; UNERMAN, JEFFREY; O'DWYER, 2014).

⁴ Fala-se, no caso, da regra geral de tributação, desconsiderando os incentivos fiscais, bem como quaisquer formas de benefícios para se apurar e recolher tributos em função de incentivo às empresas de pequeno e médio portes.

Dessa forma, a aplicação das técnicas contábeis sobre o impacto social, ambiental e econômico tem se tornado mais comum dentre as organizações ao longo dos últimos anos. Isso se deu mais precisamente após a definição do conceito de desenvolvimento sustentável (BEBBINGTON, UNERMAN, O'DWYER, 2014), "é a capacidade que a humanidade tem de atender às suas necessidades no presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1987). Observa-se que o citado conceito destaca três componentes fundamentais para o desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, proteção ao meio ambiente e igualdade social, os quais devem ser reconhecidos como dimensões a serem abordadas por políticas de desenvolvimento sustentável. Essas dimensões são conhecidas internacionalmente como *Triple Bottom Line* (TBL).

O conceito TBL reflete sobre a necessidade de as empresas ponderarem suas decisões estratégicas no *bottom line* econômico, social e ambiental, mantendo: a sustentabilidade econômica ao gerenciar empresas lucrativas e geradoras de valor; a sustentabilidade social ao estimular a educação, cultura, lazer e justiça social à comunidade; e a sustentabilidade ecológica ao manter ecossistemas vivos, com diversidade (VELLANI; RIBEIRO, 2010). Muitas organizações têm adotado a estrutura do TBL para avaliar seu desempenho numa perspectiva mais ampla, buscando criar valor para o negócio (SLAPER; HALL, 2011). A Figura 1 ilustra a TBL e sua relação com o desenvolvimento sustentável.

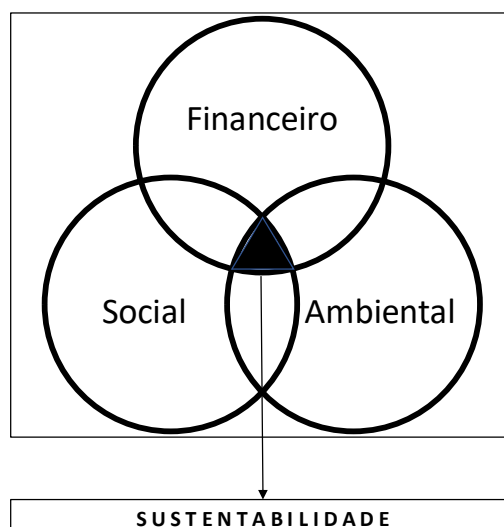


Figura 1 – Triple Bottom Line

Fonte: adaptado de Pete Wargent (2015)

De acordo com Kee e Haan (2007), medir o desenvolvimento sustentável é necessário para abordar o futuro a longo prazo das sociedades. No entanto, sem um conjunto integrado de informações sobre os problemas de sustentabilidade a longo prazo, a conscientização pública sobre essas questões será limitada e a formulação e monitoramento de respostas políticas será difícil. Outra questão importante para equacionar a participação da contabilidade na mitigação dos problemas ambientais é a padronização. Para Eccles (2016, p. 2),

O que o mundo precisa agora é de padrões contábeis para mensurar o desempenho não financeiro das organizações, ou seja, padrões para evidenciar o quão bem a empresa vem desempenhando nas áreas ambiental, social e de governança. Sem esses padrões não teremos os mercados de capitais de que precisamos para criar uma sociedade sustentável para as futuras gerações.

O risco de mudanças climáticas é um bom exemplo de como questões não financeiras afetam a maioria das organizações. Assim, oferecendo suas técnicas de registro, padronização e evidenciação, a contabilidade pode contribuir de forma significativa para mitigação dos problemas ambientais.

O relatório do Comitê Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas intitulado "Nosso Futuro Comum" em 1987 e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 fizeram com que a pesquisa e discussão sobre contabilidade ambiental recebessem cada vez mais atenção e preocupação (HOPWOOD, 2009). Desde então, os estudiosos têm iniciado e aprofundado a investigação e discussão sobre a contabilidade ambiental (ZHANG, 2014), considerando a contribuição da contabilidade na busca pelo desenvolvimento sustentável.

Ilustrando a importância da Contabilidade para mitigar o problema da poluição ambiental Gray (2010), diz que

Se alguém estivesse procurando resolver os problemas do mundo seria pouco provável que escolhesse a contabilidade como ponto de partida. Contudo, se considerarmos as narrativas de sustentabilidade em nível organizacional, então é a contabilidade no sentido mais amplo do termo, que devemos abraçar.

Dessa forma, a partir do momento em que o protocolo de Quioto sugere atribuir valor econômico às emissões de GEE, a contabilidade passa a fazer parte desse processo.

Surgido da compreensão econômica de que o estabelecimento de preço e de mercados pode influenciar a utilização de recursos naturais, o mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto e o subsequente estabelecimento do sistema europeu de comércio de emissões resultaram numa enorme área financeira (HOPWOOD, 2009). Segue justificando que já nos anos iniciais do projeto foram emitidas *Allowances* avaliadas em mais de \$30,4 bilhões, com a Europa respondendo por mais de 80% dessas emissões. Assim, a criação de um mercado para as emissões de GEE tornou-se no ponto de convergência entre a contabilidade e meio ambiente.

2.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: UM PROBLEMA DE TODOS

De acordo com Rosen (2015), diversas questões globais têm unificado os países na busca por soluções. A ideia é a de que se o problema afeta a todos, deve então, da mesma forma, ser combatido por meio de uma ação conjunta por parte dos países. A cólera, por exemplo, foi uma das primeiras preocupações transnacionais a serem submetidas a esforços coordenados por parte dos países (HAAS, 1990), citado por (ROSEN, 2015). Outras questões de saúde pública como poliomielite e varíola também foram alvos de ações coordenadas em nível internacional (AYLWARD *et al.*, 2004). Rosen (2015) continua citando outros exemplos de ações coordenadas, como tratados para redução de armas nucleares, acordos para redução de substâncias que degradam a camada de ozônio, compromissos com a questão de segurança alimentar, dentre outras. De fato, estudiosos de forma geral concordam com a noção de que problemas globais devem ser efetivamente enfrentados por meio de regras e normas internacionais (ROSEN, 2015). Assim, nas seções seguintes faz-se um histórico das principais tentativas globais de se equacionar os problemas advindos da degradação ambiental.

2.3.1 Conferência de Estocolmo: 1972

Em 1972 a União das Nações Unidas (ONU) decidiu pela primeira vez convocar uma conferência internacional sobre o meio ambiente para tratar da escala e das consequências da degradação ambiental do planeta. A Assembleia Geral, na resolução que preparou o caminho para a Conferência das Nações Unidas sobre o

Ambiente Humano (UNCHE), ou a Conferência de Estocolmo, como é mais comumente conhecida, observou que os desenvolvimentos tecnológicos e científicos tinham um impacto profundo na relação entre o homem e o meio ambiente, a qualidade do ecossistema e das condições da humanidade, e que a comunidade internacional necessitava responder aos desafios colocados por essas mudanças. O objetivo da Conferência de Estocolmo foi dar à ONU e à comunidade internacional a oportunidade de considerar de forma abrangente os problemas do meio ambiente (GALIZZI, 2005).

Assim, representantes de 113 países presentes na Conferência discutiram sobre o estado do meio ambiente e a necessidade de tomar medidas para prevenir sua continuada degradação. As discussões refletiram diferentes visões sobre o meio ambiente entre os membros da comunidade internacional (GALIZZI, 2005). Os representantes do mundo em desenvolvimento estavam particularmente preocupados com a relação entre a proteção ambiental e o desenvolvimento, questão que ainda permanece crucial e controversa no âmbito da agenda ambiental internacional. Os delegados dos países em desenvolvimento enfatizaram que o desenvolvimento e a erradicação da pobreza eram prioridades para seus países e povos, e que os avanços na proteção do meio ambiente humano deveriam estar ligados à redução do hiato entre países pobres e ricos, mas os países em desenvolvimento não queriam repetir os erros cometidos pelos países desenvolvidos. Em vez disso, eles queriam promover estratégias de desenvolvimento que integrassem considerações ambientais e utilizassem recursos de forma mais eficaz. Os países desenvolvidos, ao mesmo tempo em que entendiam as preocupações do mundo em desenvolvimento, queriam adotar medidas para enfrentar a degradação ambiental. Finalmente, os participantes da UNCHE chegaram a um consenso sobre a primeira agenda ambiental verdadeiramente compartilhada (GALIZZI, 2005).

O consenso obtido se materializou em três documentos adotados na UNCHE, os quais refletiram os principais pressupostos da agenda: i) Declaração sobre o Meio Ambiente Humano (Declaração de Estocolmo), que estabelece princípios-chave para orientar as ações dos países sobre o meio ambiente; ii) um Plano de Ação contendo recomendações para ações e medidas ambientais concretas e específicas; e iii) uma Resolução sobre os Arranjos Financeiros e Institucionais. Na Declaração de Estocolmo, os países concordaram que a proteção e o melhoramento do ambiente

humano eram uma questão importante e enfatizou o "desejo urgente dos povos de todo o mundo e o dever de todos os Governos de tomar medidas para prevenir a degradação ambiental" (UN, 1972). A Declaração de Estocolmo elencou 26 princípios balizadores das políticas para enfrentamento das questões lá discutidas. De acordo com Galizzi (2005), dentre as declarações de princípios, três são particularmente relevantes do ponto de vista jurídico e estabelecem o fundamento e o enquadramento regulamentar da cooperação internacional no domínio do ambiente: o princípio 21 reconhece a soberania dos países sobre os seus recursos naturais, juntamente com sua responsabilidade por não causar danos ambientais; os princípios 22 e 24 exigem o desenvolvimento de regras internacionais de responsabilidade por danos ambientais e, de forma mais abrangente, a cooperação internacional em matéria de ambiente (UN, 1972; GALIZZI, 2005).

Ao final da Conferência de Estocolmo os problemas ambientais foram reconhecidos como de competência das Nações Unidas. As questões ambientais passaram a representar "uma área nova e importante para a cooperação internacional" (GALIZZI, 2005). No entanto, embora a questão ambiental tenha se tornado tema de debate regular na Assembleia Geral da ONU, a pressão sobre os recursos naturais não diminuiu. Pelo contrário, novas ameaças ambientais foram sendo identificadas, como desertificação, aquecimento global, esgotamento da camada de ozônio e perda da diversidade biológica. Dessa forma os acordos regionais, nacionais e globais adotados em função da conferência de Estocolmo tiveram que ser revistos (UN, 1972; GALIZZI, 2005).

Uma década após a Declaração de Estocolmo, observou-se que o plano de ação só foi parcialmente implementado e os resultados não foram considerados satisfatórios por não ter impactado suficientemente a comunidade internacional como um todo (GALIZZI, 2005). Assim, em 1983, a assembleia geral da ONU criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), liderada por Gro Harlem Brundtland, primeiro ministro da Noruega. Esta comissão foi concebida para examinar o ambiente de desenvolvimento global até o ano 2000. A comissão procurou ainda reavaliar problemas críticos e propor soluções, além de elevar o nível de compreensão e compromisso com a questão do desenvolvimento e do meio ambiente (BRUNDTLAND, 1987).

Assim, em 1987 a WCED produziu um relatório intitulado "Nosso Futuro Comum" ou "Relatório Brundtland", com o objetivo de influenciar a agenda ambiental internacional. O documento examinou os problemas e desafios, recomendou ações e apresentou propostas específicas. "O Relatório Brundtland enfatizou a ligação entre ambiente e desenvolvimento e introduziu o conceito de desenvolvimento sustentável, que de forma resumida e em uma tradução livre pode ser entendido como "a capacidade que a humanidade tem de atender às suas necessidades no presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1987).

Resumindo, as principais contribuições da conferência de Estocolmo foram discutir aspectos vinculados à poluição atmosférica e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que passou a responsabilizar-se pelas discussões ambientais em nível mundial. No entanto, o principal debate ocorreu entre os desenvolvimentistas e os que advogavam pelo crescimento zero da economia como forma de preservar os recursos ambientais (RIBEIRO, 2010). Os primeiros eram representados pelos países pobres, que desejavam o desenvolvimento. Os segundos sugeriram o crescimento zero da economia dos países pobres e eram representados pelos países desenvolvidos. Não se aceitou a estagnação econômica, e os países em desenvolvimento passaram a receber investimentos, em especial por meio da instalação de indústrias que degradam o meio ambiente, gerando a chamada divisão internacional dos riscos técnicos do trabalho (RIBEIRO, 2010).

Assim, considerando que o desenvolvimento e o meio ambiente passaram a fazer parte da agenda internacional, a Assembleia Geral da ONU decidiu que estava chegando o momento de a comunidade internacional convocar uma segunda conferência internacional para examinar simultaneamente os desafios ambientais e de desenvolvimento e chegar a um novo acordo sobre uma nova agenda para o século XXI.

2.3.2 Rio 92

Segundo Galizzi (2005), diante da contínua e crescente degradação ambiental, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), em Assembleia Geral, pediu maior cooperação internacional para lidar

efetivamente com problemas ambientais. Assim, com o objetivo de avaliar a efetividade das medidas propostas na conferência de Estocolmo em 1972, bem como lidar com novos problemas ambientais surgidos desde então, a UNCED decidiu convocar uma nova conferência, que foi realizada em junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro e teve o maior nível de participação para eventos dessa natureza (FIGUEIREDO, 2012). Com duração de duas semanas, essa conferência centrou-se num programa que tratava das questões ambientais no contexto do desenvolvimento, buscando, dessa forma, equacionar os problemas socioambientais do planeta.

A Rio 92, Eco 92 ou Cúpula da Terra, como ficou conhecido o evento, contou com a presença de delegados de 176 países, incluindo 103 chefes de Estado. Reuniram-se muitas pessoas, porém com objetivos e visões diferentes. Enquanto os países desenvolvidos defendiam o fortalecimento da agenda ambiental internacional, os países em desenvolvimento queriam colocar o desenvolvimento e o crescimento econômico no centro dos debates. Após discussões, chegou-se a uma agenda ambiental internacional que deveria ser executada em pé de igualdade com o desenvolvimento econômico. Assim, o consenso entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento era de que crescimento econômico e meio ambiente deveriam merecer a mesma importância no cenário mundial (RIBEIRO, 2010; FIGUEIREDO, 2012; GALIZZI, 2005).

Ao todo foram cinco importantes documentos produzidos pela Rio 92: i) declaração sobre meio ambiente e desenvolvimento, documento contendo princípios-chave para ação internacional; ii) agenda 21, um plano de ação e medidas para promoção do desenvolvimento sustentável; iii) convenção sobre mudanças climáticas, para tratar do aquecimento global; iv) convenção sobre biodiversidade; e v) declaração de princípios sobre florestas.

De acordo com Galizzi (2005), a conferência do Rio foi em grande parte considerada um sucesso. Acordou-se que o meio ambiente e desenvolvimento passariam a ter um papel igual no cenário mundial, refletindo um consenso entre as necessidades e prioridades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A agenda internacional de desenvolvimento sustentável reconheceu que o desenvolvimento e o meio ambiente estavam inextricavelmente conectados e deveriam se apoiar mutuamente. As medidas ambientais devem ser acompanhadas

dos esforços de desenvolvimento e erradicação da pobreza. Da mesma forma, o desenvolvimento deve ser sustentável e integrar plenamente as considerações ambientais. Vinte anos após a conferência de Estocolmo, a comunidade internacional reafirmou seu compromisso com a proteção ambiental. A Agenda 21 identificou medidas para lidar efetivamente com as pressões ambientais, com os problemas dos tempos modernos e para promover o desenvolvimento sustentável. No entanto, o grande desafio da comunidade internacional foi a implementação das medidas acordadas (RIBEIRO, 2010; FIGUEIREDO, 2012; GALIZZI, 2005).

Cinco anos após a Rio 92, em junho de 1997, as atenções voltam-se novamente para Cúpula da Terra que mais uma vez reuniu chefes de estados, instituições e organizações não governamentais para analisarem o progresso alcançado ao longo daqueles últimos cinco anos. Esta conferência teve também o propósito de revigorar o empenho em prosseguir com as ações e metas estabelecidas no Rio de Janeiro. A avaliação que fizeram foi a de que o meio ambiente global continuou a deteriorar-se com problemas ambientais significativos. Alguns progressos, no entanto, foram feitos em termos de desenvolvimento institucional, consenso internacional, participação pública e ações do setor privado e, como resultado, vários países conseguiram reduzir a poluição e diminuir a taxa de degradação de recursos. Em geral, porém, as tendências pioraram (ONU, 1997).

2.3.3 Cúpula do Milênio: 2000

Durante três dias do mês de setembro de 2000, na sede da ONU em Nova Iorque, reuniram-se líderes de mais de 150 países para discutirem o papel da ONU no século XXI. Ao final, produziu-se o documento chamado Declaração do Milênio, o qual não só incluiu o “respeito à natureza” dentre os valores fundamentais para cooperação internacional como também especificamente identificou a proteção ao meio ambiente como um dos objetivos chave dessa cooperação para o novo milênio (GALIZZI, 2005). Assim a questão ambiental passou a fazer parte da agenda global para o novo milênio em pé de igualdade com outras áreas fundamentais para cooperação internacional.

2.3.4 Joanesburgo: 2002

Dois anos após a cúpula do milênio e dez anos após a conferência do Rio, acontece em Joanesburgo a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD), com o objetivo de formalizar o compromisso sobre cooperação ambiental firmado em Nova Iorque e também de avaliar o estágio de implementação da agenda da Eco 92 dez anos após aquela conferência. A ideia central era a de encontrar consenso para conciliar desenvolvimento, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental.

Para Galizzi (2005), o documento produzido ao final do encontro, a Declaração de Joanesburgo, não foi animadora do ponto de vista ambiental. Para ele, novamente o ambiente parece ser relevante apenas no contexto do desenvolvimento. Por exemplo, o plano de implementação das medidas já aprovadas em conferências anteriores indica que as medidas para proteger e gerir os recursos naturais são essencialmente vistas apenas como uma base para o desenvolvimento econômico e social. Conclui ainda que a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável não conseguiu produzir um consenso ambiental forte e renovado na comunidade internacional. Em Joanesburgo, o ambiente foi tratado como um evento secundário e o enfoque foi colocado principalmente no desenvolvimento e na erradicação da pobreza. Os fortes compromissos assumidos pela Cúpula do Milênio em matéria de proteção do ambiente sofreram um retrocesso em Joanesburgo. O ambiente passou a ser simplesmente um ato de apoio à nova agenda internacional para o desenvolvimento sustentável (GALIZZI, 2005).

2.3.5 Rio + 20: 2012

A Eco 92 aconteceu no Rio de Janeiro vinte anos depois da Conferência de Estocolmo, cujo principal efeito foi o de consolidar o conceito de desenvolvimento sustentável, que havia sido proposto em 1987 pelo relatório “Nosso Futuro Comum”, cujo objetivo foi conciliar as posições aparentemente conflitantes entre proteção ambiental e desenvolvimento.

Vinte anos após a Eco 92, no período de 13 a 22 de junho de 2012, acontece também no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20, a qual contribuiu para definir a agenda de

desenvolvimento sustentável para as próximas décadas. Esta conferência teve como objetivo a renovação do compromisso com o desenvolvimento sustentável definido até então, bem como a avaliação do progresso na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas. Tratou-se também de novos temas como a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, bem como da estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável. Discutiu-se também a governança internacional no campo do desenvolvimento sustentável.

No entanto, na opinião da maioria dos observadores, os resultados da conferência Rio+20 ficaram aquém das expectativas. Noticiários da época, como a BBC News (2012), por exemplo, publicou uma matéria com o título “criticismo e discórdia marcaram o final da Conferência”. A BBC citou Mary Robinson, ex-presidente irlandesa e Alta Comissária da ONU para os Direitos Humanos, que disse: “Infelizmente, o documento atual é um fracasso da liderança”. Para o jornal *The Economist*, (2012) o resultado da conferência foi o compromisso mais fraco imaginável para o desenvolvimento sustentável da economia global e que representou pouco ou nenhum progresso em relação à Eco 92.

Possível causa para as falhas apontadas atribui-se à excessiva simplificação das questões ambientais e sociais, as quais são tratadas separadamente das demais questões. Tenta-se resolver os problemas ambientais somente considerando-se os valores ambientais e de sustentabilidade. Não seria necessária nenhuma intervenção da ONU se as coisas realmente fossem tão simples. Essas questões abrangem uma ampla variedade de visões de mundo e valores culturais, sociais, institucionais e pessoais, muitas vezes conflituosos, às vezes até mutuamente exclusivos (ALLENBY, 2012).

No entanto, apesar das muitas críticas à RIO + 20, há algumas razões para otimismo. Ao contrário da primeira Conferência do Rio em 1992, aonde poucas instituições privadas compareceram, um grande número de empresas e organizações industriais estavam representadas na Rio + 20 (ALLENBY, 2012). Para Allenby (2012), as empresas privadas trouxeram novas perspectivas e novas ideias para a Rio + 20. Além disso, segundo ele, essas empresas assumiram um papel ativo. Algumas delas

se posicionaram a favor de exigir que as organizações forneçam relatórios ambientais e sociais juntamente com seus relatórios financeiros.

Allenby (2012) argumenta que o fato de empresas e organizações não governamentais se apresentarem mais ativamente na Rio + 20 não garante progresso, mas sem elas e sem envolvimento, o progresso seria impossível. “Pelo menos agora há algum comprometimento por parte dessas organizações”, afirma. Mesmo a maior participação das organizações foi alvo dos mais críticos, que argumentaram que o fato de as empresas enviarem seus representantes era somente uma forma sofisticada de *greenwashing*⁵.

Alguns dos efeitos ainda tímidos, porém, importantes, ocorrem à medida que as empresas mudam suas pesquisas, produtos, cadeias de suprimentos e outras atividades em direção a modelos mais sustentáveis. Tais avanços incrementais (por exemplo, iluminação por *light emitting diode* (LED), automóveis mais eficientes, a passagem de impressões em massa para livros impressos sob pedido) podem não parecer muito importantes e, de fato, podem ser triviais quando considerados individualmente. No seu conjunto, no entanto, representam sistemas complexos que se adaptam às mudanças e são mais eficientes do ponto de vista ambiental e social e necessariamente mais economicamente eficientes, uma vez que são empresas privadas (ALLENBY, 2012).

2.3.6 Acordo do Clima de Paris: 2015

No período de 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015, representantes de 195 países aprovaram em Paris, na Conferência das Partes (COP) 21, o primeiro acordo global para frear as emissões de gases do efeito estufa e lidar com os impactos das mudanças climáticas. No entanto, para Barbosa (2015), “a questão do aquecimento global está longe de ser resolvida”. O acordo é um documento inicial, que não especifica tudo o que vai acontecer daqui para frente (BRABOSA, 2015). Barbosa segue afirmando que o texto oficializa uma série de promessas de redução

⁵ *Greenwashing* (do Inglês *green*, verde, a cor do movimento ambientalista, e *washing*, lavagem, no sentido de modificação que visa ocultar ou dissimular algo), em português, lavagem verde; é um anglicismo que indica a injustificada apropriação de virtudes ambientalistas por parte de organizações (empresas, governos etc.) ou pessoas, mediante o uso de técnicas de marketing e relações públicas (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Greenwashing>).

das emissões de CO₂ que os países fizeram, mas esses valores não são suficientes para que se chegue a meta de aquecimento de dois graus em 2100. Esses dois graus são em relação aos níveis de temperatura de antes da revolução industrial. Esse é o limite considerado mais seguro pelos cientistas. O texto de Paris pede que seja feito esforço para se chegar a um grau e meio de aquecimento. Também ficou prometido um fundo de 100 bilhões de dólares por ano, a partir de 2020, para que os países ricos ajudem os países pobres a se adaptarem às mudanças do clima, mas não está claro exatamente como vai se chegar a esse valor, ou seja, quem vai contribuir e com quanto para que o objetivo seja alcançado (UNFCCC, 2015). Além disso é provável que 100 bilhões de dólares não sejam suficientes (BRABOSA, 2015). Por conta de várias questões que estão em aberto, novas reuniões vão acontecer. O acordo deve ser revisto a cada cinco anos. Mesmo assim, a aprovação foi muito comemorada e com razão. Finalmente o mundo está dizendo e assinando embaixo que é preciso cuidar do clima, pois do contrário vai ser pior para todos (UNFCCC, 2015; BRABOSA, 2015).

No entanto, a exemplo do que aconteceu em relação ao protocolo de Quioto, quando o governo Bush anunciou que não assinaria tal documento, o atual presidente dos Estados Unidos, Donald Trump, anunciou no dia 01 de junho de 2017 a saída do seu país do Acordo de Paris. A alegação foi a de que o pacto era desvantajoso para os EUA, pois o acordo beneficiaria outros países em detrimento do interesse dos americanos. Segundo ele, os termos atuais levam ao fechamento de fábricas americanas e à exportação do empregos da indústria carvoeira para outros países (MATT, 2017). Isso é ruim devido à posição que os EUA ocupam no cenário mundial, pois além de ser a maior economia do planeta é também o segundo maior emissor de CO₂, ficando atrás apenas da China. Matt (2017) destaca que diante da saída dos EUA, o acordo fica mais fraco e a China ganha protagonismo ao se apressar em reafirmar seu compromisso com o acordo. Matt (2017) continua avaliando que embora a decisão de Trump tenha contrariado as lideranças empresariais globais, que são fortemente a favor da permanência dos EUA no acordo, as emissões continuarão a cair devido ao crescimento da utilização do gás como fonte de energia em substituição ao carvão.

Enquanto os EUA recuam, a presidência do Brasil sanciona decreto que faz com que os termos do acordo de Paris tenham força de lei. Entre os compromissos

assumidos pelo Brasil no acordo de Paris estão a redução dos GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025. Ao mesmo tempo o país se comprometeu a aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética para aproximadamente 18% até o ano de 2030 (MMA, 2017). Contudo, o governo brasileiro não deixou claro quando e quais medidas seriam tomadas para cumprir esse acordo. Até o momento nada foi feito para se atingir a meta estipulada naquele decreto e pelo jeito continuará assim.

2.4 MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

As crescentes ameaças surgidas em função das mudanças climáticas e aquecimento global fizeram com que o foco da atenção recaísse sobre o crescimento econômico e poluição ambiental, mais precisamente sobre emissão de gases de efeito estufa (GEE) (LEAN; SMYTH, 2009). De acordo com Bernstein *et al.* (2007), a média da temperatura global deve subir entre 1,1 a 6,4°C nos próximos 100 anos. Há previsões de que se a temperatura subir 2°C haverá mudança substancial no ecossistema e o aumento no nível das águas dos oceanos irá impactar a vida de quase metade da população mundial que vive em áreas litorâneas (LAU *et al.*, 2009).

No entanto, mudar de previsões de mudanças médias da temperatura para as previsões de impactos climáticos regionais não é fácil. Os melhores modelos de computador ainda não podem produzir estimativas confiáveis desses impactos. O que é óbvio, no entanto, é que as emissões em um país afetam o clima em todos os outros. Daí a necessidade de um pacto global sobre as emissões (STAVINS, 2007).

2.4.1 Protocolo de Quioto – Surgimento

Na década de 1980, a Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) aprovou uma resolução chamada “Proteção do Clima Global para a Presente e Futuras Gerações”. Em junho de 1992, no Rio de Janeiro, as negociações internacionais levaram ao primeiro tratado sobre mudanças climáticas juridicamente vinculativo. Os países das Nações Unidas celebraram a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Este tratado constitui a base para todas as outras negociações sobre mudanças climáticas desde então (TANDON, 2015).

O objetivo da UNFCCC é alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que evitaria interferências antropogênicas perigosas no clima do planeta. Tal nível deve ser alcançado em um prazo suficiente para permitir que os ecossistemas se adaptem naturalmente às mudanças climáticas, para garantir que a produção de alimentos não seja ameaçada e permitir que o desenvolvimento econômico continue de forma sustentável (UNFCCC, 2015).

A UNFCCC estabeleceu uma Conferência das Partes na Convenção para realizar os trabalhos e tomar as decisões necessárias para promover a implementação efetiva da Convenção. A primeira reunião da Conferência das Partes (COP) foi realizada no período de março a abril de 1995, em Berlim, na Alemanha. Nessa reunião, as partes chegaram a um acordo sobre o desenvolvimento de um cronograma para os países desenvolvidos reduzirem suas emissões de GEE. Do mandato de Berlim, as partes iniciaram trabalhos que levaram à negociação do Protocolo de Quioto, assim chamada a reunião da COP 3 realizada em Kyoto, no Japão em 1997 (TANDON, 2015).

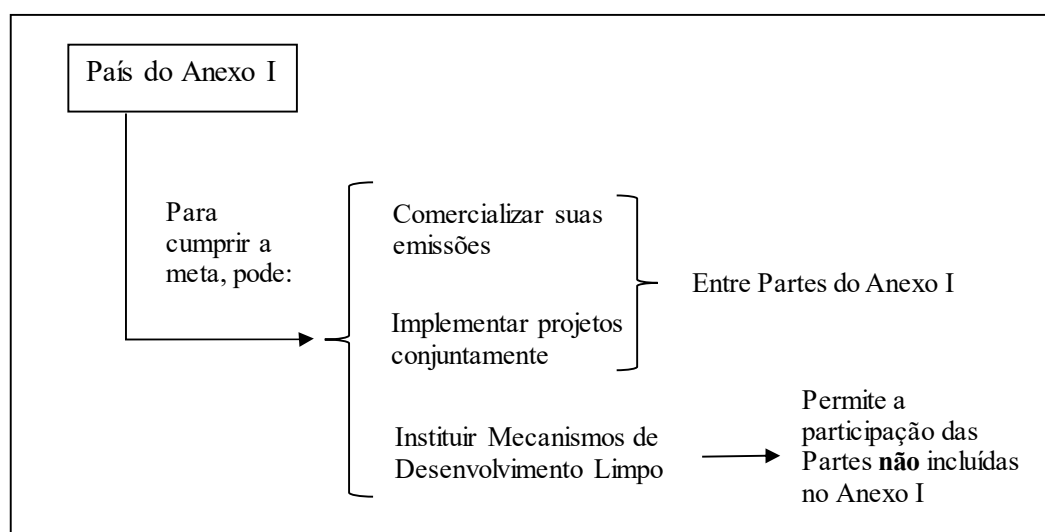
Assim, para mitigar o impacto do aquecimento global, em 1997 o UNFCCC conduziu uma reunião no Japão durante a qual foi estabelecido o protocolo de Quioto, cujo objetivo é reduzir as emissões do Gás do Efeito Estufa (GEE), em particular o Dióxido de Carbono (CO₂) por ser o mais relevante, em 5,2% em relação ao nível de emissões de 1990. Os países desenvolvidos, que ratificaram posteriormente o protocolo, na sua maioria, assumiram o compromisso com metas de reduções de CO₂, enquanto que os países em desenvolvimento foram encorajados a reduzirem suas emissões de forma voluntária. Os Estados Unidos desistiram do acordo em 2001, sob a alegação de que este era muito oneroso e deixava de fora os países em desenvolvimento.

2.4.2 Protocolo de Quioto: mecanismos de flexibilização

Segundo Tandon (2015), embora tenha sido lançado em dezembro de 1997, a efetividade do protocolo de Quioto somente começou a ser percebida a partir de 2005, quando um número suficiente de países ratificou seus compromissos com aquele acordo global. O protocolo de Quioto preparou o caminho para a criação de esquemas de comércio de emissões e novos mercados de commodities para atingir esses

objetivos (ALMER; WINKLER, 2016). Os princípios gerais do Protocolo de Quioto abordaram as reduções de GEE dos países desenvolvidos e levaram ao surgimento do mercado internacional de crédito de carbono (TANDON, 2015; ALMER; WINKLER, 2016). Os países signatários do protocolo foram divididos em dois grupos: o do Anexo I, formado pelos países desenvolvidos; e grupo do não Anexo I, formado pelos países em desenvolvimento.

Quadro 1 – Protocolo de Quioto: mecanismos de flexibilização



Fonte: adaptado de Ferreira; Siqueira e Gomes (2009, p. 253).

Conforme pode ser observado de forma resumida no Quadro 1, para atingir as metas de redução das emissões de GEE, foram propostos pelo Protocolo três mecanismos de flexibilização (ONU, 1998):

- Comércio de emissões
 - Os países do Anexo I que conseguirem cumprir a meta de redução das emissões estabelecidas podem comercializar o excedente com os demais países do Anexo I;
- Implementação conjunta
 - Esse mecanismo refere apenas aos países desenvolvidos. Acontece implementação conjunta quando dois ou mais países do Anexo I implementam conjuntamente projetos que reduzam as emissões de GEE, que podem ser posteriormente comercializados;
- Mecanismo de Desenvolvimento limpo

- Esse mecanismo possibilita a participação dos países em desenvolvimento no tratado. Estes, obtendo créditos de projetos que contribuem para a redução das emissões de GEE podem vendê-los para os países do Anexo I (países desenvolvidos).

O texto do Protocolo estabelece que as emissões devem ser fiscalizadas por meio de registros precisos dos negócios realizados. Um sistema de acompanhamento, realizado por Entidades Operacionais Designadas (DOEs), procura certificar-se de que as partes (países do Anexo I) estejam cumprindo os compromissos de reduções assumidos (TANDON, 2015).

Como mencionado, os países em desenvolvimento não assumiram metas formais de redução das emissões. Pelo contrário, aumentaram suas emissões no período de 1990 a 2012. Por outro lado, ao final do primeiro período de vigência das metas do protocolo de Quioto, que foi de 2008 a 2012, os países da União Europeia, em conjunto, obtiveram uma redução de 11,8% em suas emissões de CO₂, acima da redução média assumida junto ao protocolo, que foi de 8% (DOGAN; SEKER, 2016).

2.4.3 Crédito de Carbono: Fatores Determinantes

De acordo com EEA (2014), uma possível razão para a diminuição das emissões foi o investimento nas fontes renováveis de energia. No entanto, segundo Dogan e Seker (2016), os estudos existentes sobre os fatores determinantes das emissões de CO₂ consideram o consumo agregado de energia, o que poderia enviar os resultados, uma vez que o investimento em fontes renováveis de energia permitiria o aumento do consumo sem, no entanto, impactar nas emissões de CO₂.

De forma geral, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) estão fortemente relacionadas às atividades humanas como geração de energia, transporte, indústria, atividade comercial e residencial. Dióxido de carbono é emitido quando combustíveis fósseis como petróleo, gás natural ou carvão são usados como fonte de energia. Uma vez que muitos países ainda são dependentes de combustíveis fósseis, as políticas energéticas implementadas nesses países podem impactar as emissões de CO₂. Como a demanda por energia está em crescimento devido ao desenvolvimento e crescimento populacional, a diversificação da energia advinda de combustíveis fósseis

para a energia de fontes renováveis pode ser uma das soluções para mitigar o problema das emissões (LAU *et al.*, 2009).

Dogan e Seker (2016) fizeram amplo levantamento da literatura existente sobre a relação entre as emissões de CO₂ (como uma proxy para a poluição), o PIB (ou o crescimento econômico) e o consumo de energia e verificaram que nenhum estudo até então havia utilizado o consumo segregado entre fontes renováveis e não renováveis de energia. Com efeito, as fontes renováveis de energia contribuem para redução das emissões, enquanto que as fontes não renováveis são altamente poluentes. Assim, ao utilizar separadamente as fontes renováveis e não renováveis de energia em conjunto com as demais variáveis de controle dentro do modelo econométrico, evidenciam-se os fatores determinantes das emissões de CO₂ para os países signatários do Protocolo de Quioto, além de possibilitar a compreensão dos fatores que influenciam a obtenção do crédito de carbono.

De acordo com Schroeder, Clark e Cathey (2005) a função da contabilidade na sociedade é a de relatar como as organizações usam recursos e sobre o status desses recursos e suas reivindicações sobre eles. Assim, a Contabilidade pode ajudar a equacionar o problema do aquecimento global. Hopwood (2009) afirma que a criação de um mercado de carbono chancela o papel da contabilidade no encaminhamento de soluções para as questões ambientais ao permitir que as organizações possam registrar em seus balanços a forma com que vem utilizando o capital natural no que tange às emissões de CO₂.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E HIPÓTESES DA PESQUISA

3.1 ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO

Um dos principais teoremas econômicos acerca do bem-estar social procura mostrar que um mercado livre e competitivo proporcionará resultados eficientes na ausência de externalidades⁶ (VARIAN, 2010). Pode-se dizer que o mercado funciona adequadamente quando se trata de bens privados para os quais existam controles de propriedades. Um bem privado é um bem cujo consumo por um indivíduo exclui a possibilidade de consumo por outro. Bens, serviços e recursos diferem na extensão na qual as pessoas podem ser excluídas do consumo deles e na extensão na qual o consumo de uma pessoa rivaliza com o de outras (VARIAN, 2010).

No caso dos bens públicos, como todos se beneficiam, cada indivíduo procura usufruir e deixar que os outros arquem com os custos. Assim a chamada eficiência de mercado só é possível de acontecer na ausência de externalidades. Assim, os recursos seriam alocados de tal sorte que não seria possível sua realocação para beneficiar determinado participante do mercado sem piorar a situação de outro. Dessa forma, atenção especial deve ser dada aos bens públicos, pois quando um bem não possui preço, os mercados privados não conseguem garantir que ele seja produzido e consumido nas quantidades apropriadas (MANKIWI, 2006; PARKIN, 2009; VARIAN, 2010; WESSELS, 2010).

3.1.1 Recursos comuns

Recursos comuns são os possuídos e compartilhados por uma comunidade e indivíduos. Os recursos providos pelo meio ambiente são exemplos de recursos comuns, como a água e o ar. Ambos podem ser poluídos: a água pode ainda ser utilizada além do limite de reposição; o ar sofre com a poluição emitida por automóveis, motores para geração de energia com uso de combustíveis fósseis, fábricas, incêndios, indústrias e até mesmo pelos fumantes. Todos querem um ambiente livre de poluentes e resíduos, no entanto, desde o início da Revolução

⁶ “Uma externalidade surge quando uma pessoa se dedica a uma ação que provoca impacto no bem-estar de um terceiro que não participa dessa ação, sem pagar nem receber nenhuma compensação por esse impacto. Se o impacto sobre o terceiro é adverso, é chamado de externalidade negativa; se é benéfico, é chamado de externalidade positiva” (MANKIWI, 2006).

industrial, em 1750, a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera aumenta gradualmente. Estima-se que seja cerca de 30 por cento mais alta hoje que em 1750. Outro exemplo do uso indiscriminado é a pesca em águas internacionais, que vem colocando diversas espécies de peixes e baleias sob risco de extinção (MANKIW, 2006; PARKIN, 2009).

3.1.2 A Tragédia dos comuns

Na subseção anterior citam-se alguns exemplos de problemas que surgem quando não é possível ou quando não se define por quaisquer motivos os direitos de propriedade. Para ilustrar melhor a questão, recorre-se Hardin (1968), que descreve a parábola da “tragédia dos comuns”, segundo a qual os recursos comuns são utilizados com mais intensidade do que o ideal do ponto de vista de toda sociedade.

Apresenta-se a parábola no seu contexto original, que trata das terras de pastagens comuns na Inglaterra do século XIV. Os recursos comuns (terras de pastagens) eram abertos a todos para criar vacas e ovelhas de propriedade particular dos moradores das aldeias. Como os recursos eram disponibilizados a todos, não havia incentivo para impedir que o pasto fosse utilizado além da capacidade de recuperação. Isso levou a uma utilização em excesso, que teve como consequência a redução progressiva da quantidade de animais que poderiam se alimentar ali. Com o passar do tempo o preço da lã aumentou e a Inglaterra começou a exportar esse produto para o mundo. Isso tornou mais lucrativa a criação de ovelhas e os proprietários desses animais queriam obter um controle mais eficaz da terra que utilizavam. Assim, os recursos comuns foram aos poucos restringidos e privatizados. A utilização excessiva do pasto chegou ao fim e a terra passou a ser utilizada mais eficientemente.

Um outro exemplo da tragédia dos comuns é a pesca que acontece nos rios e mares de acesso comum. Não havendo nenhuma medida para coibir a exploração desses recursos comuns, a tendência é que muitas espécies de peixes sejam ameaçadas de extinção. No entanto, o problema dos recursos comuns já é conhecido há milhares de anos. Aristóteles, filósofo grego, citado por Mankiw (2006) apontou o problema dos recursos comuns: “o que é comum a muitos é o que recebe menos

cuidados, porque todos têm maior preocupação com o que é seu do que com aquilo que possuem em conjunto com outros”.

Para efeito desta pesquisa o recurso comum considerado é o ar que respiramos, tomado como medida de qualidade ambiental. Os mercados não estão conseguindo proteger adequadamente o meio ambiente e a poluição é ainda uma externalidade negativa que precisa ser solucionada. Nas próximas subseções, são apresentadas algumas possíveis soluções, tanto públicas quanto privadas para lidar com a questão das externalidades negativas.

3.1.3 Direitos de propriedade

De forma geral, tanto os agentes privados como os formuladores de políticas públicas reagem de maneiras diversas às externalidades. No entanto, as soluções têm em comum o objetivo de levar a alocação de recursos o mais próximo possível do ótimo social. Uma das soluções seria os Direitos de Propriedade. Atribuir direitos de propriedade a todos os benefícios de um bem permite que os proprietários tenham direito aos benefícios dessa propriedade e, dessa forma, passem a ser incentivados a utilizarem-na de modo sensato. Um recurso do qual ninguém é proprietário e todos possuem o direito de utilizar acaba gerando problemas no sentido de que ninguém tem incentivos para utilizá-lo racionalmente (MANKIWI, 2006; PARKIN, 2009; VARIAN, 2010). Isso foi bem ilustrado na parábola da Tragédia dos Comuns. Por outro lado, quando alguém é proprietário há um incentivo para utilizar racionalmente o recurso de forma a maximizar seu valor.

Transformar os recursos comuns em recursos privados foi a solução apontada na parábola para a Tragédia dos Comuns, pois quando se atribui direito de propriedade, cada proprietário se vê diante das mesmas condições. O principal direito de propriedade é o de as pessoas processarem aqueles que lhes causam prejuízos. Wessels (2010, p. 431) cita como exemplo o caso de uma indústria poluidora obrigada a assumir os custos de despoluição como resultado de ação impetrada por cidadãos que se sentiram prejudicados. Todavia, nem sempre é viável atribuir direitos de propriedade, seja pela dificuldade de implementação ou custos de controle. Seria difícil, por exemplo, atribuir esse direito sobre a atmosfera, sobre os oceanos.

Chegar a um acordo eficiente quando o número de pessoas interessadas é significativo é complicado, tornando dispendioso coordenar todas as partes. Mankiw (2006, p. 212) oferece um exemplo de uma fábrica que polua as águas de determinado lago. É fato que a poluição impõe externalidades negativas aos pescadores da região. Segundo o teorema de Coase⁷, a fábrica e os pescadores podem chegar a um acordo no qual os pescadores paguem a fábrica para que ela não polua o meio ambiente. Entretanto, se houver muitos pescadores, coordenar todos na negociação com a fábrica pode ser muito difícil.

A presença de altos custos de transação pode fazer com que o resultado socialmente ideal não ocorra. No exemplo anterior, se a fábrica tem o direito de despejar resíduos, pode ser muito custoso fazer com que os pescadores se reúnam para pagar a fábrica para que não polua.

3.1.4 Impostos, subsídios governamentais e regulamentação

Quando, na presença de externalidades negativas, o mercado não consegue ser eficiente na alocação de recursos, o governo pode reagir de duas maneiras. Uma delas é a instituição de políticas de Comando e Controle, que regulam diretamente o comportamento; a outra é a criação de políticas baseadas no mercado, oferecendo incentivos para que os tomadores de decisões privadas optem por resolver o problema entre si (MANKIW, 2006; WESSELS, 2010). Como forma de incentivar os mercados a agirem no interesse social, os governos podem utilizar impostos sobre as externalidades negativas e os subsídios sobre as positivas para corrigir as falhas do mercado. No entanto, para os casos em que os impostos ou subsídios não funcionem adequadamente, os governos lançam mão da regulamentação, impondo restrições e limites, buscando minimizar as externalidades negativas no interesse da sociedade.

Segundo Mankiw (2006), dentre as alternativas (impostos x regulamentação) os economista preferem os impostos à regulamentação e ilustra essa posição citando o exemplo de duas fábricas, uma produtora de aço e outra de papel. Ambas despejam 500 toneladas de lixo por ano em um rio. O governo na busca de reduzir essa

⁷ O Teorema de Coase diz que, sob certas condições, os agentes econômicos privados podem solucionar o problema das externalidades entre si. Qualquer que seja a distribuição inicial dos direitos, as partes interessadas sempre podem chegar a um acordo no qual todos fiquem numa situação melhor e o resultado seja eficiente (MANKIW, 2006, p. 211).

quantidade de poluição considera então as seguintes opções: i) regulamentar de forma a determinar que cada uma das fábricas reduza sua poluição para 300 toneladas por ano; ii) tributar cada fábrica em \$ 50 mil por tonelada de poluição emitida.

Como a maioria das regulamentações se aplica igualmente a todas as empresas, independentemente dos custos e benefícios individuais, a regulamentação pode não ser eficaz nesse caso. A padronização não considera as preferências individuais e as idiossincrasias das diversas empresas. A regulamentação nesse caso exige que ambas as empresas reduzam as mesmas quantidades de poluente emitido. Por outro lado, em face da tributação, quanto maior o imposto, maior será a redução da poluição, tendendo a zero, inclusive, se o imposto for suficientemente alto a ponto de provocar o fechamento das empresas, por exemplo. Além disso, se o custo para reduzir a poluição for menor do que o custo dos impostos, a empresa poderá reduzir mais do que a meta proposta pela regulamentação. Por outro lado, a empresa que não conseguir reduzir tanto a poluição, pagará mais impostos. Isso porque é possível que a fábrica de papel consiga reduzir a poluição a um custo menor do que a fábrica de aço. Assim, a primeira reagiria ao imposto reduzindo substancialmente sua poluição para evitá-lo, enquanto a outra reagiria reduzindo menos a poluição e pagando mais impostos.

Do ponto de vista ambiental, foco deste estudo, a tributação seria mais eficiente. Segundo Mankiw (2006) sob uma política de regulamentação de comando e controle, as empresas não teriam motivo para reduzir as emissões uma vez atingida a meta de 300 toneladas de lixo. Já o imposto daria às fábricas um incentivo para desenvolver tecnologias com nível de poluição menores porque reduzem o montante de impostos que as fábricas devem pagar.

3.1.5 Licenças negociáveis para poluição

Considerando-se duas empresas A e B, que por estarem sujeitas à regulamentação governamental tenham reduzido em 400 toneladas seus níveis de poluição. Após ambas as empresas terem se adaptado à regulamentação, a empresa B constata que precisa emitir pelo menos mais 100 toneladas de resíduos para atingir sua meta de produção. Por outro lado, a empresa A está apta a reduzir suas emissões

nessas mesmas 100 toneladas ao custo de \$ 2 milhões. Neste cenário, a empresa B se propõe a esta redução excedente da empresa A, pagando o preço estipulado.

Essa é a ideia básica do comércio de licenças para poluir. Do ponto de vista da economia, o negócio é uma boa solução, pois ambas as empresas ficam em melhores condições sem, no entanto, prejudicar o meio ambiente, já que os níveis de emissões serão os mesmos se não houvesse a transação. A lógica inerente a essa conclusão é parecida com aquela proposta pelo teorema de Coase, situação em que as empresas que podem reduzir mais facilmente a poluição estariam mais dispostas a vender quaisquer licenças que conseguissem obter e as empresas que não conseguem reduzir sua poluição, ou que seus custos para isso fossem muito altos, estariam dispostas a comprarem todas as licenças de que precisassem. A emissão de direitos de poluir pode ser mais eficiente do que a tributação para reduzir a poluição, uma vez que, suportando os impostos, as empresas poderiam continuar poluindo. Por outro lado, no sistema de créditos de direitos de poluir o número de créditos pode ser limitado pelo governo, funcionando como instrumento de controle das emissões. Assim, o mercado para permissões de emissões produzirá um eficiente padrão de emissões automaticamente (MANKIW, 2006; PARKIN, 2009; VARIAN, 2010).

3.2 CRESCIMENTO ECONÔMICO, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Ao crescimento da capacidade de determinada economia de produzir bens e serviços dá-se o nome de crescimento econômico, o qual é obtido pela variação do uso dessa capacidade de um período para outro. O crescimento econômico pode ser medido em termos nominais ou reais, sendo que neste último caso ajusta-se o índice de crescimento econômico pela inflação do período analisado. Embora existam medidas alternativas, tradicionalmente mede-se o crescimento econômico por meio da variação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

De acordo com as teorias econômicas mais recentes (neoclássicas), “em sua forma mais simples, a capacidade de produção de bens e serviços de uma economia está diretamente relacionada à disponibilidade de capital físico (máquinas e equipamentos), mão de obra, capital humano e tecnologia” (NÓBREGA; RIBEIRO,

2016, p. 260). No entanto, a ideia de desenvolvimento sustentável⁸ se apresenta como uma questão adicional a ser considerada ante o crescimento econômico. A seguir faz-se uma rápida e preliminar revisão da literatura acerca do crescimento econômico e meio ambiente.

Possivelmente o primeiro estudo a abordar essa questão foi o desenvolvido pelo economista clássico Thomas R. Malthus em 1798. A necessidade de se oferecer às populações futuras as mesmas condições e recursos naturais de que dispõe a população atual levou a preocupação com a preservação do meio ambiente. Malthus (1798) argumenta que mais cedo ou mais tarde haveria estrangulação da produção de alimentos que, segundo ele, cresce de forma linear, enquanto que a população cresce de forma exponencial. O crescimento linear se dá de forma aritmética, já o exponencial ocorre de forma geométrica. Assim, o crescimento da população seria sempre maior que o da produção de alimentos. No entanto, ele não considerou os avanços tecnológicos na área de produção de alimentos nem a redução das taxas de natalidade.

A discussão da questão apontada por Malthus, juntamente com novos elementos, foi retomada em abril de 1968, quando um grupo de pessoas formado por cientistas, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos, representantes de vários países, se reuniram em Roma para discutir, em termos mundiais, temas relacionados ao meio ambiente e à utilização de recursos naturais de forma indiscriminada. Pelo fato de a reunião ter acontecido em Roma o encontro recebeu o nome de Clube de Roma, que teve como objetivo examinar o seguinte conjunto de problemas comuns aos países: i) deterioração do meio ambiente; ii) aceleração da industrialização; iii) degradação dos recursos naturais não renováveis; iv) aumento dos indicadores de desnutrição; e v) rápido crescimento populacional (MEADOWS; MEADOWS; RANDERS, 1972).

Para o propósito deste estudo, a contribuição mais importante do Clube de Roma foi o relatório que aquela instituição encomendou ao *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, que abordou temas relacionados aos recursos naturais e meio ambiente, propondo o princípio de desenvolvimento sustentável. Naquele relatório foi

⁸ Desenvolvimento Sustentável é a capacidade que a humanidade tem de atender às suas necessidades no presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987).

apresentada uma prospecção sobre a utilização dos recursos naturais, chegando-se à mesma conclusão de Malthus (1798), de que o sistema tenderia a entrar em colapso se as ações humanas em relação ao meio ambiente não fossem repensadas imediatamente (MEADOWS; MEADOWS; RANDERS, 1972). Era preciso conciliar crescimento econômico com a preservação do meio ambiente.

Contudo, quando se fala em limite para o crescimento, o enfoque atual é ligeiramente diferente daquele dado por Malthus e posteriormente ratificado por Meadows. Enquanto eles se preocupavam com a exaustão dos recursos naturais ante o crescimento exponencial da população como entrave ao crescimento econômico, estudos mais recentes apontam que o problema que se enfrenta agora está mais relacionado aos benefícios indiretos (serviços de regulação) do capital natural, importantes para a saúde e bem-estar das pessoas.

Para se entender melhor o que seriam esses serviços de regulação propiciados pela natureza (capital natural) recorre-se a Duraiappah *et al.* (2005), que classificam os serviços providos pelo meio ambiente em quatro categorias:

- **Serviços de regulação** - benefícios obtidos com a regulação de processos naturais, incluindo a qualidade do ar, clima, água / inundação, erosão, purificação de água, controle de doenças e pragas, polinização, contenção da poluição.
- **Provisão de serviços** – produtos obtidos direto do ecossistema, incluindo água doce, alimentos, fibra (madeira, algodão, lenha), recursos genéticos, bioquímicos, medicamentos naturais e farmacêuticos, etc.
- **Serviços culturais** - benefícios não materiais que as pessoas obtêm dos ecossistemas através de enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e prazeres estéticos.
- **Serviços de apoio** - serviços necessários para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos, incluindo a formação do solo, a fotossíntese, a produção primária, o ciclo de nutrientes e o ciclo de água.

Assim, por muito anos, dentre os benefícios providos pelo meio ambiente, a possibilidade de estagnação da citada Provisão de Serviços foi vista como um limite para o crescimento econômico (MEADOWS; MEADOWS; RANDERS, 1972). No

entanto, recentemente tem ficado evidente que o limite para o crescimento pode não ser a quantidade limitada de matéria-prima que a natureza oferece, mas os Serviços de Regulação dos processos naturais que a natureza proporciona (BROCK; TAYLOR, 2005; DURAIAPPAH *et al.*, 2005). Para o combustível fóssil, por exemplo, que é não renovável, alternativas interessantes vêm sendo utilizadas de forma crescente, como a energia solar, eólica, hidroelétrica, biomassa, etanol etc. Paralelamente à mudança gradativa da matriz energética, está em franca expansão o uso de veículos movidos a eletricidade, dispensando o uso do combustível fóssil, que por ser finito poderia impedir o desenvolvimento. A tecnologia também está ajudando a produzir alimentos de uma forma que Maltus talvez nem pudesse imaginar.

Isso não quer dizer que a questão da exaustão dos recursos naturais não seja preocupante, mas o problema crítico que ora se apresenta relaciona-se mais fortemente à questão da poluição, dos resíduos industriais e da falta de água potável, num sentido mais amplo. Mais especificamente a questão da emissão dos GEE, que provoca o aquecimento global, seguramente está aumentando a temperatura do planeta e causando consequências negativas para a vida de muitas espécies.

Assim, o Serviço de Regulação vem recebendo mais atenção por parte dos pesquisadores, principalmente após os anos de 1990. Foi a partir desse período que começaram a surgir pesquisas empíricas com mais intensidade, as quais só foram possíveis a partir da mensuração e monitoramento dos indicadores ambientais. Por meio do serviço de regulação, a natureza dissipa o ar prejudicial, a água e os poluentes sólidos, funciona ainda como lugar de depósito de milhões de toneladas de lixo, muitas vezes compostos por produtos químicos e tóxicos. Quando a capacidade do meio ambiente de dissipar ou absorver resíduos é excedida, a qualidade ambiental diminui e a resposta a essa redução de qualidade pode, por sua vez, limitar o crescimento econômico (BROCK; TAYLOR, 2005). O crescimento pode ser limitado porque as reduções na qualidade ambiental exigem medidas mais intensas para redução das emissões e limpeza, que diminuem o retorno do investimento, afetando assim o desempenho da economia.

O problema das emissões dos GEE é ainda agravado uma vez que essas medidas de limpeza ou redução de emissões possuem custos nem sempre fáceis de serem atribuídos aos responsáveis pelo dano ao ambiente. Embora há algum tempo

seja possível categorizar os recursos naturais em renováveis (florestas, água, plantações) e não renováveis (gás, minério, petróleo), o foco das ações de preservação do meio ambiente recai mais facilmente sobre os fatores para os quais já existem direitos de propriedades definidos. Para os bens possíveis de serem atribuídos valores econômicos, a precificação age restringindo ou limitando o uso de recursos como petróleo e água potável, por exemplo. Essa precificação é que permite de certa forma internalizar os custos ambientais e reduzir a pressão sobre os recursos naturais dessa natureza. Já os recursos naturais como água dos mares e rios, o ar que respiramos ou a camada de ozônio não possuem valor econômico (direito de propriedade definidos), o que permite o surgimento de externalidades negativas, uma vez que o causador do dano ambiental não arca com os custos desses danos, repassando-os a toda sociedade.

Em suma, observando a literatura acerca do crescimento econômico e meio ambiente é possível constatar que, principalmente a partir da década de 1970, há uma mudança de foco. Desde então, verifica-se que há maior preocupação com o aquecimento global e as emissões de poluentes do que com o esgotamento final do petróleo ou do magnésio, por exemplo. Assim, o foco dessa pesquisa se dá sobre os determinantes das emissões de CO₂, um dos principais gases causadores do efeito estufa, considerando a hipótese Environmental Kuznets Curve (EKC), controlando os resultados pelo consumo de energia renováveis e não-renováveis, dentre outras variáveis teoricamente relacionadas ao nível de emissões dos países.

3.3 CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS (EKC)

O problema da mensuração do desenvolvimento sustentável embora seja antigo, ainda não foi equacionado. Para Halkos & Managi (2017) a chave do sucesso das políticas de desenvolvimento sustentável seria a criação de uma metodologia que fosse capaz de determinar o quão sustentável seria o desenvolvimento de um país. Essa metodologia seria importante para se entender o status do mundo na busca pelo desenvolvimento sustentável. Na seção seguinte, apresenta-se o modelo EKC, quem vem sendo estudado como uma tentativa de explicar o nexo entre desenvolvimento econômico e degradação ambiental.

Em 1965 e 1966 Simon Kuznets publicou estudos nos quais lançou a hipótese de que no decorrer do desenvolvimento econômico a desigualdade de renda aumenta nos momentos iniciais para depois, após determinado ponto, começar a diminuir. Essa relação na forma da letra “U” invertida entre desigualdade de renda e renda *per capita* passou a ser conhecida como curva de Kuznets (PANAYOTOU, 1993).

O tema crescimento econômico e meio ambiente começou a ser desenvolvido por Grossman e Krueger (1991). Eles examinaram a relação empírica entre renda nacional e medidas de qualidade ambiental para os países pertencentes ao *North American Free Trade Agreement (NAFTA)*. Este foi também o primeiro estudo a identificar a forma de “U” invertido na relação entre renda e degradação ambiental. O conceito foi popularizado em 1992 por meio do *World Bank Development Report* (IBRD, 1992) (STERN, 2004).

No entanto, embora Grossman e Krueger (1991) tenham sido pioneiros na realização de estudos que examinaram a relação empírica entre renda e qualidade ambiental, foi Panayotou (1993) quem cunhou a expressão EKC. Ele fez isso em referência à citada curva de Kuznets que, adaptada para a relação entre desenvolvimento econômico e degradação ambiental, passou a ser conhecida com EKC.

A ideia de que as coisas podem piorar antes de melhorar parece ter uma aplicabilidade mais geral. Sugere-se que a degradação ambiental também aumenta a princípio e depois reduz no curso do desenvolvimento econômico. Por exemplo, as cidades dos países que recentemente se industrializaram estão muito mais poluídas do que há 20 ou 30 anos, uma vez que seus níveis de poluição aumentam a taxas que excedem as taxas de crescimento econômico. Já os países industrializados há mais tempo, como o Japão, os EUA e a Europa Ocidental, hoje são mais limpos do que há 20 ou 30 anos (PANAYOTOU, 1993).

Esse raciocínio passa a ideia de que o aumento da renda seria capaz de resolver os problemas ambientais ao longo do desenvolvimento dos países, porém com pouca ou nenhuma comprovação empírica até a década de 1980. No entanto, a partir da década de 1990 isso começa a mudar. Com a disseminação mais intensa da computação, os institutos de pesquisas passaram a tabular e divulgar dados que contribuíram para o surgimento, de forma mais significativa, dos trabalhos empíricos,

os quais, adaptando os modelos econômicos existentes, tentam analisar e explicar a relação entre meio ambiente e crescimento econômico. Um desses modelos econômicos é a EKC (vide Figura 2).

Ao passo que pesquisas teóricas se ocupam em aprimorar ou criar novos modelos de crescimento econômico com ativos ambientais que replicam a EKC a partir de variadas hipóteses, os estudos empíricos, além de testar a hipótese do formato da curva, estimam também o ponto extremo (ponto de inflexão) de diversos tipos de indicadores de qualidade ambiental. O ponto de inflexão pode ser interpretado como o patamar de renda per capita a partir do qual se espera que haja melhora nas condições ambientais.

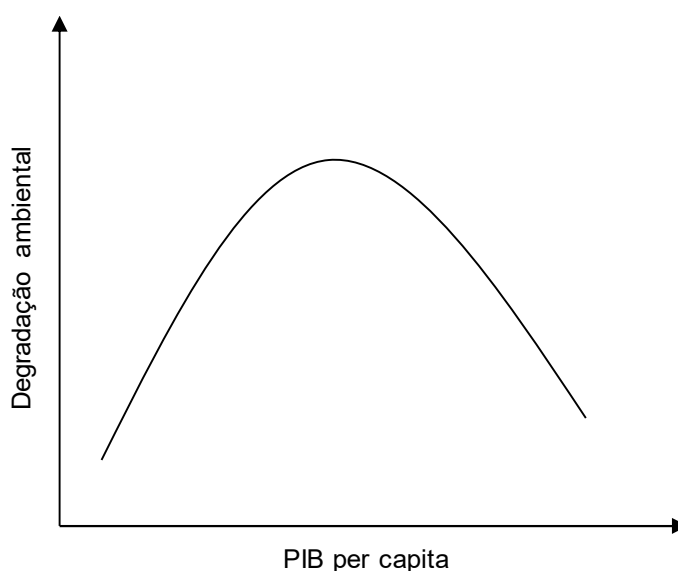


Figura 2 - Curva Ambiental de Kuznets

Fonte: Elaboração própria com base em (EVERETT *et al.*, 2010)

3.3.1 Fundamentação Econômica da EKC

Existe uma fundamentação econômica para o formato da EKC, de forma que o aumento ou redução da poluição concomitante ao aumento da atividade produtiva depende dos efeitos escala, composição e tecnologia. O efeito escala relaciona o aumento da poluição ao aumento da renda, partindo da premissa de que, mantendo tudo o mais constante, sempre que a produção aumenta há também aumento dos resíduos dessa produção, os quais representam algum tipo de poluição. De fato, o aumento da escala de produção demanda maior consumo de energia, maior queima

de combustíveis fósseis, mais transportes e tudo isso contribui para o aumento dos níveis de degradação ambiental.

O efeito composição considera que, mantendo constante o nível de produção e tecnologia, a alteração do mix produtivo poderá tanto aumentar o nível de poluição quanto reduzi-lo. Se a alteração do mix de produção ocorrer na direção de setores menos poluentes como, por exemplo, a transição de uma economia industrial para uma economia de serviços, o efeito sobre o meio ambiente será positivo. No entanto, os países tendem a se especializarem nas áreas que possuem vantagem competitiva. Se esta vantagem competitiva se der em função de diferenças na regulação ambiental, o efeito pode ser nocivo ao meio ambiente. Nesse cenário, cada país tenderá a se especializar nas atividades que seu governo não regula cuidadosamente, prejudicando assim a qualidade ambiental (PANAYOTOU, 1993). Portanto, o efeito da composição sobre o meio ambiente é ambíguo, tendo que ser analisado caso a caso para se verificar em quais das situações anteriores cada país melhor se encaixa.

Uma consequência mais ampla do efeito composição são as mudanças estruturais que acontecem nas economias. Por exemplo, a transição de uma economia assentada principalmente na agricultura, que tem uma demanda pouco intensa por energia, para uma economia industrial, principalmente indústria pesada, que por sua vez demandará maior consumo de energia, associa-se ao aumento da poluição. Outras duas transições são possíveis, que seriam inicialmente para uma indústria tecnologicamente mais limpa e em seguida para uma economia voltada mais para o setor de serviços. Dessa forma, ao longo dessas últimas transições seria possível reduzir os níveis de poluição ao mesmo tempo em que a renda continuaria aumentado (LOPES, 2013).

Por fim tem-se o efeito da tecnologia, sob o qual assume-se que avanços tecnológicos levam a maior eficiência de produção. De forma geral, os avanços das técnicas de produção levam ao uso de tecnologia mais limpa, de forma que, mantendo tudo mais constante, o emprego de novas tecnologias reduz o nível de poluição. Esses três efeitos (escala, composição e tecnologia) agem em conjunto no tempo e explicam o formato da EKC (BROCK; TAYLOR, 2005).

Assim, a dimensão dos efeitos escala, composição e tecnologia determinam a relação entre crescimento econômico e meio ambiente. A Figura 3 mostra essa relação.

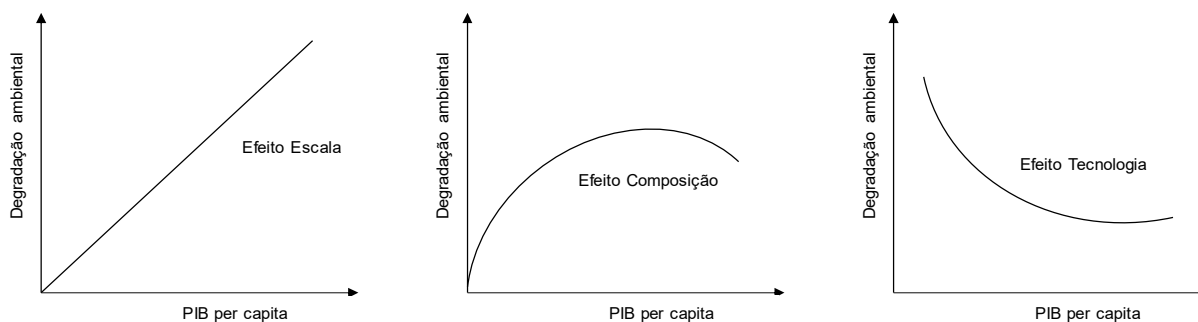


Figura 3 – Direcionadores do crescimento econômico e degradação ambiental

Fonte: Elaboração própria com base em (EVERETT *et al.*, 2010)

Existem outras explicações para a EKC, além dos efeitos escala, composição e tecnologia. Estudos como os de Brock e Taylor (2005) e Lopes (2013) defendem a ideia de que, após determinada sociedade atingir elevado padrão de vida, as pessoas passam a se preocupar mais com as questões ambientais. A questão da qualidade ambiental seria, então, um bem de luxo de forma que a disposição das pessoas a pagar por um meio ambiente de melhor qualidade aumentaria numa escala superior ao aumento da renda. A consequência disso seria um incremento na fiscalização ambiental, conscientização das pessoas e adoção de novas regras e regulamentação em benefício do meio ambiente.

Bruyn e Heintz (1998) apresentam outros argumentos para descrever o comportamento da EKC. Segundo os autores a relação entre renda *per capita* e degradação ambiental pode ser dividida em quatro fases, a saber: i) inicialmente a degradação ambiental cresce num ritmo mais acelerado do que a renda; na sequência ii) a degradação ambiental continua a existir, mas com crescimento mais lento do que o crescimento da renda; iii) essa desaceleração segue até o ponto em que, atingindo determinado patamar de renda, passa a existir uma melhora nas condições ambientais. Na fase seguinte, conforme Figura 4, é possível que o (a) crescimento da renda apresente uma tendência que se desconecte da questão ambiental, confirmando a hipótese da EKC. Essa reconexão (b) geraria nova pressão sobre o meio ambiente, resultando numa curva no formato de “N”, evidenciando um ciclo.

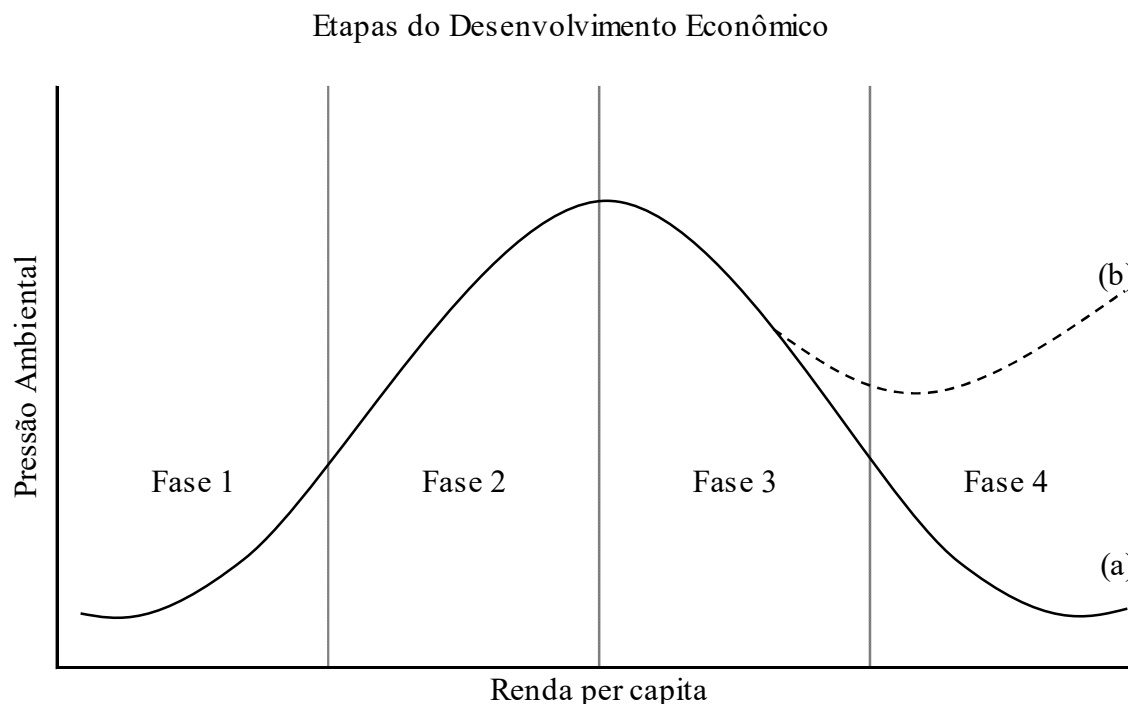


Figura 4 - Etapas do Desenvolvimento Econômico

Fonte: Adaptado de Bruyn e Heintz (1998)

Segundo (EVERETT *et al.*, 2010), possíveis explicações para a EKC incluem:

i) Progresso Tecnológico - as empresas inicialmente concentram seus esforços para que sua produção cresça o mais rápido possível e para isso investem em novas tecnologias. Como as novas tecnologias geralmente envolvem processos mais limpos de produção e alocação mais eficiente de recursos, o progresso tecnológico acaba impactando a EKC; ii) Mudança de Comportamento - o interesse imediato da sociedade é o de aumentar seu nível de consumo, independentemente de como isso acontece, mas após certo ponto de desenvolvimento, maior atenção é dada a outros fatores como qualidade de vida, incluindo aí a qualidade do meio ambiente.

Existem diversas tentativas de explicações para a EKC e o motivo para isso é que ainda não existe consenso na literatura acerca dessa hipótese. As pesquisas teóricas procuram construir modelos econométricos que buscam testar a EKC, enquanto que as pesquisas empíricas se dedicam a usar os dados disponíveis para testar a hipótese, nem sempre encontrando evidências que confirmem a EKC (LOPES, 2013). O fato é que desde os estudos seminais de Grossman e Krueger (1991) a EKC tem sido usada para descrever a relação entre crescimento econômico em qualidade ambiental.

3.3.2 Limitações da EKC

Os resultados encontrados para a hipótese EKC são em muitos casos diferentes, chegando até mesmo a serem conflitantes. Assim, apesar de seu extenso uso para explicar a relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental, existem algumas razões para questionar a relevância da hipótese EKC (EVERETT *et al.*, 2010; MAGNANI, 2000; STERN, 2004), destacando-se as seguintes:

- as definições de qualidade ambiental normalmente usadas nas análises da EKC baseiam-se em um conjunto limitado de poluentes. Assim, os resultados encontrados não se aplicam a todo tipo de degradação ambiental. Para o carbono e outros gases de efeito estufa, por outro lado, onde os impactos são globais e difusos, as emissões continuaram a aumentar com o aumento da renda *per capita* - mesmo nos países mais ricos (EVERETT *et al.*, 2010).
- Os modelos econométricos utilizados para testar a evidência da EKC se mostraram menos confiáveis e robustos, pois a escolha do modelo a ser utilizado para descrever a relação entre renda e meio ambiente tem significativo impacto nos resultados e nas análises (STERN, 2004).
- Demonstrou-se que os países com níveis semelhantes de riqueza têm um desempenho diferente, sem sinais claros ou sistemáticos de convergência. Além disso, parte decrescente da EKC existe apenas para economias com menos desigualdade e uma distribuição relativamente uniforme da riqueza (MAGNANI, 2000).

Para Dogan e Seker (2016), no entanto, muitos dos problemas atribuídos à hipótese EKC são na verdade surgidos em função de: i) omissão de variáveis significativas; ii) escolha de modelo econométrico incompatível; ou iii) erro na seleção e/ou tratamento do dados. Lopes (2013) conclui que os problemas apontados pelos críticos da EKC ocorrem por que os estudos são realizados com diferentes grupos de países, trabalha com diferentes intervalos de dados, ou se valem de especificações e estratégias de estimação distinta, dentre outras diferenças. Em favor da EKC Lopes conclui que ela é possível teoricamente e sua ocorrência só pode ser comprovada empiricamente caso a caso.

3.4 DESENVOLVIMENTO DAS HIPÓTESES DA PESQUISA

Com o objetivo de responder à questão da pesquisa, desenvolvem-se as hipóteses acerca dos países do Anexo I do protocolo de Quioto e do G7. Diversos são os estudos (vide Quadro 2) que investigaram a relação entre emissões de dióxido de carbono (CO₂) e renda (PIB), buscando testar a teoria EKC em vários países e regiões. Como resultado, vários estudos recentes utilizando dados em painéis confirmaram citada hipótese, por exemplo: Skaza e Blais (2014), que utilizaram uma amostra de 190 países, no período de 1950 a 2010; Al-Mulali e Sheau-Ting (2014) que estudaram 189 países, divididos em seis regiões, no período de 1990 a 2011; e Rault; Omri e Rault (2015) que investigaram os países do oriente médio e norte da África, para o período de 1990 a 2011. Por outro lado, têm-se também estudos recentes que não encontraram evidências que suportassem a validade da hipótese *EKC*. É o caso de Farhani e Ozturk (2015), que analisaram a relação entre CO₂ e PIB para a Tunísia, para o período de 1971 a 2012, e Al-Mulali; Saboori e Ozturk (2015), que estudaram a relação entre emissões CO₂ e renda para o Vietnã, para o período de 1981 a 2011. Assim, a **Hipótese 1** desta pesquisa é a de que a *EKC* é válida para as amostras.

No Quadro 2 apresenta-se breve levantamento da literatura existente acerca da relação entre emissão de CO₂ (utilizada como proxy para poluição), Renda (capturada pelo PIB) e consumo de energia, dentre outras variáveis. Desses estudos, parte testou a validade da hipótese *EKC* e parte não o fez. Os que testaram encontraram resultados conflitantes, mesmo considerando iguais países e regiões. No entanto, todos os estudos chegaram a um consenso, o de que o consumo agregado de energia contribui para o aumento da degradação ambiental (aumento das emissões de CO₂), embora relatem diferentes direções de causalidade de Granger entre emissões de carbono, consumo de energia, renda e abertura comercial. Assim, propõe-se: **Hipótese 2** de que há relação positiva entre a degradação ambiental, medida pela emissão de CO₂ e a renda dos países, medida pelo PIB *per capita*; **Hipótese 3** de que existe relação negativa entre consumo de energia de fontes renováveis e degradação ambiental; **Hipótese 4** de que existe relação positiva entre consumo de energia de fontes não renováveis e degradação ambiental.

Assim, diante das diferentes conclusões dos citados estudos sobre os efeitos da renda sobre a emissão de dióxido de carbono, é possível inferir que essas diferenças se devem ao viés surgido em função de: i) omissão de variáveis significativas; ii) escolha de modelo econométrico incompatível; ou iii) erro na seleção e/ou tratamento do dados (DOGAN; SEKER, 2016). Como já citado, na tentativa de resolver o problema do viés surgido em função de variáveis omitidas, muitos estudos incluíram no modelo econométrico diferentes variáveis como abertura comercial, nível de desenvolvimento financeiro, consumo de energia, investimento estrangeiro direto e urbanização (FARHANI; OZTURK, 2015; AL-MULALI; SABOORI; OZTURK, 2015; COWAN et al., 2014; JEBLI; YOUSSEF; OZTURK, 2016; XU; LIN, 2016). Por exemplo, Omri et al. (2015) examinam a relação entre desenvolvimento financeiro, emissão de CO₂, abertura comercial e crescimento econômico usando um modelo de painel de equações simultâneas para os países do Oriente Médio e África do Sul, para o período de 1990 a 2011. Os resultados indicaram causas bidirecionais entre emissão de CO₂ e crescimento econômico, bem como entre crescimento econômico e abertura comercial. Assim, propõe-se a **Hipótese 5** de que existe relação entre abertura comercial e degradação ambiental.

Da mesma forma, Halicioglu (2009) encontrou causalidade dinâmica entre emissão de CO₂ com renda, consumo de energia e comércio exterior na Turquia para o período de 1960 a 2005. Dogan e Turkekul (2016), utilizando o *Autorregressive Distributed Lag (ARDL)*, investigaram a relação entre emissão de CO₂ com consumo de energia, renda, abertura comercial, urbanização e desenvolvimento financeiro para os Estados Unidos para o período de 1960 a 2010. Esses autores evidenciaram que no longo prazo o consumo de energia e a urbanização aumentaram a degradação ambiental. Enquanto que desenvolvimento financeiro não apresentou influência, a abertura comercial levou à redução da degradação ambiental. Dessa forma, propõe-se a **Hipótese 6** de que existe relação significativa entre desenvolvimento financeiro e degradação ambiental.

Segundo Dogan e Turkekul (2016), a variável desenvolvimento financeiro foi introduzida na função ambiental por meio dos estudos de Jalil e Feridun (2011), Ozturk e Acaravci (2013) e Shahbaz (2013). O primeiro estudo discute o impacto do crescimento econômico, consumo de energia, abertura comercial e desenvolvimento financeiro sobre as emissões de CO₂ na China para o período de 1953 a 2006. Os

resultados evidenciaram que o desenvolvimento financeiro não impacta as emissões de CO₂ no longo prazo, enquanto que o crescimento econômico, consumo de energia e abertura comercial apresentam impactos significativos sobre essas emissões. Da mesma forma, Ozturk e Acaravci (2013) também investigaram a relação de causalidade entre CO₂ com PIB, consumo de energia, abertura comercial e desenvolvimento financeiro para a Turquia, para o períodos de 1960 a 2007. Os resultados evidenciaram que o crescimento na abertura comercial daquele país levou ao crescimento no volume das emissões, enquanto que desenvolvimento financeiro não apresenta efeito significativo no longo prazo. Por fim, Shahbaz (2013) estuda a relação entre instabilidade financeira e degradação ambiental, considerando o PIB, consumo de energia e abertura comercial no Paquistão para o período de 1971 a 2009. Os resultados empíricos evidenciaram que no longo prazo a variável instabilidade financeira pode causar aumento na degradação ambiental.

Quadro 2 – Estudos sobre total de energia consumida na literatura sobre meio ambiente e crescimento econômico

Estudo	País	Período	Variáveis	Método	Causalidade de Longo Prazo	Confirma EKC
(SAY; YÜCEL, 2006)	Turquia	1970-2002	CO ₂ , EC, GDP, POP	Análise de Regressão	GDP, EC e POP → CO ₂ ; GDP→EC; POP→EC; EC→CO ₂	Não investigada
(SOYTAS; SARI; EWING, 2007)	Estados Unidos	1960-2004	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	ADF, PP, OLS, VECM	EC→CO ₂ ; GDP→CO ₂	Não
(ANG, 2007)	França	1960-2000	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	ADF, PP, ERS, ARDL, VECM	GDP→EC; GDP→CO ₂	Sim
(ANG, 2008)	Malásia	1971-1999	CO ₂ , EC, GDP	ADF, PP, KPSS, VECM	CO ₂ →GDP; GDP↔EC	Não investigada
(HALICIOGLU, 2009)	Turquia	1960-2005	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR	ADF, ARDL, VECM	EC e TR→CO ₂ ; EC e GDP→CO ₂ ; CO ₂ e EC→GDP	Não
(SOYTAS; SARI, 2009)	Turquia	1960-2000	CO ₂ , EC, GDP	PP, ADF, KPSS, DFGLS, Granger Causality	CO ₂ →EC; GDP→CO ₂	Não investigada
(APERGIS; NICHOLAS; PAYNE, 2009)	América Central	1971-2004	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	IPS, Pedroni Cointegration, FMOLS, VECM	EC↔CO ₂ ; GDP→CO ₂ ; GDP→EC	Sim
(ATICI, 2009)	Europa	1980-2002	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR	OLS with FE e RE	EC→CO ₂	Sim
(OZTURK; ACARAVCI, 2010a)	Turquia	1968-2005	CO ₂ , GDP, ED, EMP	ARDL, VECM	EC→GDP; GDP→CO ₂ ; EC→CO ₂	Não
(OZTURK; ACARAVCI, 2010b)	Albânia, Bulgária, Hungria e Romênia	1980-2006	CO ₂ , ED, GDP	ARDL, VECM	EC→GDP; GDP→EC	Não investigada

(Continua na próxima página)

Quadro 2 (Continuação)

Estudo	País	Período	Variáveis	Método	Causalidade de Longo Prazo	Confirma EKC
(PAO, H. T.; TSAI, 2011)	Países do BRICS	1992-2007	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , FD	LLC, IPS, ADF, PP, OLS, VECM	FD, EC→CO ₂ ; EC↔GDP; GDP↔CO ₂	Sim
(JALIL; FERIDUN, 2011)	China	1953-2006	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , FD, TR	ADF, ARDL, VECM	EC, TR →CO ₂ ; FD→CO ₂	Sim
(PAO, H.-T.; YU; YANG, 2011)	Rússia	1990-2007	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	Ng-Perron, KPSS, Johansen Cointegration, OLS, VECM	EC→CO ₂ ; EC↔GDP; GDP↔CO ₂ ; EC→CO ₂	Não
(NASIR; UR REHMAN, 2011)	Pakistan	1972-2008	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR	ADF, PP, Johansen Cointegration, VECM	EC, TR→CO ₂ ; EC↔CO ₂ ; GDP→CO ₂	Sim
(SHARIF HOSSAIN, 2011)	Painel de Países Industrializados	1971-2007	CO ₂ , EC, GDP, URB, TR	LLC, IPS, Johansen cointegration, VECM	EC, GDP→CO ₂ ; GDP→CO ₂ , EC→CO ₂ ; TR→CO ₂ ; URB→GDP	Não investigada
(DU; WEI; CAI, 2012)	China	1995-2009	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , URB, TECH, IND	OLS with FE, GMM	IND, TECH, GDP→CO ₂	Não
(PARK; HONG, 2013)	Coreia do Sul	1991-2011	CO ₂ , EC, GDP	MS-RW, MS-AR, ARIMA, ARDL	GDP↔CO ₂	Não investigada
(OMRI, 2013)	Países MENA	1990-2011	CO ₂ , EC, GD, TR, URB	2SLS, 3SLS, Panel GMM	EC, GDP e URG→CO ₂ ; GDP↔EC; EC→CO ₂	Não investigada
(CHANDRAN; TANG, 2013)	ASEAN-5	1971-2008	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	DFGLS, Johansen Cointegration, VECM	GDP↔CO ₂ ; EC↔CO ₂	Não
(SHAHBAZ <i>et al.</i> , 2013)	Malásia	1971-2011	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , FD, TR	Ng-Perron, ARDL, VECM	EC, GDP→CO ₂ ; GDP↔CO ₂ ; EC↔CO ₂ ; FD↔CO ₂	Não investigada
(COWAN <i>et al.</i> , 2014)	BRICS	1990-2010	CO ₂ , ELC, GDP	Pesaran CD test, Konya, DH e EK Granger Causality	Índia: EC→CO ₂ ; Rússia: EC↔GDP, CO ₂ ↔GDP; Brasil: CO ₂ →GDP; África do Sul: GDP↔EC, GDP→CO ₂	Não investigada
(SHAHBAZ <i>et al.</i> , 2014)	Tunísia	1971-2010	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR	ZA, ARDL, VECM	EC, GDP→CO ₂	Sim
(YAVUZ, 2014)	Turquia	1960-2007	CO ₂ , EC, GDP, GDP ²	Gregory-Hansen Cointegration, Johansen Cointegration, OLS	EC, GDP→CO ₂	Sim
(FARHANI; OZTURK, 2015)	Tunísia	1971-2012	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR, FD, URB	DFGLS, ARDL, VECM	EC, TR, FD e URB→CO ₂ ; GDP, EC, FD, TR, URB→CO ₂	Não
(AJMI <i>et al.</i> , 2015)	Países do G-7	1960-2010	CO ₂ , EC, GDP	ADF, Ng-Perron, ZA, Granger Causality	Japan: GDP↔EC; GDP→CO ₂ ; Itália: GDP→EC; GDP→CO ₂ ; Canadá: EC→GDP; USA: EC↔CO ₂ ; França: EC→CO ₂	Não para Japão e Itália
(ALSHEHRY; BELLOUMI, 2015)	Arábia Saudita	1971-2010	CO ₂ , EC, P, GDP	ADF, PP, VECM	GDP→CO ₂ ; P→CO ₂ ; EC, P→GDP	Não investigada
(KASMAN; DUMAN, 2015)	Europa	1992-2010	CO ₂ ; EC, GDP, GDP ² , TR, URB	IPS, Breitung, Hadri, Pedroni Cointegration, FMOLS, Granger Causality	EC, TR e URB→CO ₂ ; GDP↔CO ₂ ; EC↔CO ₂ ; TR↔CO ₂ ; GDP↔EC; URB→CO ₂	Sim
(SHAHBAZ <i>et al.</i> , 2015)	99 Países	1972-2012	CO ₂ , EC, GDP, FD, FD ²	JPS, CADF, Pedroni Cointegration, Johansen cointegration, FMOLS, DH Causality	EC e GDP→CO ₂ , FD↔CO ₂ , EC↔CO ₂ , GDP→EC	Não investigada

(Continua na próxima página)

Quadro 2 (Continuação)

Estudo	País	Período	Variáveis	Método	Causalidade de Longo Prazo	Confirma EKC
(BAEK, 2015)	Países Nórdicos e Estados Unidos	1990-2011	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , GDP ³	DFGLS, ARDL	EC→CO ₂ ; GDP→CO ₂	Sim para a Islândia, apenas
(SEKER; ERTUGRUL; CETIN, 2015)	Turquia	1974-2010	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , FD	ADF, PP, Ng-Perron, ARDL, Hatemi-J Cointegration, VECM	EC, FD→CO ₂ ; EC, GDP→CO ₂ ; FD↔CO ₂	Sim
(AL-MULALI <i>et al.</i> , 2015)	93 Países	1980-2008	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR, FD, URB	IPS, ADF, PP, OLS com FE, GMM	EC, TR e URB→CO ₂	Sim para países de alta renda
(TANG; TAN, 2015)	Vietnam	1976-2009	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , FD	ADF, KPSS, Johansen cointegration, VECM	EC→CO ₂ ; GDP↔CO ₂ ; EC→CO ₂ ; FD↔CO ₂ ; GDP→EC; EC→FD	Sim
(DOGAN; TURKEKUL, 2015)	Estados Unidos	1960-2010	CO ₂ , EC, GDP, GDP ² , TR, URB, FD	ADF, ZA, ARD, VECM	EC→CO ₂ ; URB↔CO ₂ ; GDP→URB	Não
(DOGAN; SEKER, 2016)	União Europeia	1980-2012	CO ₂ , GDP, GDP ² , REC, NREC, TR	ADF, DOLS, CAUSALITY TEST	GDP→CO ₂ , REC↔CO ₂ , CO ₂ →NREC, TR→CO ₂ , GDP→NREC, GDP→TR	Sim

Nota: IPS (Ime, Pesaran e Shin unit root test), LLC (Levine Line Chu unit root test), PP (Phillips e Perron unit root test), ADF (Augmented Dickeye-Fuller unit root test), DFGLS (Dickey e Fuller test in generalized least squares), KPSS (Kwiatkowskie Phillipse Schmidt e Shin unit root test), ZA (Zivot e Andrews unit root test), Ng e Perron unit root test, Breitung unit root test, FE (fixed effects), RE (random effects), GMM (generalized methods of moments), Johansen cointegration test, Pedroni cointegration test, Granger causality, VECM (vector error correction mechanism) causality, DH (Dumitrescu and Hurlin) causality, FMOLS (fully modified ordinary least squares), ARDL (autoregressive distributed lag model), DOLS (dynamic ordinary least squares), REC (renewable energy consumption), RELC (renewable electricity consumption), NRELC (non-renewable electricity consumption), NREC (non-renewable energy consumption), TR (trade-trade openness), FD (financial development), URB (Urbanization), K (capital), L (labor), P(prices), POP (population), BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa), ASEAN (Association of South East Nations), MENA (Middle East and North Africa), OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), ↔(bidirectional Granger causality), →(unidirectional Granger causality).

Fonte: Elaboração própria a partir de Dogan e Seker (2016)

Ainda na tentativa de minimizar o problema da omissão de variável no modelo, diversas pesquisas introduziram a variável urbanização como variável explicativa (MARTÍNEZ-ZARZOSO; MARUOTTI, 2011; FARHANI; OZTURK, 2015; DOGAN; TURKEKUL, 2016; XU; LIN, 2016). Martínez-Zarzoso e Maruotti (2011) analisam o impacto da urbanização sobre as emissões de CO₂ para os países em desenvolvimento para o período de 1975 a 2003. Os resultados confirmaram a hipótese EKC entre urbanização e emissão de CO₂, inferindo que o aumento da população urbana leva ao aumento das emissões de CO₂ até certo nível, depois as emissões tendem a diminuir ante o contínuo aumento da população urbana. Farhani e Ozturk (2015) investigaram a relação entre emissão de CO₂, PIB, consumo de energia, desenvolvimento financeiro, abertura comercial e urbanização na Tunísia,

para o período de 1971 a 2012 e encontraram relação positiva entre urbanização e emissões de poluentes, evidenciado que o aumento em 1% na urbanização leva a um acréscimo de aproximadamente 0,67 nos níveis de emissão de CO₂. Dogan e Turkekul (2016) ao fazerem estudo semelhante sobre os Estados Unidos, abrangendo o período de 1960 a 2010 não encontraram relação significativa entre urbanização e emissão de CO₂ para aquele país. Xu e Lin (2016), utilizando dados em painéis, investigaram os fatores determinantes das emissões de CO₂ na China, segregando o estudo por regiões, para o período de 2000 a 2014. A variável urbanização mostrou-se positiva e significativamente relacionada ao nível de emissão de CO₂. Kasman e Duman (2015) investigaram a relação entre emissão de CO₂, renda, consumo de energia, abertura comercial e urbanização para os países da união europeia para o período de 1992 a 2010. O estudo confirmou a hipótese EKC para os países analisados e evidenciou relação positiva entre abertura comercial e urbanização sobre as emissões de gases poluentes. Além disso, identificou causalidade unidirecional indo de consumo de energia, abertura comercial e urbanização para emissão de CO₂; de PIB para consumo de energia; de PIB, consumo de energia e urbanização para abertura comercial; de urbanização para PIB; e de urbanização para abertura comercial. Assim, propõe-se a **Hipótese 7** de que há relação positiva entre urbanização e degradação ambiental.

Segundo Dogan e Turkekul (2016), os dois únicos estudos publicados até 2016 que consideram os efeitos das variáveis urbanização, abertura comercial, desenvolvimento financeiro em conjunto com consumo de energia e renda (PIB) sobre a qualidade ambiental (emissão de CO₂) foram desenvolvidos por Al-Mulali; Tang; Ozturk (2015) e Farhani; Ozturk (2015). O primeiro deles analisa a relação de longo prazo entre CO₂, consumo de energia, PIB, urbanização, abertura comercial e desenvolvimento financeiro para um painel de 129 países, divididos em quatro grupos, classificados de acordo com a magnitude do PIB. Os resultados mostraram que o consumo de energia está relacionado à degradação ambiental, enquanto que desenvolvimento financeiro se relaciona à melhora da qualidade ambiental em todos os grupos. Além disso, em três grupos, urbanização e PIB apresentaram relação negativa e positiva sobre as emissões de CO₂, respectivamente. O outro estudo, desenvolvido por Farhani e Ozturk (2015), investigou a relação entre emissões de CO₂ com PIB, consumo de energia, urbanização, abertura comercial e desenvolvimento

financeiro para a Tunísia, considerando o período de 1971 a 2012. Utilizando-se do modelo *Autoregressive Distributed Lag (ARDL)* demonstraram que todas as variáveis consideradas impactaram a degradação ambiental. Evidenciaram ainda que a hipótese *EKC* não é válida para aquele país. Os resultados empíricos no que diz respeito ao teste de causalidade de Granger indicaram causalidade de longo prazo indo de PIB, consumo de energia, desenvolvimento financeiro, abertura comercial e urbanização para emissão de CO₂, bem como de CO₂, PIB, consumo de energia, abertura comercial e urbanização para desenvolvimento financeiro.

O que se pode observar acerca da revisão da literatura é que os estudos empíricos falharam na obtenção de conclusões congruentes no que diz respeito aos efeitos das variáveis renda, consumo de energia, desenvolvimento financeiro, urbanização e abertura comercial sobre a qualidade ambiental. Também se observa resultados conflitantes na validação da hipótese *EKC*. Segundo Dogan e Turkekul (2016), a principal razão para as discrepâncias nos resultados apresentados por essas pesquisas reside nas características dos dados, nas técnicas de estimação e no nível de desenvolvimento do país no qual o estudo foi desenvolvido.

Resume-se a seguir as hipóteses de estudo ora propostas à luz da literatura existente. Estas hipóteses foram testadas tanto para os países do Anexo I do protocolo de Quioto, quanto para os países do G7.

- H₁: A hipótese *EKC* é válida para as amostras;
- H₂: Há relação positiva entre a degradação ambiental, medida pela emissão de CO₂, e a renda dos países, medida pelo PIB *per capita*;
- H₃: Existe relação negativa entre consumo de energia de fontes renováveis e degradação ambiental;
- H₄: Existe relação positiva entre consumo de energia de fontes não renováveis e degradação ambiental;
- H₅: Há relação entre abertura comercial e degradação ambiental;
- H₆: Existe relação significativa entre desenvolvimento financeiro e degradação ambiental; e
- H₇: Há relação positiva entre urbanização e degradação ambiental.

4 DESENHO DA PESQUISA

O modelo EKC assume que a variável latente poluição, capturada pelo nível de emissão de CO₂, aumenta com o rendimento (PIB) em estágios iniciais de crescimento econômico, mas, depois de certo ponto, o aumento da renda conduz à melhoria da educação, da tecnologia e conseqüentemente do meio ambiente (GROSSMAN; KRUEGER, 1991). Assim, a hipótese EKC pressupõe uma relação quadrática entre crescimento econômico e poluição ambiental. Além disso, Stern (2004) também indica uma suposição de que a elasticidade das emissões de CO₂ em relação ao rendimento real (PIB) é a mesma em todos os países, embora as emissões de carbono possam variar entre as economias em um dado nível de renda real. Estudos realizados por Bölük e Mert (2014) e Farhani e Shahbaz (2014) investigaram o nexo entre as questões ambientais, de energia e de crescimento econômico com base no modelo EKC, no qual o nível de emissão de CO₂ foi regredido com PIB, PIB ao quadrado, consumo de energia renovável (CER) e consumo de energia não-renovável (CENR), utilizando-se do seguinte modelo:

$$(CO_2)_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 CER_{it} + \beta_4 CENR_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Adicionalmente às variáveis PIB e consumo de energia, Halicioglu (2009) e Dogan e Turkekul (2016) enfatizaram a importância da abertura comercial na determinação das emissões de CO₂. Inserir mais essa variável (abertura comercial) para explicar as mudanças nas emissões de CO₂ fortalece o modelo na medida em que permite capturar os efeitos das variáveis omitidas através da composição, efeitos de escala e tecnologia envolvidos nas atividades comerciais (HALICIOGLU, 2009, JEBLI; YOUSSEF; OZTURK, 2016). A composição pode ser entendida quando determinado país se especializa na produção de determinados bens, obtendo assim vantagem competitiva. Isso leva ao aumento das vendas, tendo como consequência o aumento das emissões caso os bens produzidos sejam impactantes nas emissões. Efeito de escala significa que aumento nas vendas leva ao aumento do PIB, que leva ao maior consumo de energia, implicando no aumento das emissões de CO₂. Por fim,

o efeito da tecnologia refere-se à utilização de tecnologias que conduzam a melhorias ambientais no fluxo de produção e exportação.

Partindo da ideia de que o aumento da população urbana resulta em maior produção industrial, maior necessidade de transporte, maior consumo de energia e emissão de gases, é possível que o nível de urbanização do país possa influenciar a emissões de CO₂. Assim, diversos estudos introduziram as variáveis Abertura Comercial (AC) e Urbanização (URB) ao modelo inicial para teste da hipótese EKC (DOGAN; TURKEKUL, 2015; MARTÍNEZ-ZARZOSO; MARUOTTI, 2011; SHARIF HOSSAIN, 2011; SHARMA, 2011).

Outra variável que mais recentemente foi adicionada ao modelo foi o Desenvolvimento Financeiro (DF). A justificativa para a inclusão desta variável passa pelo entendimento de que o DF de um país pode levar a baixos custos de capital, baixa taxa de juros e rede de agentes superavitários dispostos a emprestar recursos em condições melhores que as verificadas em países pouco desenvolvidos nesta área. Neste cenário, os empreendedores dispõem de melhores condições para investir em máquinas e equipamentos, resultando em mais consumo de energia e emissão de CO₂. Em países com alto DF, pessoas que possuem baixa renda possuem acesso a linhas de créditos com taxas de juros mais baixas. Isso possibilita a compra de casas, automóveis e bens duráveis (TV, máquina de lavar, refrigeradores etc), o que aumenta a renda do país (PIB), o consumo de energia e a emissão de poluentes. Em contrapartida, o DF pode reduzir o consumo de energia e a emissão de poluentes, uma vez que a disponibilidade de capital a custos mais baixos pode financiar novas tecnologias estimulando a eficiência energética (DOGAN; TURKEKUL, 2015). Em estudo para estimar o impacto do DF sobre o consumo de energia dos países pertencentes ao *Gulf Cooperation Concil* (GCC), Al-Mulali e Lee (2013) evidenciaram impacto positivo do PIB, DF, URB e AC sobre o consumo de energia. Além deles, Tamazian; Chousa e Vadlamannati (2009), Ozturk e Acaravci (2013), Dogan e Turkekul (2016) consideraram AC e DF no modelo básico EKC.

Assim, dos estudos que inseriram novas variáveis ao modelo inicial (Equação 1), não se encontrou nenhum que tenha utilizado conjuntamente todas as variáveis no mesmo estudo. Esta pesquisa seguirá o modelo proposto por Al-Mulali; Saboori e Ozturk (2015), Farhani e Ozturk (2015) e Dogan e Turkekul (2015), inserindo nele as

variáveis Desenvolvimento Financeiro (DF) e Urbanização (URB). A Equação 2 apresenta o modelo já com a inclusão das variáveis DF e URB. Além disso, o estudo investiga o impacto do consumo de energia, segregado por fontes renováveis e fontes não renováveis sobre a degradação ambiental.

$$(CO_2)_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 CER_{it} + \beta_4 CENR_{it} + \beta_5 AC_{it} + \beta_6 DF_{it} + \beta_7 URB_{it} + e_{it} \quad (2)$$

Na equação 2 i e t representam cada país e ano, respectivamente. CO_2 é a emissão de dióxido de carbono *per capita*; PIB é o produto interno bruto *per capita*, PIB^2 é o quadrado do produto interno bruto; CER é a produção de energia de fonte renovável, incluindo hidrelétrica, solar, eólica e biomassas, mensurada em quilowatt-hora; $CENR$ é o consumo de energia mensurado em quilogramas equivalente de petróleo *per capita*; AC é abertura comercial, mensurada por meio da soma da exportações com a importações, dividindo-se o total pelo PIB ; DF que é o nível de desenvolvimento financeiro, mensurado pelo crédito doméstico disponibilizado pelo setor financeiro e, por fim, URB é a taxa de urbanização, mensurada dividindo-se a população urbana pela população total. O painel foi composto pelos países signatários do protocolo de Quioto, compreendendo o período de 1990 a 2014. Os dados dos anos de 2015 a 2017 ainda não estavam consolidados na base de dados do banco mundial. Adicionalmente, para efeito de comparação e controle, aplicou-se esse mesmo modelo para os países do G7. Como mencionado, tentou-se, da mesma forma, aplicar esse modelo ao grupo dos países mais endividados, mais pobres. Isso, porém, isso não foi possível devido à quantidade significativa de dados faltantes, o que inviabilizou a aplicação do método. Os dados foram obtidos junto ao endereço eletrônico do *World Bank* (<http://data.worldbank.org>) e junto ao site da *U.S. Energy Information Administration* (www.eia.gov). O Quadro 3 apresenta a justificativa e comportamento esperado das variáveis de interesse direto do estudo (CO_2 , PIB , CER e $CENR$) e variáveis de controles (AC , DF e URB).

Todos os dados foram convertidos nos seus logaritmos naturais de forma a obter elasticidade das emissões de CO_2 em relação às variáveis independentes. No caso de a hipótese EKC ser válida, espera-se que $\beta_1 > 0$ e $\beta_2 < 0$. Além disso, espera-

se que β_3 seja negativo enquanto que β_4 deverá ser positivo. Os sinais esperados dos coeficientes de todas as variáveis estão justificados no Quadro 3.

Quadro 3 – Justificativa das variáveis

Variáveis	Justificativa
PIB	Quanto maior o crescimento econômico, mensurado pelo Produto Interno Bruto, esperam-se maiores emissões de poluentes, sobretudo CO ₂ (ANG, 2007; APERGIS, N.; PAYNE, 2015; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2009; BAEK, 2015). Existe uma relação positiva e significativa entre o crescimento econômico e emissão de CO ₂ .
CER	O consumo de energia renovável contribui com cerca de 50% menos por unidade de energia consumida que o consumo de energia fóssil em termos de emissões de GEE. Isso implica que uma mudança na mistura de consumo de energia para tecnologias alternativas de energia renovável pode diminuir as emissões de GEE (BÖLÜK; MERT, 2014). Quanto maior a utilização de energia limpa, menor a emissão de CO ₂ . Deste modo, a energia renovável mitiga as emissões de CO ₂ , resultando em impacto negativo entre ambos (Al-Mulali, Saboori, et al., 2015; Apergis & Payne, 2014; Baek & Pride, 2014; Bengochea & Faet, 2012; Bölük & Mert, 2014, 2015; Farhani & Shahbaz, 2014; Jebli et al., 2016; López-Menéndez et al., 2014; Shafiei & Salim, 2014).
CENR	Existe uma relação direta entre o consumo de energia não renovável e a emissão de CO ₂ . Quanto maior o consumo de energia não renovável, espere-se, maior emissão de poluentes (DOGAN; SEKER, 2016).
AC	Quanto maior a abertura comercial, menor a poluição, mensurada pela emissão CO ₂ , visto que a elevação das negociações com o comércio internacional reduz os níveis de emissões (JEBLI; YOUSSEF; OZTURK, 2016; MOUSELLI; JAAFAR; GODDARD, 2013). Essa variável é dada pela soma das importações com as exportações, escalonada pelo PIB do país. Está disponível na base de dados do Banco Mundial.
DF	Países que são mais desenvolvidos financeiramente possuem custos financeiros mais baixos, melhores redes de financiamento, oferecendo condições às empresas de fazerem mais investimentos, adquirindo novas máquinas e equipamentos, resultando em maior consumo energético e emissões de CO ₂ . O desenvolvimento financeiro também proporciona taxas de crédito mais baixas, aumentando o consumo, que estimula produção, o consumo de energia e a emissão de gases (DOGAN; TURKEKUL, 2016, TAMAZIAN; CHOUSA & VADLAMANNATI, 2009).
URB	O crescimento da população urbana resulta no aumento da produção industrial, transporte, consumo de energia e, conseqüentemente, emissão de gases (MARTÍNEZ-ZARZOSO & MARUOTTI, 2011; KASMAN & DUMAN, 2015).

4.1 MÉTODO

A amostra é composta pelos países que fazem parte do Anexo I do protocolo de Quioto. No entanto, são estudados os países do G7 para efeito de comparação. O objetivo é melhor compreender e comparar os resultados verificados no grupo do Anexo I. Reitera-se que inicialmente havia a pretensão de estudar os países mais

pobres e endividados, tomados também para comparação. No entanto, a qualidade e disponibilidade dos dados para esses países não foi suficiente para a análise econométrica.

Assim, foram dois os painéis objeto de análise (Anexo I e G7). O primeiro é composto por 39 países observados no período de 1990 a 2014, portanto 975 observações; o segundo, formado por sete países, observados no mesmo período, é composto por 175 observações. Ao buscar identificar o impacto do consumo de energia de fontes renováveis (CER) e não renováveis (CENR) sobre o nível de degradação ambiental (CO_2), o estudo parte do modelo econométrico básico, que leva em consideração apenas a renda *per capita* (PIB) dos países. Utilizam-se ainda as variáveis abertura comercial (AC), nível de desenvolvimento financeiro (DF) e índice de urbanização (URB) dos países como variáveis de controle.

Esta seção trata das técnicas de estimação de dados em painel, como teste de independência transversal, teste de raiz unitária, teste de cointegração, estimação dos coeficiente e teste de causalidade de Granger. A seguir, apresentam-se sucintamente as principais características da análise de dados em painel, destacando-se suas vantagens e fraquezas.

Os dados das séries temporais oferecem tipicamente uma observação a cada período de tempo, como PIB anual do Brasil ao longo de determinado período. Já os dados das séries transversais (*cross-sectionals*) fornecem informações de países, pessoas, empresas, entre outros, em determinada data.

Segundo Startz (2009), a análise de dados em painel apresenta duas grandes vantagens sobre a análise de séries temporais ou análise de dados cruzados. A vantagem mais evidente segundo o autor é que os dados em painel frequentemente possuem muito mais observações.

Baltagi (2005) elenca mais detalhadamente as vantagens da análise de dados em painel: i) controle para heterogeneidade individual, isso significa a possibilidade de se avaliar separadamente os efeitos gerados pelas diferenças verificadas em cada observação *cross-sectional*, possibilitando ainda a avaliação de cada indivíduo ao longo do tempo; ii) possibilita a utilização de dados com maior poder informativo, maior variabilidade e menor colinearidade entre as variáveis, mais graus de liberdade e

maior eficiência estatística; iii) permite estudar as dinâmicas dos ajustamentos das variáveis explicativas sobre a variável dependente; iv) possibilita a identificação e mensuração de efeitos não identificáveis por meio de cortes transversais (*cross-section*) e séries temporais de forma isolada; e v) possibilita aplicar e testar modelos mais complexos em comparação aos modelos de séries temporais ou cortes transversais.

Apesar das muitas vantagens da análise de dados em painel, existem alguns contratempos. Esse tipo de análise pode gerar problemas de inferência e estimação. Problemas de heterocedasticidade, por exemplo, presentes nas séries de cortes transversais e de autocorrelação comumente encontrados em séries temporais precisam ser tratados (GUJARATI, 2006). Algumas outras limitações são citadas por Baltagi (2005): i) viés em função do período considerado para amostra; ii) problema de seletividade, surgidos em função dos dados faltantes, que geram problema de painéis não balanceados; e iii) Dimensão curta da série temporal.

No entanto, apesar das deficiências ora apresentadas acerca do modelo, é fato que qualquer modelo econométrico terá seus pontos fortes e pontos fracos. Além disso, os pontos positivos desse tipo de análise são muitos e os problemas que apresenta são na maioria tratáveis, ou seja, passíveis de solução. Assim, segue-se com a especificação do modelo.

Por convenção, os dados das séries temporais são numerados de 1 a T. Já os dados das seções cruzadas são elencados de 1 a N. Assim a análise de dados em painel, que combina das duas dimensões anteriores, estima a linha da regressão usando N x T observações, aumentando significativamente o número de observações. Usando i subscrito para cada dado transversal t subscrito para cada período, a equação de ajuste da linha da regressão pode ser escrita conforme Modelo 3.

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + u_{it} \quad (3)$$

Na Equação (3) y_{it} é a variável dependente, α é o intercepto, β é o vetor de parâmetro $k \times 1$ a ser estimado sobre a variável explicativa, e x_{it} é o vetor de parâmetro $1 \times k$ das variáveis explicativas, $t = 1, \dots, T$; $i = 1, \dots, N$. Contudo, antes da aplicação da técnica de análise de dados em painel é necessário conhecer o “comportamento” das séries. Assim, alguns testes preliminares são feitos a fim de melhor parametrizar a

análise proposta. Por exemplo, se a série não for estacionária e essa condição deixar de ser observada quando da análise, corre-se o risco de se obter uma regressão espúria⁹ (BROOKS, 2014). A seguir são detalhados esses testes.

4.2 TESTE DE INDEPENDÊNCIA TRANSVERSAL E TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

Antes de analisar as propriedades de estacionariedade das variáveis CO₂, PIB, PIB², CER, CENR, AC, DF e URB, será realizado o teste de dependência transversal de Pesaran a fim de se verificar se existe ou não dependência transversal entre cada painel de dados das séries temporais (PESARAN, 2004). A correlação entre os dados da série temporal para os países pode ocorrer devido a eventos conhecidos como efeitos heterogêneos nos membros ou efeitos locais de dispersão entre os membros. Desconsiderar a questão da dependência transversal pode resultar em erros de previsão do modelo (DOGAN; SEKER, 2016).

Na presença de dependências transversais entre os países do painel, sob pena de causar erros de previsão, testes convencionais de raiz da unitária de primeira geração, como os testes de Levin-Lin-Chu (LLC), Im, Pesaran e Shin (IPS) não devem ser usados porque eles não assumem nenhuma dependência no painel. Assim, no caso de se identificar dependência transversal, será utilizado o teste *covariate-augmented Dickey Fuller* (CADF), uma vez que é mais apropriado na presença de dependência transversal (PESARAN, 2007).

4.3 TESTE DE COINTEGRAÇÃO

Para verificar se as variáveis são cointegradas, utiliza-se o Lagrange Multiplier (LM) *Bootstrap panel cointegration test*. O uso do teste de cointegração é importante para se verificar a relação de longo prazo das séries não estacionárias. Dessa forma, o problema de diferenciação das séries pode ser resolvido por meio do teste de cointegração (DOGAN; SEKER, 2016).

A presença de relação de cointegração entre as variáveis indica que os coeficientes são estatística e economicamente significativos no longo prazo. Dos

⁹ Regressão espúria é quando se detecta relação estatística entre variáveis sem que haja relação de causa e efeito entre elas (BROOKS, 2014).

vários estimadores que podem ser usados, o estimador de mínimos quadrados ordinários (OLS) é muito popular e está entre os mais utilizados na literatura (DOGAN; SEKER, 2016). No entanto, para se verificar a relação de curto prazo entre as variáveis torna-se necessário introduzir um termo de correção de erro, o *Error Correction Term (ECT)*, conforme especificado no Modelo 4.

$$\Delta y_{it} = \alpha + \beta_1 \Delta x_{it} + \beta_2 (\hat{u}_{t-1}) + u_{it} \quad (4)$$

4.4 TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER

De acordo com Dogan e Seker (2016), os coeficientes obtidos por meio da análise de dados em painel permitem inferências significativas. Todavia, esses resultados não fornecem nenhuma informação sobre a relação causal entre as variáveis analisadas. É importante que os agentes políticos conheçam as direções de causalidade entre as variáveis, pois isso facilita a implementação de políticas apropriadas. Dessa forma, esta pesquisa emprega o teste de causalidade de Granger desenvolvido por Dumitrescu e Hurlin (2012) para demonstrar a direção de causalidade entre as variáveis.

5 ANÁLISE DO RESULTADO

Esse estudo examina a relação ente emissão de dióxido de carbono, renda, consumo de energia de fontes renováveis, consumo de energia de fontes não renováveis, abertura comercial, desenvolvimento financeiro e urbanização para os países do Anexo I e do G7 no período de 1990 a 2014.

5.1 BREVE DESCRIÇÃO DOS DADOS

Antes da apresentação das análises econométricas, apresenta-se a estatística descritiva das principais variáveis. A Tabela 1 mostra o resumo estatístico para os países do Anexo I e a Tabela 2 para os países do G7.

Para os países do Anexo I, quando se analisa as emissões de CO₂, em tonelada métrica *per capita* por ano (emissão de dióxido de carbono provenientes da queima de combustíveis fósseis líquidos, sólidos e gasosos), os três países mais poluentes são: Luxemburgo com 21,92t, seguindo pelos Estados Unidos com 18,79t, e Austrália com 16,72t. Os três países que menos emitem esse tipo de poluentes são: Turquia com 3,47t, Letônia com 3,58t, e Lituânia com 4,34t. Num universo dos 39 países membros do Anexo I, são significativas as diferenças apresentadas entre as emissões produzidas pelos três países mais poluentes e as produzidas pelos três que menos poluem, revelando de certa forma a heterogeneidade do grupo.

Quando se observa a variável PIB *per capita* anual, destacam-se como os três mais ricos: Luxemburgo com U\$ 91.521,77, seguido pela Noruega com U\$ 80.323,46 e pela Suíça com U\$ 68.151,34. Os três países com menor PIB *per capita* são: Ucrânia com U\$ 2.645,80, seguido pela Bielorrússia com U\$3.939,47 e Bulgária com U\$ 5.153,79. É também acentuada a diferença entre os três países mais ricos e os três mais pobres, tomando como base o PIB *per capita*. Observa-se que Luxemburgo, com maior nível de emissão, apresenta também o maior PIB *per capita*. A subseção que trata da análise dos coeficientes testa essa e outras hipóteses.

Tabela 1 – Estatística descritiva das principais variáveis para os países do Anexo I

País	Var.	Média	Mínimo	Máximo	País	Var.	Média	Mínimo	Máximo	País	Var.	Média	Mínimo	Máximo
AUS	CO2	16.72	15.13	18.20	DEU	CO2	10.01	8.82	11.62	POL	CO2	8.39	7.52	9.67
	CENR	94.03	93.39	95.51		CENR	83.20	79.56	87.10		CENR	95.04	90.09	98.05
	PIB	45,118	34,968	54,394		PIB	38,468	32,337	44,875		PIB	9,326	5,511	14,090
	CER	8.07	6.67	9.50		CER	5.94	1.99	13.38		CER	7.16	2.06	11.55
AUT	CO2	7.90	6.87	9.02	GRC	CO2	7.88	6.18	8.98	PRT	CO2	5.24	4.24	6.41
	CENR	74.86	64.90	79.13		CENR	92.85	86.06	94.59		CENR	80.51	72.66	86.51
	PIB	41,932	33,787	47,943		PIB	23,770	19,304	30,055		PIB	20,524	16,687	22,830
	CER	27.26	22.58	35.78		CER	9.00	6.81	16.29		CER	23.75	18.07	30.50
BLR	CO2	6.28	5.31	8.56	HUN	CO2	5.53	4.26	6.71	ROU	CO2	4.75	3.52	7.50
	CENR	92.71	90.67	95.62		CENR	78.86	67.99	83.14		CENR	85.13	72.76	96.15
	PIB	3,939	2,025	6,665		PIB	11,345	8,507	14,042		PIB	6,352	4,323	9,159
	CER	4.72	0.82	7.38		CER	6.21	3.86	10.36		CER	15.48	3.36	24.34
BEL	CO2	10.39	8.33	11.62	ISL	CO2	7.12	5.61	8.22	RUS	CO2	11.48	10.13	13.98
	CENR	74.69	70.29	77.65		CENR	21.70	10.25	30.74		CENR	91.40	90.16	93.40
	PIB	40,050	33,162	45,013		PIB	37,755	29,421	46,695		PIB	8,475	5,506	11,616
	CER	3.04	0.94	9.04		CER	63.35	52.25	77.36		CER	3.61	3.23	4.04
BGR	CO2	6.33	5.33	8.54	IRL	CO2	9.49	7.38	11.39	SVK	CO2	7.11	5.66	8.33
	CENR	75.69	70.21	84.12		CENR	89.05	84.56	93.28		CENR	73.60	63.95	81.62
	PIB	5,154	3,583	7,300		PIB	41,204	23,511	54,037		PIB	12,630	7,676	17,972
	CER	8.25	1.92	18.16		CER	3.40	1.90	8.47		CER	6.17	2.09	12.14
CAN	CO2	16.20	14.71	17.46	ITA	CO2	7.37	5.27	8.22	SVN	CO2	7.44	6.21	8.59
	CENR	74.43	71.70	76.55		CENR	89.16	78.59	93.44		CENR	69.63	59.66	74.28
	PIB	43,297	35,109	50,067		PIB	34,806	30,839	38,237		PIB	20,763	15,063	25,447
	CER	21.98	21.01	23.10		CER	7.77	3.78	17.09		CER	14.89	10.23	22.68
HRV	CO2	4.44	3.55	5.37	JPN	CO2	9.41	8.62	9.91	ESP	CO2	6.52	5.03	8.10
	CENR	76.72	70.70	81.05		CENR	83.87	79.41	94.68		CENR	79.03	71.53	83.47
	PIB	12,158	8,475	14,779		PIB	42,562	37,906	46,466		PIB	27,831	22,465	32,460
	CER	28.15	21.92	34.13		CER	4.17	3.57	5.53		CER	10.33	7.29	17.35
CZE	CO2	11.45	9.17	13.39	LVA	CO2	3.58	2.68	5.41	SWE	CO2	5.67	4.48	6.43
	CENR	85.05	74.69	91.75		CENR	65.84	56.72	81.77		CENR	34.58	29.73	37.45
	PIB	16,345	12,277	20,479		PIB	9,768	5,133	13,817		PIB	45,381	35,239	53,562
	CER	6.58	2.58	12.75		CER	32.83	17.57	40.37		CER	39.12	31.35	49.90
DNK	CO2	9.64	5.94	13.71	LTU	CO2	4.34	3.48	5.99	CHE	CO2	5.51	4.31	6.35
	CENR	85.79	68.53	98.53		CENR	63.06	52.16	77.73		CENR	54.63	48.74	58.76
	PIB	54,429	44,569	61,175		PIB	9,959	5,322	14,933		PIB	68,151	61,160	75,800
	CER	14.21	7.04	30.22		CER	15.79	2.89	28.07		CER	19.34	17.11	23.45
EST	CO2	12.76	10.64	15.58	LUX	CO2	21.92	17.32	27.43	TUR	CO2	3.47	2.71	4.49
	CENR	28.34	14.49	43.74		CENR	87.21	82.72	91.26		CENR	86.09	81.37	90.57
	PIB	13,075	7,314	17,627		PIB	91,522	65,922	111,968		PIB	9,077	6,709	13,312
	CER	17.59	3.36	25.25		CER	3.53	1.27	6.97		CER	17.89	11.58	24.57
EUU	CO2	7.88	6.38	8.59	NLD	CO2	10.91	9.92	11.97	UKR	CO2	7.21	5.02	12.10
	CENR	77.83	71.15	82.02		CENR	93.95	90.95	96.18		CENR	83.97	75.33	91.83
	PIB	30,374	24,745	34,639		PIB	44,990	35,483	52,118		PIB	2,646	1,687	3,965
	CER	9.34	6.13	16.05		CER	2.63	1.26	5.67		CER	1.68	0.60	3.50
FIN	CO2	10.83	8.66	13.26	NZL	CO2	7.82	6.89	8.88	GBR	CO2	8.72	6.50	9.87
	CENR	50.90	42.10	56.88		CENR	67.10	59.79	72.05		CENR	87.64	82.63	90.65
	PIB	40,336	29,783	49,364		PIB	30,462	23,783	36,006		PIB	35,450	28,221	40,892
	CER	30.72	24.03	41.19		CER	29.46	26.79	32.03		CER	2.02	0.61	7.29
FRA	CO2	5.84	4.57	6.67	NOR	CO2	9.15	7.43	12.29	USA	CO2	18.79	16.30	20.18
	CENR	52.50	46.21	58.15		CENR	56.20	52.05	63.11		CENR	85.34	82.93	86.46
	PIB	37,966	32,596	41,697		PIB	80,323	60,286	91,594		PIB	44,455	35,804	50,783
	CER	10.40	8.50	13.41		CER	58.62	56.26	61.38		CER	5.86	4.09	8.93

Nota: CO2 medido em toneladas métricas per capita ano; CENR dado em percentual do consumo total; PIB em US 1,00 per capital anual.

Quanto ao consumo de energia de fontes renováveis, CER, que é dado em percentual do consumo total de energia, os três países que mais se utilizam desse tipo de energia são: Islândia com 63%, seguida pela Noruega com 59% e pela Suécia com 39%. Os três piores países no quesito de consumo de energia de fontes renováveis são: Ucrânia com apenas 1,68%, seguida pelo Reino Unido com 2,02% e pela Holanda com 2,63%. Novamente nota acentuada diferença entre os países.

Ao se observar o consumo relativo de energia originada de combustíveis fósseis, os três países que mais se utilizam dessa fonte são: Polônia com 95%, seguida pela Austrália com 94% e pela Holanda com 93%. Já, os três países que menos se utilizam dessa fonte de energia são: Islândia, com 21%, seguida pela Estônia com 28% e pela Suécia com 34%.

Quando se observa os países do G7, cuja estatística descritiva é mostrada na Tabela 2, as emissões de CO₂ em ordem decrescente são: Estados Unidos com 18,79 t, Canadá com 16,2 t, Alemanha com 10,01 t, Japão com 9,41 t, Reino Unido com 8,72 t, Itália com 7,37 t e França com 5,8 t *per capita*.

Ao classificar esses países por nível de riqueza (PIB *per capita* médio), os Estados Unidos aparecem em primeiro lugar com U\$ 44.454,70, em seguida vem o Canadá com U\$ 43.297,38, Japão com 42.561,54, Alemanha com U\$ 38.467,80, França com U\$ 37.966,35, Reino Unido com U\$ 35.450,25 e por fim Itália com U\$ 34.805,88 *per capita*. Novamente observa-se relação positiva entre nível de renda e emissão de poluentes, corroborando a hipótese uma desta pesquisa. Os dois países que mais emitem CO₂ do G7 são Estados Unidos e Canadá, justamente os dois com maior PIB *per capita*.

A relação esboçada acima torna interessante observar qual é o percentual de consumo médio de energia de fontes renováveis (CER) e de fontes não renováveis (CENR). Em termos de consumo energético proveniente de fontes renováveis, o Canadá vem em primeiro lugar com 22%. Em seguida vem a França com 10,4%, Itália com 7,8%, Alemanha com 5,9%, Estados Unidos com 5,8%, Japão com 4,17% e Reino Unido com 2,02%.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis para os países do G7

País	Var.	Média	Mínimo	Máximo
CAN	CO2	16.20	14.71	17.46
	CENR	74.43	71.70	76.55
	PIB	43,297.38	35,108.52	50,067.04
	CER	21.98	21.01	23.10
FRA	CO2	5.84	4.57	6.67
	CENR	52.50	46.21	58.15
	PIB	37,966.35	32,596.01	41,696.69
	CER	10.40	8.50	13.41
DEU	CO2	10.01	8.82	11.62
	CENR	83.20	79.56	87.10
	PIB	38,467.80	32,337.10	44,874.88
	CER	5.94	1.99	13.38
ITA	CO2	7.37	5.27	8.22
	CENR	89.16	78.59	93.44
	PIB	34,805.88	30,839.28	38,236.80
	CER	7.77	3.78	17.09
JPN	CO2	9.41	8.62	9.91
	CENR	83.87	79.41	94.68
	PIB	42,561.54	37,906.16	46,466.12
	CER	4.17	3.57	5.53
GBR	CO2	8.72	6.50	9.87
	CENR	87.64	82.63	90.65
	PIB	35,450.25	28,220.91	40,891.89
	CER	2.02	0.61	7.29
USA	CO2	18.79	16.30	20.18
	CENR	85.34	82.93	86.46
	PIB	44,454.70	35,803.87	50,782.52
	CER	5.86	4.09	8.93

Observando agora o consumo energético oriundo de fontes não renováveis, o país que aparece em primeiro lugar é a Itália; com 89%. Em seguida aparecem o Reino Unido (87%), Estados Unidos (85%), Japão (84%), Alemanha (83%), Canadá (74%) e França, com 52,5%.

Após a apresentação resumida da estatística descritiva das principais variáveis, as subseções seguintes trazem os testes de dependência *cross-sectional*, testes de raízes unitárias para o painel, testes de cointegração, estimação dos coeficientes,

além do teste de causalidade de Granger. São ainda apresentadas informações complementares àquelas desenvolvidas na seção anterior. O objetivo é o de facilitar a compreensão e demonstrar a robustez do método ante os resultados empíricos encontrados por meio da técnica de análise de dados em painel. Para todas as análises seguintes, as variáveis foram convertidas em seu logaritmo natural, de forma a obter a elasticidade da emissão de CO₂ em relação às demais variáveis. Isso significa que o coeficiente encontrado representa alteração percentual pela qual a variável explicativa impacta a variável dependente.

5.2 DETECÇÃO DA DEPENDÊNCIA MÚTUA ENTRE OS PAÍSES

Antes de analisar as propriedades de estacionariedade das variáveis CO₂, PIB (PIB²), CER (consumo de energia renovável), CENR (consumo de energia não renovável), AC (abertura comercial), DF (desenvolvimento financeiro) e URB (urbanização), fez-se o teste para verificar se há dependência *cross-sectional* em cada painel das séries temporais. Falha em identificar dependência *cross-sectional* pode resultar em erro de previsão do modelo (DOGAN; SEKER, 2016). Correlações entre os dados das séries temporais para os países-membros do Anexo I e do G7 podem ocorrer devido tanto a eventos globalmente conhecidos com efeitos heterogênicos sobre os países, quanto devido aos eventos locais, cujos efeitos afetam os demais países.

Apresentam-se na Tabela 3 os resultados dos testes de dependência *cross-sectional* de Pesaran para as variáveis analisadas, cuja hipótese nula é a de que não há dependência transversal. Na parte A da Tabela 3, apresentam-se os resultados do teste para os países do Anexo I e na parte B para os do G7. Observando os resultados apresentados, conclui-se que todas as variáveis analisadas são *cross-sectional* dependentes. Isso porque como os p-valores são menores que 0,01, há fortes evidências para rejeitar, ao nível de significância de 1%, a hipótese nula de independência transversal para as variáveis em tela.

Tabela 3 – Resultado do teste de dependência *cross-sectional* de Pesaran

	CO2	PIB	CER	CENR	AC	DF	URB
Parte A - Países do Anexo I							
CD-test	30.05*	116.30*	61.35*	52.37*	81.57*	70.44*	47.39*
P-Value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Parte B - Países do G7							
CD-test	11.53*	20.95*	15.64*	4.04*	15.63*	16.13*	20.89*
P-Value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Hipótese nula: não há dependência *cross-sectional*

Obs.: *Nível de significância de 1%. **Nível de 5%; e *** Nível de 10%.

Os testes ora apresentados são importantes porque na presença de dependência transversal entre os países do painel os testes de raízes unitárias convencionais da primeira geração (ex. IPS, LLC e Hadri *unit root test*) não devem ser utilizados porque a dinâmica desses testes assume que os painéis são independentes (DOGAN; SEKER, 2016). Para os casos de dependência transversal, Pesaran (2007) indica os testes CIPS e CADF para se verificar a estacionariedade das variáveis, cujos resultados são apresentados na próxima seção.

5.3 EFEITO DA OSCILAÇÃO DOS DADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO

Segundo Brooks (2014), existem várias razões pelas quais o conceito de não-estacionariedade é importante e porque é essencial que as variáveis comprovadamente não-estacionárias sejam tratadas diferentemente das variáveis estacionárias. No entanto, para o propósito desta pesquisa, a questão mais importante acerca do comportamento da série é o que “o uso de séries não-estacionárias sem o devido cuidado pode levar a regressões espúrias” (BROOKS, 2014). Por isso a importância de se conduzir os testes de raízes unitárias antes de se proceder as demais análises econométricas.

Segundo Pesaran (2007), os testes de raízes unitárias apropriados na presença de dependência *cross-sectional* são os testes CIPS e CADF. O processo de aplicação de ambos é idêntico, exceto pelo fato de que o teste CIPS usa a média do teste CADF. Esses testes partem do modelo básico do teste ADF (*Augmented Dickey-Fuller*), e foram conduzidos conforme o Modelo 5:

$$\Delta x_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it-1} + \rho_i T + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

No modelo (5) x_{it} representa as variáveis analisadas, α_i e T são os interceptos individuais e tendência temporal, respectivamente. Δ é o operador de diferença das variáveis e ε_{it} é o termo de erro. A quantidade de defasagem selecionada foi obtida por meio do critério de informação de Schwarz. A hipótese nula de ambos os testes (CIPS e CADF) é a de que todas as séries dentro do painel são não estacionárias, ou seja, possuem raízes unitárias. A hipótese alternativa é a de que a série é estacionária.

Tabela 4 – Resultado do teste do painel de raiz unitária

Variáveis	CIPS		CADF	
	Ao nível	Δ	Ao nível	Δ
Parte A - Países do Anexo I				
CO2	1.89	-19.42*	2.17	-9.87*
PIB (PIB ²)	1.80	-13.03*	0.30	-5.45*
CER	-2.08	-4.8*	-2.60	-10.14*
CENR	-1.92	-4.6*	-1.48	-12.31*
AC	-0.56	-21.5*	-8.31	-12.75*
DF	1.12	-15.25*	0.17	-7.75*
URB	-1.05	-2.96*	4.20	-0.06*
Parte B - Países do G7				
CO2	3.92	-4.63*	-1.50	-5.26*
PIB (PIB ²)	-1.624	-3.73*	-0.81	-3.47*
CER	-2.16***	-5.73*	-0.13	-6.62*
CENR	-0.81	-4.26*	2.62	-2.83*
AC	-1.98	-3.34*	-2.99*	-3.29*
DF	1.16	-3.24*	-0.54	-2.34*
URB	-0.095	-3.85*	5.03	1.94

Hipótese nula: série não estacionária.

Obs.: *Nível de significância de 1%. **Nível de significância de 5%; e *** Nível de significância de 10%. Δ em primeira diferença.

Assim, são apresentados na Tabela 4 os resultados do painel de teste de raízes unitárias CIPS e CADF de Pesaran. Uma vez que os resultados permitem a rejeição da hipótese nula com 1% de significância, conclui-se que as variáveis CO2, PIB (PIB²), CER, CENR, AC, DF e URB tornaram-se estacionárias quando tomadas em primeira diferença. Para que os coeficientes estimados sejam estatística e economicamente significativos, as séries temporais dos painéis devem ser estacionárias ou cointegradas em mesmo nível (BROOKS, 2014; DOGAN; SEKER, 2016). Disso

depende a condução/parametrização do método de análise a ser empregado. Como os testes indicaram que as variáveis possuem raiz unitária ao nível, tornando-se estacionárias em primeira diferença, faz-se necessária a aplicação do teste de cointegração para verificar se as variáveis analisadas possuem ou não relação de longo prazo, cujos resultados são apresentados na seção seguinte.

5.4 NATUREZA DA RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

Muitas séries temporais são não estacionárias, mas se movem juntas ao longo do tempo - ou seja, existem algumas influências nas séries (por exemplo, forças de mercado), o que implica que as duas séries estão vinculadas a alguma relação no longo prazo. Uma relação de cointegração também pode ser vista como um fenômeno de longo prazo ou de equilíbrio, já que é possível que variáveis de cointegração possam desviar-se de sua relação no curto prazo, mas sua associação retornaria no longo prazo (BROOKS, 2014).

Conforme Westerlund e Edgerton (2007) o teste de cointegração adequado para o painel na presença de dependência *cross-sectional* é *LM bootstrap*. Os resultados desse teste são apresentados na Tabela 5 sob a hipótese nula de não cointegração. Assim, com base nos resultados apresentados, rejeita-se com 1% de significância a hipótese nula de não cointegração para o painel dos países do Anexo I, e com 5% de significância para os países do G-7. Isso significa que as séries possuem relações a longo prazo, cujos coeficientes são estimados na subseção seguinte.

Tabela 5 - Resultado do teste de cointegração LM bootstrap

Teste	Constante		Constante e Tendência	
	t-test	p-value	t-test	p-value
Parte A - Países do Anexo I				
LM bootstrap	-3.8501*	0.0001	-1.6871**	0.0458
Parte B - Países do G7				
LM bootstrap	-1.6514**	0.0493	-0.4146	0.3392

Hipótese nula: não há cointegração

Obs.: *Nível de significância de 1%. **Nível de significância de 5%; e *** Nível de significância de 10%.

De forma geral, o que o teste permite inferir é que há relação de cointegração entre as variáveis CO_2 , e suas variáveis explicativas PIB(PIB^2), CER, CENR, AC, DF e URB. Isso quer dizer que essas variáveis se movem juntas no longo prazo. Assim, diante dos resultados apresentados na Tabela 3, conclui-se que há forte relação de cointegração entre a variável dependente e as variáveis independentes, tanto para os países do Anexo I, quanto para os do G7.

5.5 ESTIMAÇÃO DOS COEFICIENTES

A análise de dados em painel leva em consideração a aplicação de um dos três métodos seguintes: i) *Pooled*, ii) Efeitos Fixos e iii) Efeitos Aleatórios. A seguir, faz-se uma breve descrição das características e implicações da aplicação desses métodos e de quais são os critérios recomendados pela literatura para escolha do método mais apropriado em função das características dos dados.

No método *Pooled* as observações são reunidas (empilhadas) e roda-se a regressão normalmente, sem considerar a possível influência da natureza transversal e temporal das séries. O maior problema com esse modelo é que ele não faz distinção entre os vários países. Em outras palavras, ao combinar esses países, o método nega a heterogeneidade da individualidade que pode existir entre os 39 países do Anexo I ou os 7 países do G7. Implicitamente, assume-se que os coeficientes (incluindo o intercepto) são os mesmos para todos os indivíduos (BROOKS, 2014; GUJARATI, 2006).

No método de Efeito Fixo considera-se a heterogeneidade ou individualidade entre os países, permitindo que cada país tenha seu próprio valor de intercepto. O termo efeito fixo se deve ao fato de que, embora o intercepto possa diferir entre os países, ele não varia com o tempo. Já no Efeito Aleatório considera-se que todos os países possuem um valor médio comum de intercepto (GUJARATI, 2006).

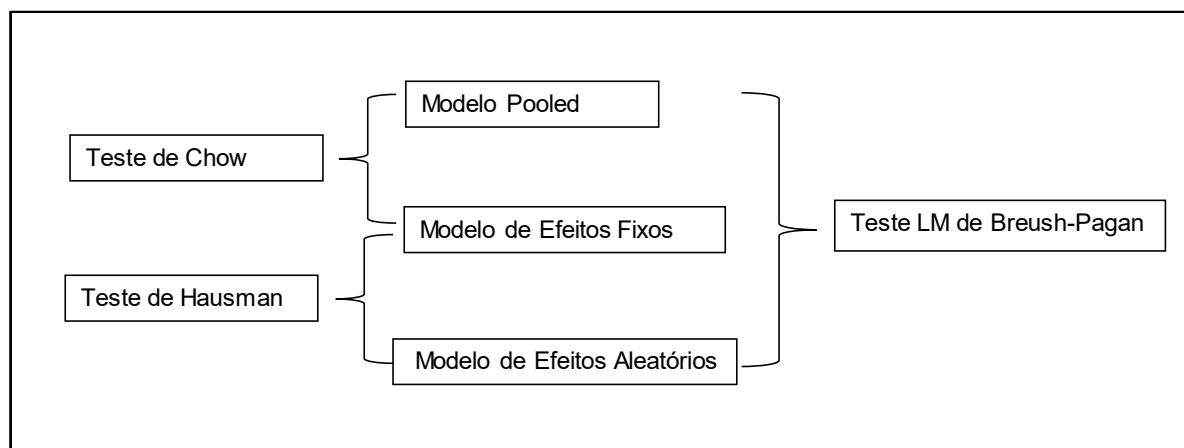


Figura 5 – Testes para escolha do melhor método para estimação dos coeficientes

A Figura 5 resume a sequência dos testes conduzidos para se chegar ao método de análise de dados em painel mais adequado às séries pesquisadas. Primeiramente fez-se o Teste de Chow, cuja hipótese nula é a de que o método adequado seria o *Pool* contra a hipótese alternativa de que método de Efeitos Fixos seria mais o apropriado. Conforme *p-values* indicados nas Tabelas Tabela 7 e 8, nos valores de 0,4214 e 0,7814, respectivamente, não se rejeita a hipótese nula. Portanto entre Pool e Efeitos Fixos, o primeiro é mais apropriado.

Conduziu-se em seguida o teste LM Breush-Pagan, cuja hipótese nula é a de que o método mais apropriado seria o *Pool* contra a hipótese alternativa de que o de Efeitos Aleatórios seria mais adequado. Conforme *p-values* indicados nas Tabelas Tabela 7 e 8, nos valores de -0,6947 e -0,3089, respectivamente, não se rejeita a hipótese nula. Portanto, entre Pool e Efeitos Aleatórios, o primeiro é mais apropriado.

Além dos cuidados quanto ao métodos (*Pool*, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios), Brooks (2014) elenca os cinco pressupostos subjacentes ao modelo clássico de regressão linear: i) os erros devem possuir média zero; ii) os erros devem possuir variância constante e finita; iii) os erros devem ser estatisticamente independentes uns dos outros; iv) não deve haver correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas; e, v) os dados devem seguir uma distribuição normal. Para cada um desses quesitos Brooks cita os testes para detecção, as consequências da violação e o que se deve fazer para evitar que os coeficientes sejam inconsistentes e/ou enviesados, caso alguns desses pressupostos não estejam presentes. Assim, lista-se a seguir todos esses quesitos, os testes feitos e as correções implementadas,

quando necessárias. Tudo isso para certificar-se de que os pressupostos subjacentes ao modelo não sejam violados. Todos os testes, adequabilidade e justificativas foram conduzidos de acordo com Brooks (2014).

1. $E(u_t) = 0$. Os erros devem possuir média zero. Para verificar a adequabilidade desse pressuposto, basta certificar-se de que a especificação do modelo possui o termo constante “c”, o que ocorre neste estudo.
2. $\text{var}(u_t) = \sigma^2 < \infty$. Os erros devem possuir variâncias constantes (homocedásticos) e finita em relação a todas as variáveis explicativas. Conduziu-se o teste de White, cuja hipótese nula é a de que os dados são homocedásticos. Conforme *p-values* indicados nas Tabelas 7 e 8 nos valores de 0,0000 e 0,0007, respectivamente, rejeita-se a hipótese nula. Nesse caso, a solução é “rodar” o modelo com a opção de correção de White, o que foi feito. Além disso, outras possíveis soluções para esse problema é reduzir as variáveis por algum peso ou transformá-las em logaritmo natural, o que também foi feito.
3. $\text{cov}(u_i, u_j) = 0$. Os erros devem ser estatisticamente independentes uns dos outros. Conduziu do teste de Durbin-Watson (DW), cuja hipótese nula é a de que não há evidência de autocorrelação. A hipótese nula não é rejeitada quando a estatística DW é próxima de 2. Conforme *p-values* indicados nas Tabelas 7 e 8 nos valores de 2,2 e 2,3, respectivamente, não se rejeita a hipótese nula. Portanto, não há evidência de autocorrelação.
4. $\text{cov}(u_t, x_t) = 0$. Não deve haver correlação entre os erros e as variáveis explicativas. Se isso ocorre, significa que as variáveis explicativas estão correlacionadas e, portanto, há multicolinearidade. Uma das formas para se identificar se há correlação entre as variáveis é por meio da matriz de correlação, a qual é apresentada na Tabela 6. Uma correlação maior que 0,7 poderia indicar problema de multicolinearidade. No entanto, o maior valor observado na matriz de correlação é de 0,69. Todos os demais estão bem abaixo disso.

5. $u_t \sim N(0, \sigma^2)$. Os erros possuem uma distribuição normal. Conduziu-se o teste de Bera-Jarque, cuja hipótese nula é a de que os dados seguem uma distribuição normal. Os *p-values*, nos valores de 0,0000 e 0,0419, respectivamente conduzem à rejeição da hipótese nula de distribuição normal dos erros para os dois conjuntos de amostras. No entanto, Gujarati e Porter (2011) afirmam que de acordo com o teorema do limite central, quando a amostra é composta por mais de 100 observações, presume-se que a distribuição segue um padrão normal. Como já mencionado, para os países do Anexo I, temos 975 observações e para os do G7, 175.

Após os testes de Chow e B-Pagan, que conduziram ao método mais adequado (POOLED) para análise de dados em painel e certificando-se de que os pressupostos subjacentes ao modelo clássico de regressão linear foram observados, passe-a à análise dos coeficientes estimados de acordo com os modelos propostos.

Tabela 6 - Resultado da análise de correlação das variáveis

Variáveis	CO2	PIB	CER	CENR	AC	DF	URB
Parte A - Países do Anexo I							
CO2	1.00						
PIB	0.46	1.00					
CER	0.37	0.19	1.00				
CENR	0.15	0.18	-0.60	1.00			
AC	0.05	0.07	0.00	-0.17	1.00		
DF	0.29	0.64	0.03	-0.06	-0.17	1.00	
URB	0.45	0.53	-0.02	-0.23	-0.13	0.35	1.00
Parte B - Países do G7							
CO2	1.00						
PIB	0.42	1.00					
CER	0.08	0.39	1.00				
CENR	0.42	0.05	-0.48	1.00			
AC	0.27	0.15	0.31	-0.24	1.00		
DF	0.27	0.70	0.00	0.22	-0.54	1.00	
URB	0.29	0.57	-0.11	-0.06	-0.23	0.69	1.00

5.5.1 Países do Anexo I

A Tabela 7 apresenta o resultado da análise dos dados em painel para os países do Anexo I, enquanto que a Tabela 8 apresenta essas informações para os países do G7. Como foram utilizados os logaritmos naturais das variáveis para análise do painel de dados, os coeficientes estimados para PIB, PIB², CER, CENR, AC, DF e URB são econometricamente iguais à elasticidade de CO₂ em relação à renda, consumo de energia renovável, consumo de energia não renovável, abertura comercial, desenvolvimento financeiro e urbanização, respectivamente. Primeiramente analisa-se os coeficientes estimados para os países do Anexo I e na sequência analisa-se os coeficientes para os países do G7.

No Modelo 3, além das variáveis analisadas no Modelo 1, acrescentou-se a variável PIB², com o objetivo de verificar a validade da hipótese EKC para os países do Anexo I. Na presença da hipótese EKC os efeitos esperados do PIB e PIB² sobre as emissões de CO₂ devem ser positivos e negativos, respectivamente. Como não foi esse o caso, pode-se afirmar que a hipótese EKC não é válida para os países do Anexo I. Assim, não se confirma a Hipótese 1 de que a EKC seria válida para os países agrupados no Anexo I. Esses achados convergem com estudos prévios de (CHANDRAN; TANG, 2013; DOGAN; TURKEKUL, 2015; DU; WEI; CAI, 2012; FARHANI; OZTURK, 2015; HALICIOGLU, 2009; OZTURK; ACARAVCI, 2010b; PAO, H. T.; TSAI, 2011; SOYTAS; SARI, 2009). No entanto, esses achados divergem de estudos como os de (ANG, 2007; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2009; ATICI, 2009; DOGAN; SEKER, 2016; JALIL; FERIDUN, 2011; KASMAN; DUMAN, 2015; NASIR; UR REHMAN, 2011; PAO, H. T.; TSAI, 2011; SEKER; ERTUGRUL; CETIN, 2015; SHAHBAZ *et al.*, 2014; TANG; TAN, 2015; YAVUZ, 2014).

A estimação dos coeficientes conforme o Modelo 1, mostrados na segunda coluna da Tabela 7, confirma a Hipótese 2 de que existe relação positiva e significativa entre a degradação ambiental, medida pela emissão de CO₂ e a renda dos países, medida pelo PIB *per capita*. Os resultados evidenciam que para 1% de aumento no PIB haverá um incremento de 0,52% na emissão de CO₂. Esses resultados estão consistentes com os estudos de (ANG, 2007; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2009; BAEK, 2015).

Ainda analisando os coeficientes apresentados na Tabela 7, nota-se o impacto que o consumo de energia oriunda de fontes renováveis produz sobre as emissões de CO₂. Os achados confirmam a Hipótese 3 de que existe relação negativa e significativa entre o consumo de energia de fontes renováveis e degradação ambiental. De forma que o um aumento de 1% no consumo de energética de fontes renováveis (CER) provoca redução de 0,11% nas emissões de CO₂. Esse resultado está alinhado com os estudos de (AL-MULALI; SABOORI; OZTURK, 2015; LÓPEZ-MENÉNDEZ; PÉREZ; MORENO, 2014; SHAFIEI; SALIM, 2014). Por outro lado contrata com (BÖLÜK; MERT, 2014). Possíveis razões podem ser por problema de especificação, amostra ou omissão de variáveis.

Quando se analisa a variável consumo de energia de fontes não renováveis (CENR), o resultado confirma a Hipótese 4 de que há relação positiva e significativa entre o consumo de energia de fontes não renováveis e emissão de CO₂. A elasticidade da emissão de CO₂ em relação ao CENR implica que para 1% de aumento no consumo de energia não renovável, haverá um incremento de 0,76% no nível de emissões de poluentes. De fato, há praticamente um consenso na literatura acerca do impacto sobre as emissões de CO₂ provocado pelo consumo de energia de fontes não renováveis, já que esta é gerada praticamente com a queima de combustíveis fósseis (AL-MULALI *et al.*, 2015; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2014; BAEK; PRIDE, 2014; BENGOCHEA; FAET, 2012; BÖLÜK; MERT, 2014).

Os Modelos 2 e 4, apresentados na Tabela 7, acrescentam as variáveis de controle Abertura Comercial (AC), Desenvolvimento Financeiro (DF) e Urbanização (URB) ao modelo básico. O impacto de cada uma delas foi estimado nas Hipótese 5, 6 e 7, respectivamente. Dentre essas hipóteses, confirmou-se apenas a de número 5, que previa efeito significativos da AC sobre as emissões de CO₂. De fato, a elasticidade da emissão de CO₂ em relação a AC implica que para 1% de aumento na AC haverá um incremento de 0,05% nas emissões de CO₂. De acordo com Halicioğlu (2009), o sinal esperado para AC é ambíguo, uma vez que depende do estágio de desenvolvimento da economia. O resultado ora encontrado está em consonância com estudos como os de (HALICIOĞLU, 2009; JALIL; FERIDUN, 2011). Por outro lado dentre os estudos que encontraram efeito negativo da AC sobre as emissões de CO₂, destacam-se (SEKER, 2016; DOGAN; TURKEKUL, 2015). De fato, o impacto da AC, embora significativo, apresenta sinais opostos em diversos estudos. Como já

mencionado, para melhor entender o efeito da AC é preciso considerar o efeito escala, composição e técnica no sistema produtivo de determinado país ou grupo.

Tabela 7 - Resultado da análise dos dados em painel (países do Anexo I)

Variáveis (Δ)	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
	<i>Coef.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Coef.</i>
Variável dependente: CO2	<i>t-value</i>	<i>t-value</i>	<i>t-value</i>	<i>t-value</i>
<i>C</i>	-0.0096 (-4.9642)	-0.0117 (-4.7816)	-0.0100 (-5.0584)	-0.0121 (-4.9085)
<i>PIB</i>	0.5277 (12.5648)*	0.5058 (11.7191)*	0.2461 (0.7757)	0.1562 (0.4271)
<i>PIB2</i>			0.0154 (0.8994)	0.0192 (0.9656)
<i>CER</i>	-0.1151 (-5.4979)*	-0.1095 (-4.7031)*	-0.1151 (-5.4625)*	-0.1091 (-4.6598)*
<i>CENR</i>	0.7666 (6.0539)*	0.7969 (5.7511)*	0.7659 (6.0550)*	0.7968 (5.7610)*
<i>AC</i>		0.0548 (2.1764)*		0.0505 (1.9159)***
<i>DF</i>		0.0013 (1.1535)		0.0014 (1.2265)
<i>URB</i>		0.6466 (1.6289)		0.6579 (1.6539)
Efeitos	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>
<i>R²</i>	0.4076	0.3977	0.4080	0.3984
<i>R² adjusted</i>	0.4056	0.3934	0.4054	0.3933
<i>F</i>	(205.2700)*	(91.2653)*	(154.0697)*	(78.3436)*
Poab (F-static)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
DW	2.22	2.27	2.22	2.27
Teste de White (<i>p-value</i>)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Teste de Chow (<i>p-value</i>)	0.4214	0.4339	0.4508	0.4707
Teste LM de B-Pagan (<i>p-value</i>)	-0.6947	-0.6851	-0.6282	-0.6018
Jarque-Bera (<i>p-value</i>)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Obs.: *Nível de significância a 1%. **Nível de significância a 5%; e *** Nível de significância a 10%.

Δ Variáveis tomadas em diferença.

Como visto acima, diferentes estudos chegaram a diferentes conclusões acerca da validade ou não da hipótese EKC. Essas diferenças podem ocorrer por diversos motivos, que vão desde a escolha da especificação do modelo, problema de omissão de variável e até mesmo problemas com a seleção de amostras (DOGAN; TURKEKUL, 2015). Ao se observar os estudos que confirmaram a EKC e os que não a validaram, encontrou-se pesquisadores como Dogan e Pao que possuem pesquisas que figuram nos dois grupos. Conclui-se daí que a seleção da amostra e/ou período

pesquisado influencia sobremaneira nos resultados quando o objetivo é testar a validade da hipótese EKC.

O efeito escala implica que o aumento na quantidade de bens produzidos reflete no consumo de energia, no PIB e, por consequência, na emissão de CO₂. O efeito composição refere a realocação da cesta de produtos fabricados por determinado país ou grupo de países. Isso permite que se especialize na produção de bens e serviços para os quais os países possuam vantagem competitiva, então o consumo de energia nesses países pode aumentar ou diminuir a depender da natureza dos bens produzidos nos quais esses países sejam especializados. O efeito técnica pode levar a melhora na qualidade ambiental desde que essa tecnologia leve a produção mais eficiente do ponto de vista do consumo energético.

No entanto, a conclusão sobre o efeito da AC sobre a emissão de CO₂ não é tarefa fácil, uma vez que países mais desenvolvidos econômica e socialmente tendem a restringir a produção de bens que impliquem em elevado índice de emissões. Isso faz com que essa produção se desloque para outras regiões onde a regulamentação é mais branda, levando ao efeito nulo ou até mesmo ao aumento das emissões, quando considera a produção global.

A Hipótese 6 de que existe relação significativa entre o Desenvolvimento Financeiro (DF) e degradação ambiental não se confirmou. Também não se confirmou a Hipótese 7 de que há relação positiva e significativa entre Urbanização (URB) e emissão de CO₂.

5.5.2 Países do G7

Como já mencionado, a Tabela 8 apresenta o resultado da análise dos dados em painel para os países do G7, tido como grupo de controle. Como foram utilizados os logaritmos naturais das variáveis para análise do painel de dados, os coeficientes estimados para PIB, PIB², CER, CENR, AC, DF e URB são estatisticamente iguais à elasticidade de CO₂ em relação à renda, consumo de energia renovável, consumo de energia não renovável, abertura comercial, desenvolvimento financeiro e urbanização, respectivamente.

No Modelo 3, além das variáveis analisadas no Modelo 1, acrescentou-se a variável PIB², com o objetivo de verificar a validade da hipótese EKC para os países do Anexo I. Na presença da hipótese EKC os efeitos esperados do PIB e PIB² sobre as emissões de CO₂ devem ser positivos e negativos, respectivamente. Como não foi esse o caso, pode-se afirmar que a hipótese EKC não é válida para os países do G7. Assim, não se confirma a Hipótese 1 de que a EKC seria válida para os países agrupados no G7. Esses achados convergem com vários estudos prévios (CHANDRAN; TANG, 2013; DOGAN; TURKEKUL, 2015; DU; WEI; CAI, 2012; FARHANI; OZTURK, 2015; HALICIOGLU, 2009; OZTURK; ACARAVCI, 2010b; PAO, H. T.; TSAI, 2011; SOYTAS; SARI, 2009). No entanto, esses achados divergem de outros estudos (ANG, 2007; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2009; ATICI, 2009; DOGAN; SEKER, 2016; JALIL; FERIDUN, 2011; KASMAN; DUMAN, 2015; NASIR; UR REHMAN, 2011; PAO, H. T.; TSAI, 2011; SEKER; ERTUGRUL; CETIN, 2015; SHAHBAZ *et al.*, 2014; TANG; TAN, 2015; YAVUZ, 2014).

A estimação dos coeficientes conforme o Modelo 1, mostrados na segunda coluna da Tabela 8, confirma a Hipótese 2 de que existe relação positiva e significativa entre a degradação ambiental, medida pela emissão de CO₂ e a renda dos países, medida pelo PIB *per capita*. Os resultados evidenciam com significância bastante forte que para 1% de aumento no PIB haverá um incremento de 0,68% na emissão de CO₂, pouco diferente do coeficiente encontrado para os países do Anexo I.

Ainda analisando os coeficientes apresentados na Tabela 8, nota-se o impacto que o consumo de energia oriunda de fontes renováveis produz sobre as emissões de CO₂. Os achados confirmam a Hipótese 3 de que existe relação negativa e significativa entre o consumo de energia de fontes renováveis e degradação ambiental. De forma que o um aumento de 1% no consumo de energética de fontes renováveis (CER) provoca redução de 0,06% nas emissões de CO₂. Esse resultado está alinhado com os estudos de Al-Mulali; Saboori; Ozturk, (2015) López-Menéndez; Pérez; Moreno, (2014), Shafiei; Salim (2014). Por outro lado contrasta com os achados de Bölük Mert (2014). Possíveis razões podem ser por problema de especificação, amostra ou omissão de variáveis.

Tabela 8 - Resultado da análise dos dados em painel (países do G7)

Variáveis (Δ)	Modelo 1 Coef. <i>t-value</i>	Modelo 2 Coef. <i>t-value</i>	Modelo 3 Coef. <i>t-value</i>	Modelo 4 Coef. <i>t-value</i>
Variável dependente: CO2				
C	-0.0100 (-3.5793)	-0.0068 (-1.7793)	-0.0099 (-3.5460)	-0.0066 (-1.7290)
PIB	0.6762 (6.1537)*	0.4995 (3.4997)*	-6.2731 (-0.9410)	-5.5079 (-0.7527)
PIB2			0.3283 (1.0422)	0.2843 (0.8197)
CER	-0.0686 (-2.8279)*	-0.0782 (-3.0908)*	-0.0692 (-2.8330)*	-0.0786 (-3.0890)*
CENR	1.0490 (3.6840)*	1.0193 (3.2297)*	1.0501 (3.6637)*	1.0218 (3.2338)*
AC		0.0786 (2.2657)**		0.0748 (2.0864)**
DF		-0.0107 (-0.4768)		-0.0106 (-0.4752)
URB		-0.6568 (-1.3449)		-0.7197 (-1.4832)
Efeitos	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>	<i>Pool</i>
R ²	0.5018	0.5094	0.5044	0.5111
R ² adjusted	0.4927	0.4889	0.4922	0.4872
F	(54.7423)*	(24.9209)*	(41.2253)*	(21.3614)*
Poab (F-static)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
DW	(2.3800)*	(2.3500)*	(2.3500)*	(2.3400)*
Teste de White (<i>p-value</i>)	0.0007	0.0293	0.0036	0.0022
Teste de Chow (<i>p-value</i>)	0.7814	0.7748	0.819	0.8234
Teste LM de B-Pagan (<i>p-value</i>)	-0.3089	-0.4975	-0.2968	-0.4186
Jarque-Bera (<i>p-value</i>)	0.0419	0.0142	0.0309	0.0137

Obs.: *Nível de significância a 1%. **Nível de significância a 5%; e *** Nível de significância a 10%.

Δ Variáveis tomadas em diferença.

Quando se analisa a variável consumo de energia de fontes não renováveis (CENR), o resultado confirma a Hipótese 4 de que há relação positiva e significativa entre o consumo de energia de fontes não renováveis e emissão de CO₂. A elasticidade da emissão de CO₂ em relação ao CENR implica que para 1% de aumento no consumo de energia não renovável, haverá um incremento de 1,05% no nível de emissões de poluentes. De fato, há praticamente um consenso na literatura acerca do impacto sobre as emissões de CO₂ provocado pelo consumo de energia de fontes não renováveis, já que esta é gerada praticamente com a queima de

combustíveis fósseis (AL-MULALI *et al.*, 2015; APERGIS, NICHOLAS; PAYNE, 2014; BAEK; PRIDE, 2014; BENGOCHEA; FAET, 2012; BÖLÜK; MERT, 2014).

Os Modelos 2 e 4, apresentados na Tabela 8, acrescenta as variáveis de controle Abertura Comercial (AC), Desenvolvimento Financeiro (DF) e Urbanização (URB) ao modelo básico. Dentre essas hipóteses, confirmou-se apenas a de número 4, que previa efeito significativos da AC sobre as emissões de CO₂. De fato, a elasticidade da emissão de CO₂ em relação a AC implica que para 1% de aumento na AC haverá um incremento de 0,08% nas emissões de CO₂. De acordo com Halicioglu (2009), o sinal esperado para AC é ambíguo, uma vez que depende do estágio de desenvolvimento da economia. O resultado ora encontrado está em consonância com estudos como os de Halicioglu (2009), Jalil e Feridun (2011). Por outro lado dentre os estudo que encontraram efeito negativo da AC sobre as emissões de CO₂, destacam-se Dogan e Seker (2016), Dogan e Turkekul (2015).

Como visto acima, diferentes estudos chegaram a diferentes conclusões acerca da validade ou não da hipótese EKC. Essas diferenças podem ocorrer por diversos motivos, que vão desde a escolha da especificação do modelo, problema de omissão de variável e até mesmo problemas com a seleção de amostras (DOGAN; TURKEKUL, 2015). Ao se observar os estudos que confirmaram a EKC e os que não a validaram, encontrou-se pesquisadores como Dogan e Pao que possuem pesquisas que figuram nos dois grupos. Conclui-se daí que a seleção da amostra e/ou período pesquisado influencia sobremaneira nos resultados quando o objetivo é testar a validade da hipótese EKC.

Após análise dos coeficientes das Tabelas 7 e 8, cujo objetivo é verificar o impacto do consumo de energia de fontes renováveis e não renováveis sobre as emissões de CO₂, buscou-se comparar o comportamento dos coeficientes encontrados para os países do Anexo I com os calculados para os países do G7. O primeiro grupo é o de interesse deste estudo e o segundo foi tomado como grupo de controle. É fato que a pesquisa se beneficiaria mais se o grupo de controle fosse composto por países pobres e endividados, por terem características econômicas distintas dos países do Anexo I. No entanto, isso não foi possível pela falta de dados.

5.6 AS VARIÁVEIS E SUAS CAUSAS

Embora os coeficientes obtidos por meio da análise de dados em painel ofereçam inferências importantes acerca das variáveis em estudo, os resultados não fornecem quaisquer informações acerca da relação causal entre essas variáveis. O conhecimento da direção de causalidade entre as variáveis é importante para que autoridades possam adotar as políticas apropriadas. Assim, para demonstrar relações de causalidade, emprega-se neste estudo o teste de causalidade de Granger desenvolvido por Dumitrescu e Hurlin (2012). A maior vantagem deste teste é que ele pode ser usado em painel com dependência transversal (DOGAN; SEKER, 2016), que é o caso deste estudo. A hipótese nula do teste é a de que não há causalidade de Granger entre as variáveis.

O resultado do teste de causalidade de Granger é mostrado na Tabela 9. Analisando os dados da Parte A da dessa Tabela, nota-se que existe causalidade unilateral indo de PIB para CO₂, de consumo de energia de fonte renovável para CO₂ e deste para consumo de energia de fonte não renovável e para urbanização. Há ainda causalidade unilateral indo de PIB para abertura comercial e para urbanização, de consumo de energia de fonte não renovável para consumo de energia de fonte renovável, e de urbanização para consumo de energia de fonte renovável e desenvolvimento financeiro.

Observou-se ainda relação bidirecional entre desenvolvimento financeiro e urbanização, abertura comercial e CO₂, desenvolvimento financeiro e PIB, abertura comercial e consumo de energia de fonte renovável, urbanização e consumo de energia de fonte renovável.

Quando se analisa a Parte B da Tabela 9 verifica-se causalidade unidirecional indo de abertura comercial para CO₂, de consumo de energia de fonte renovável para CO₂. Destaque-se a causalidade bidirecional entre CO₂ e PIB, que não acontece com os países do Anexo I, nos quais PIB causa CO₂ unilateralmente. De forma geral esses achados estão em consonância com diversos estudos (ERTUGRUL *et al.*, 2016; JEBLI; YOUSSEF; OZTURK, 2016; NASIR; UR REHMAN, 2011).

Os resultados encontrados por meio do teste de causalidade de Granger estão consistentes com boa parte dos achados obtidos pela análise do painel de dados.

Observa-se que as variáveis renda, consumo de energia de fonte renovável, consumo de energia de fonte não renovável e abertura comercial podem ser usadas para previsão de futuras emissões de CO₂, embora possa não haver uma relação causal física entre elas pela própria definição de causalidade de Granger (DOGAN; SEKER, 2016).

Tabela 9 - Painel do teste de causalidade de Granger

Hipótese	F-Stat	Prob.	Conclusão
Parte A - Países do Anexo I			
PIB → CO2	6.43*	0.0017	PIB causa emissão de CO2
CER → CO2	10.79*	0.0000	CER causa emissão de CO2
CO2 → CENR	7.08*	0.0009	CO2 causa CENR
DF ↔ CO2	5.60*	0.0039	Relação bidirecional entre DF e CO2
CO2 ↔ DF	3.98**	0.0191	Relação bidirecional entre CO2 e DF
AC ↔ CO2	3.53**	0.0298	Relação bidirecional entre AC e CO2
CO2 ↔ AC	2.75***	0.0644	Relação bidirecional entre CO2 e AC
CER → PIB	2.64***	0.0717	CER causa PIB
PIB → CER	2.46***	0.0864	PIB causa CER
DF ↔ PIB	12.7*	0.0000	Relação bidirecional entre DF e PIB
PIB ↔ DF	29.31*	0.0000	Relação bidirecional entre PIB e DF
PIB → AC	6.34*	0.0018	PIB causa AC
PIB → URB	6.30*	0.0019	PIB causa URB
CENR → CER	2.92***	0.0547	CENR causa CER
AC ↔ CER	4.94*	0.0074	Relação bidirecional entre AC e CER
CER ↔ AC	3.06**	0.0475	Relação bidirecional entre CER e AC
URB ↔ CER	3.23**	0.0401	Relação bidirecional entre URB e CER
CER ↔ URB	2.43***	0.0887	Relação bidirecional entre CER e URB
URB → CENR	2.66***	0.0708	URB causa CENR
URB → DF	6.41*	0.0017	URB causa DF
Parte B - Países do G7			
AC → CO2	2.96***	0.0547	AC causa emissão de CO2
CER → CO2	2.91***	0.0576	CER causa emissão de CO2
PIB ↔ CO2	3.01***	0.0529	Relação bidirecional entre PIB e CO2
CO2 ↔ PIB	4.61**	0.0114	Relação bidirecional entre CO2 e PIB
AC → CER	7.24*	0.0010	AC causa CER
AC → PIB	6.56*	0.0018	AC causa PIB
→ CENR	2.72***	0.0687	PIB causa CENR
URB → CENR	4.71**	0.0103	URB causa CENR
PIB → CER	3.13**	0.0465	PIB causa CER
DF → URB	2.94***	0.0562	DF causa URB
URB → PIB	2.54***	0.0818	URB causa PIB

Obs.: *Nível de significância a 1%. **Nível de significância a 5%; e *** Nível de signif. de 10%.

Ao analisar o comportamento das variáveis explicativas ao longo do período pesquisado, conjugando os coeficientes encontrados com a o teste de causalidade de Granger ora apresentado, infere-se que uma medida importante para mitigar as emissões de CO₂ seria aumentar o consumo de energia de fontes renováveis. Ao mesmo tempo, diminuir a consumo de energia não renovável também contribui para a redução da degradação ambiental. Como evidenciou-se forte relação causal indo de PIB para CO₂ e não se constatou a validade da hipótese EKC, é preciso repensar o modelo de desenvolvimento econômico que vem sendo adotado tanto pelos países do Anexo I, quanto pelos do G7.

5.7 CONTRIBUIÇÃO COM A TERIA EKC

Os coeficientes tanto do grupo de interesse quanto do grupo de controle apresentaram comportamento semelhantes. Em ambas as amostras ficou evidente o impacto deletério do consumo de energia de fontes não renováveis sobre o meio ambiente. Evidenciou-se ainda que o consumo de energia de fontes renováveis possui impacto positivo sobre o meio ambiente. A hipótese EKC, sob a qual alguma degradação ambiental nos estágios iniciais de crescimento tende a ser revertida com o avanço do crescimento econômico não se confirmou.

Assim, tanto para o grupo formado pelos países do Anexo I, quanto para o dos países do G7, não é válida a ideia de que a renda dos países cresce concomitantemente ao aumento da degradação ambiental até certo ponto de inflexão, a partir do qual a renda continua aumentando e a degradação ambiental vai sendo revertida. O que se verificou, entretanto, tanto com base nos resultados deste estudo quanto na revisão da literatura, é que a degradação ambiental continua a crescer, mesmo após significativos avanços na renda *per capita*.

Diante disso, este estudo contribui com a teoria da EKC ao oferecer bases para sua crítica e ao refutá-la para as amostras pesquisadas. Trata-se de amostras consideráveis, tanto quantitativa quanto economicamente. Além disso, a compreensão de que o ponto de inflexão ao qual se refere a hipótese EKC, se é que existe para os grupos, está ficando mais distante e sua magnitude depende não somente dos níveis de renda e de emissões de CO₂, mas das idiosincrasias de cada nação, do seu grau de sentimento nacionalista, do comprometimento dos governos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de saber com antecedência que determinada situação com potencial para causar catástrofes vai ocorrer confere algum tempo à sociedade para evitá-la ou para se preparar para enfrentá-la. Desde as últimas décadas do século XX isso vem sendo feito sistematicamente pelos cientistas acerca das mudanças climáticas e suas consequências. Se por um lado há pesquisas apontando que o problema é iminente, há também os que alegam que essas previsões não são críveis, desencorajando ações para mitigar o problema.

A despeito das correntes contrárias às ações para mitigar a emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE), um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global, parece prudente que alguma ação seja tomada, pois se os céticos estiverem errados os danos poderão ser irreversíveis e com potencial para atingir todo o planeta. Trata-se, portanto de um problema global.

Problemas globais exigem soluções globais. Foi com isso em mente que se buscou estudar o impacto do consumo de energia de fontes renováveis e não renováveis sobre o meio ambiente, visto que as consequências de desarranjos climáticos podem afetar a todos. Sendo essa uma questão global, entende-se que diversas ciências podem dar sua contribuição para mitigar o problema.

Enquanto pesquisa científica, este estudo não tem como agir diretamente na solução dos problemas climáticos, mas talvez possa oferecer alguma clareza sobre a situação, apresentando ferramentas que possam auxiliar na mensuração do fenômeno, no diagnóstico dos fatores determinantes, nas suas causas e consequências. Por se tratar de um problema mundial, a preocupação era buscar uma amostra que congregasse o maior número de países que estivessem agindo conjuntamente de alguma forma para mitigar os problemas do aquecimento global e estudar, a partir deles, quais os impactos do consumo de energia de fontes renováveis e de fontes não renováveis sobre a emissão de CO₂. Assim, a revisão da literatura conduziu à escolha dos países agrupados no Anexo I do Protocolo de Quioto, abrangendo o período de 1990 a 2014. Estudou-se ainda, como grupo de controle, os países do G7 para esse mesmo período.

Segundo a EEA (2014), uma das soluções possíveis para reduzir o nível das emissões de CO₂ é aumentar a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética. Embora existam estudos que analisam os fatores determinantes da poluição ambiental, a maioria deles o fazem considerando o consumo agregado de energia. Outro problema verificado é quanto à escolha da técnica de estimação de dados em painel em que quase todos os estudos ignoram a dependência transversal (*cross-sectional dependence*), o que pode levar a erros de previsão. Assim, o objetivo desta pesquisa foi identificar o impacto que a renda, o consumo de energia de fontes renováveis, o consumo de energia de fontes não renováveis, abertura comercial, desenvolvimento financeiro e urbanização provocam nas emissões de CO₂ nos países signatários do protocolo de Quioto, período de 1990 a 2014. O estudo busca ainda verificar a validade da Hipótese EKC para esses países. A EKC tem por hipótese que a degradação ambiental cresce até certo nível de renda, a partir do qual decresce com o crescimento do PIB, apresentando uma curva no formato da letra “U” invertida.

Alguns cuidados foram tomados na busca da correta aplicação do modelo econométrico proposto. Inicialmente identificou-se a presença de dependência transversal nas séries temporais por meio do teste de Pesaran. Assim, os testes de raízes unitárias recomendados pela literatura nesses casos são os de CIPS e CADF, os quais indicaram que as séries só se tornaram estacionárias em primeira diferença, fato importante para a especificação do modelo econométrico. Os testes de cointegração indicaram que as variáveis são cointegradas e que, portanto, possuem uma relação de longo prazo. É importante salientar que foram utilizados os logaritmos naturais das variáveis para análise do painel de dados. Assim, os coeficientes estimados para PIB, PIB², CER, CENR, AC, DF e URB são econometricamente iguais à elasticidade de CO₂ em relação a essas variáveis explicativas do modelo. Os resultados encontrados nesta pesquisa são robustos e confiáveis devido à aplicação de apropriada técnica de estimação dos coeficientes.

Os objetivos propostos por este estudo foram alcançados e os principais resultados são resumidos a seguir. Encontrou-se que para 1% de aumento no PIB *per capita*, haverá um incremento de 0,52% e 0,67% nas emissões de CO₂ para os países do Anexo I e do G7, respectivamente. Quanto aos efeitos do consumo de energia de fontes renováveis, verificou-se que para 1% de aumento no consumo desse tipo de energia, haverá a diminuição de 0,11% e 0,07% nas emissões de CO₂ para os países

do Anexo I e G7, respectivamente. Quando se verifica a elasticidade do consumo de energia de fontes não renováveis, identifica-se a cada 1% de incremento na utilização dessa fonte de energia, haverá um incremento de 0,76% e 1,05%, para os países do Anexo I e G7, respectivamente.

Na presença da EKC, o efeito esperado do PIB e PIB² sobre a emissão de dióxido de carbono deve ser positivo e negativo, respectivamente. Como isso não ocorreu com as variáveis analisadas, tanto as do Anexo I, quanto as do G7, a hipótese EKC não foi confirmada. Dessa forma, infere-se que crescimento no nível do PIB desses países elevará o nível de degradação ambiental, não se podendo afirmar que há um ponto de inflexão a partir do qual a continuidade do crescimento levaria à diminuição da degradação ambiental.

Os resultados permitiram confirmar: i) a hipótese de que há relação positiva entre a degradação ambiental, medida pela emissão de CO₂, e a renda dos países, medida pelo PIB *per capita*; ii) a hipótese de que existe relação negativa entre consumo de energia de fontes renováveis e degradação ambiental; iii) a hipótese de que existe relação positiva entre consumo de energia de fontes não renováveis e degradação ambiental; e iv) a hipótese de que existe relação significativa entre abertura comercial e degradação ambiental. Por outro lado, não foram comprovadas: i) a hipótese de que existe relação significativa entre desenvolvimento financeiro e degradação ambiental; ii) a hipótese de que há relação positiva entre urbanização e degradação ambiental; e iii) a hipótese de que a EKC é válida para os países do Anexo I e do G7. Em suma, confirmou-se as hipóteses de 2 a 5 e rejeitou 1, 6 e 7.

Os resultados também permitiram responder ao problema desta pesquisa, uma vez que evidenciaram o impacto do consumo de energia renovável e não renovável na determinação das emissões de CO₂ para os países comprometidos com as reduções das emissões propostas pelo protocolo de Quioto. É fato que a restrição ao consumo de energia afeta o crescimento da economia, uma vez que o crescimento econômico é acompanhado pelo crescimento do consumo de energia. Assim, a análise desses resultados produz importantes implicações políticas, dentre elas a de que o desenvolvimento de políticas de energia eficientes provavelmente contribuirá para a diminuição da emissão de CO₂, enquanto preserva o crescimento do PIB. Essas medidas passam pelo consumo eficiente de energia de forma geral e pelo

aumento no consumo de energia de fontes renováveis e diminuição do consumo de energia oriunda da queima de combustíveis fósseis.

Embora os coeficientes obtidos por meio da análise de dados em painel ofereçam inferências importantes acerca das variáveis em estudo, os resultados não fornecem a direção de causalidade entre as variáveis. Assim, para demonstrar relações de causalidade, empregou-se o teste de causalidade de Granger desenvolvido por Dumitrescu e Hurlin (2012). As principais inferências obtidas com esse teste foram a de que existe causalidade unilateral indo de PIB para CO₂, de consumo de energia de fonte renovável para CO₂ e deste para consumo de energia de fonte não renovável e para urbanização. Há ainda causalidade unilateral indo de PIB para abertura comercial e para urbanização, de consumo de energia de fonte não renovável para consumo de energia de fonte renovável, e de urbanização para consumo de energia de fonte renovável. O conhecimento da direção de causalidade entre as variáveis é importante para que autoridades possam adotar as políticas apropriadas.

Assim, entende-se que esta pesquisa oferece contribuições aos responsáveis pela definição de políticas, à sociedade em geral e às empresas. No seu conjunto, os resultados deste estudo evidenciam que é crucial o investimento em eficiência energética e em fontes renováveis de energia como hídrica, eólica, solar, geotérmica, ondas e marés para mitigar o problema do aquecimento global nos países signatários do protocolo de Quioto. Isso permitirá o crescimento econômico, que atualmente vem aumentando as emissões de GEE, possa se dar em uma base sustentável, de forma que se possa suprir as necessidades das gerações atuais e assegurar esse direito também às futuras gerações.

Contribui-se ainda com a teoria EKC ao evidenciar que para os países estudados não há garantia de que ao se chegar a determinado nível de renda (ponto de inflexão) as emissões dos GEE serão mitigadas. Essa mitigação, se ocorrer, vai depender mais das idiosincrasias de cada país, principalmente da sua política energética e da natureza da sua indústria do que da evolução do PIB *per capita*.

A exemplo do que ocorre com a área financeira, na qual a contabilidade, por meio de suas técnicas, confere legitimização às ações das empresas no campo econômico-financeiro, da mesma forma a contabilidade confere legitimização às ações

das organizações no campo ambiental e social. A criação de um mercado de compra e venda de direitos de poluir (créditos de carbono) é exemplo de como isso pode ocorrer. Assim, ao permitir o registro e evidenciação de ativos e passivos ambientais a contabilidade exerce outro papel importante, o de conferir, perante a sociedade, legitimação às ações das empresas no que tange às questões ambientais. No entanto, em muitos casos, o problema que se apresenta é a falta de um sistema apropriado para mensuração dos danos ambientais.

É justamente a falta de um sistema confiável de mensuração que dificulta ou impossibilita o reconhecimento das externalidades negativas por parte das organizações. Assim, os resultados desta pesquisa apresentam alguns insights para equacionar esse problema, ao oferecer um modelo que permite estimar as emissões de CO₂ com base no consumo de energia, segregado por fontes renováveis e não renováveis. Dessa forma, este estudo contribui com a teoria da contabilidade ao oferecer bases para mensuração da degradação ambiental, sem a qual não é possível o reconhecimento e registro contábil das externalidades.

Como ocorre com todo estudo científico, este também apresenta suas limitações. Uma delas é a impossibilidade da generalização dos resultados por se tratar de amostra não probabilística. Outra limitação deste estudo foi a impossibilidade de utilizar, para efeito de comparação, os países da África Subsaariana, região notadamente pobre e subdesenvolvida. Isso não foi possível porque a qualidade e disponibilidade dos dados para esses países não foi suficiente para a análise econométrica. Para futuras pesquisas sobre o tema fica a sugestão para que sejam testados os efeitos de outras variáveis socioambientais sobre as emissões de CO₂. Buscar em outra base de dados informações acerca dos países mais pobres, para verificar se o comportamento dessas variáveis se altera em função do nível socioeconômico dos países.

REFERÊNCIAS

- AJMI, A. N. *et al.* On the relationships between CO₂ emissions, energy consumption and income: The importance of time variation. *Energy Economics*, v. 49, p. 629–638, 2015.
- AKBOSTANCI, E.; TÜRÜT-AŞIK, S.; TUNÇ, G. I. The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, v. 37, n. 3, p. 861–867, 2009.
- AL-MULALI, U. *et al.* Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, v. 48, p. 315–323, 2015.
- AL-MULALI, U.; LEE, J. Y. M. Estimating the impact of the financial development on energy consumption: Evidence from the GCC (Gulf Cooperation Council) countries. *Energy*, v. 60, p. 215–221, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.067>>.
- AL-MULALI, U.; SABOORI, B.; OZTURK, I. Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, v. 76, n. January, p. 123–131, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.019>>.
- AL-MULALI, U.; SHEAU-TING, L. Econometric analysis of trade, exports, imports, energy consumption and CO₂ emission in six regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 33, p. 484–498, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.010>>.
- AL-MULALI, U.; TANG, C. F.; OZTURK, I. Does financial development reduce environmental degradation? Evidence from a panel study of 129 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 19, p. 14891–14900, 2015.
- ALLENBY, B. Why Rio+20 Was a Success (Yes, Really). *Environmental Quality Management*, n. 6, p. 13–18, 2012.
- ALMER, C.; WINKLER, R. Analyzing the Effectiveness of International Environmental Policies: The Case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2016.
- ALSHEHRY, A. S.; BELLOUMI, M. Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 41, p. 237–247, 2015.
- ALVES, José Eustáquio Diniz. Ecodebate. *Curva Ambiental de Kuznets: mais desenvolvimento é a solução?*, Rio de Janeiro, 19 dez. 2012. , p. 1–4 Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2012/12/19/curva-ambiental-de-kuznets-mais-desenvolvimento-e-a-solucao-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>.
- ANG, J. B. CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, v. 35, n. 10, p. 4772–4778, 2007.

ANG, J. B. Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modeling*, v. 30, n. 2, p. 271–278, 2008.

APERGIS, N. *et al.* On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, v. 69, n. 11, p. 2255–2260, 2010.

APERGIS, N.; PAYNE, J. E. CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, v. 37, n. 8, p. 3282–3286, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>>.

APERGIS, N.; PAYNE, J. E. Renewable Energy, Output, Carbon Dioxide Emissions, and Oil Prices: Evidence from South America. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, v. 10, n. 3, p. 281–287, 2015.

APERGIS, N.; PAYNE, J. E. Renewable energy, output, CO₂ emissions, and fossil fuel prices in Central America: Evidence from a nonlinear panel smooth transition vector error correction model. *Energy Economics*, v. 42, p. 226–232, 2014.

ATICI, C. Carbon Emissions in Central and Eastern Europe: Environmental Kuznets Curve and Implications for Sustainable Development. *Sustainable Development*, v. 160, n. October 2008, p. 155–160, 2009.

AYLWARD, B. *et al.* Polio: The Final Assault? *Pan American Health*, n. March, 2004.

BAEK, J. Environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: The case of Arctic countries. *Energy Economics*, v. 50, p. 13–17, 2015.

BAEK, J.; PRIDE, D. On the income-nuclear energy-CO₂ emissions nexus revisited. *Energy Economics*, v. 43, p. 6–10, 2014.

BALTAGI, B. H. *Econometric Analysis of Panel Data*. 3. Ed. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

BEBBINGTON, JAN; UNERMAN, JEFFREY; O'DWYER, B. *Sustainability accounting and accountability*. [S.l: s.n.], 2014.

BENGOCHEA, A.; FAET, O. Renewable Energies and CO₂ Emissions in the European Union. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, v. 7, n. 2, p. 121–130, 2012.

BERNSTEIN, L. *et al.* Climate Change 2007 : Summary for Policymakers. *Hemisphere*, v. 335, n. November, p. 12–17, 2007. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/research/climate-change-2007-synthesis-report/>>.

BÖLÜK, G.; MERT, M. Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries. *Energy*, v. 74, n. C, p. 439–446, 2014.

BÖLÜK, G.; MERT, M. The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: An ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 587–595, 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.138>>.

BRABOSA, D. *COP 21: veja perguntas e respostas sobre o acordo do clima de Paris*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/12/acordo-de-paris-sobre-o-clima-veja-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em: 29 maio 2017.

BROCK, W. A.; TAYLOR, M. S. Economic growth and the environment: A review of theory and empirics. *Handbook of Economic Growth*, v. 1, n. 05, p. 1750–1819, 2005. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01028-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01028-2)>.

BROOKS, C. *Introductory Econometrics for Finance*. 3. Ed. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. *United Nations Commission*, v. 4, n. 1, p. 300, 1987.

BRUYN, S. M. DE; HEINTZ, J. R. *The Environmental Kuznets Curve hypothesis*. *Handbook of Environmental Economics*. Oxford: Blackwell Publishing Co. , 1998

CHANDRAN, V. G. R.; TANG, C. F. The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO2 emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 24, p. 445–453, 2013.

CHIU, C. L.; CHANG, T. H. What proportion of renewable energy supplies is needed to initially mitigate CO2 emissions in OECD member countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, n. 6–7, p. 1669–1674, 2009.

COWAN, W. N. *et al.* The nexus of electricity consumption, economic growth and CO2 emissions in the BRICS countries. *Energy Policy*, v. 66, p. 359–368, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.081>>.

DE SOUZA, E. S.; FREIRE, F. DE S.; PIRES, J. Determinants of CO2 emissions in the MERCOSUR: the role of economic growth, and renewable and non-renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 21, p. 20769–20781, 2018.

DOGAN, E.; SEKER, F. Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renewable Energy*, v. 94, p. 429–439, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.078>>.

DOGAN, E.; TURKEKUL, B. CO2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 2, p. 1203–1213, 2015.

DU, L.; WEI, C.; CAI, S. Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis. *China Economic Review*, v. 23, n. 2, p. 371–384, 2012.

DUMITRESCU, E. I.; HURLIN, C. Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, v. 29, n. 4, p. 1450–1460, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>>.

DURAIAPPAH, A. K. *et al.* *Ecosystems and human well-being*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 5. Disponível em: <<http://www.who.int/entity/globalchange/ecosystems/ecosys.pdf%5Cnhttp://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0512/2005013229.html>>.

ECCLES, B. *What The World Needs Now: Sustainability Accounting Standards*. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bobeccles/2016/05/03/what-the-world-needs-now-sustainability-accounting-standards/print/>>. Acesso em: 7 jun. 2017.

ECONOMIST. *Green Business*. Disponível em: <<http://www.economist.com/blogs/schumpeter/2012/06/rio20-summit>>. Acesso em: 26 maio 2017.

EEA. *Progress towards Kyoto targets in Europe*. [S.l.: s.n.], 2014.

ERTUGRUL, H. M. *et al.* The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions : Evidence from the top ten emitters among developing ... *Ecological Indicators*, v. 67, n. August, p. 543–555, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.027>>.

EVERETT, T. *et al.* Economic growth and the environment. *The quarterly journal of ...*, n. March, p. 52, 2010. Disponível em: <<http://qje.oxfordjournals.org/content/110/2/353.short>>.

FARHANI, S.; CHAIBI, A.; RAULT, C. CO2 emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia. *Economic Modelling*, v. 38, p. 426–434, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2014.01.025>>.

FARHANI, S.; OZTURK, I. Causal relationship between CO2 emissions, real GDP, energy consumption, financial development, trade openness, and urbanization in Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 20, p. 15663–15676, 2015.

FARHANI, S.; SHAHBAZ, M. What role of renewable and non-renewable electricity consumption and output is needed to initially mitigate CO2 emissions in MENA region? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, p. 80–90, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.170>>.

FERREIRA, A. C. DE S.; SIQUEIRA, J. R. M. DE; GOMES, M. Z. *Contabilidade Ambiental*. São Paulo: [s.n.], 2009.

FIGUEIREDO, F. F. APROXIMAÇÕES TEÓRICAS SOBRE A QUESTÃO AMBIENTAL INTERNACIONAL NA SOCIEDADE GLOBAL : de Estocolmo 1972 ao Rio de Janeiro 2012. *Repositório Institucional - UFRGN*, p. 1–15, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/18283>>.

FODHA, M.; ZAGHDOUD, O. Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: An empirical analysis of the environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, v. 38, n. 2, p. 1150–1156, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.002>>.

FOURIER, J. B. J. *The Analytical Theory of Heat*. London: Cambridge, 1878.

GALIZZI, P. *From Stockholm to New York, via Rio and Johannesburg: has the environment lost its way on the global agenda?* [S.l: s.n.], 2005. v. 29.

GRAY, R. Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability...and how would we know? An exploration of narratives of organisations and the planet. *Accounting, Organizations and Society*, v. 35, n. 1, p. 47–62, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2009.04.006>>.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, v. No. 3914, n. 3914, p. 1–57, 1991. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3914>>.

GUJARATI, D. N. *Econometria Básica*. 4. Ed. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria Básica*. [S.l: s.n.], 2011.

HALICIOGLU, F. An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, v. 37, n. 3, p. 1156–1164, 2009.

HALKOS, G.; MANAGI, S. Recent advances in empirical analysis on growth and environment: introduction. *Environment and Development Economics*, v. 22, n. 06, p. 649–657, 2017. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1355770X17000286/type/journal_article>.

HARARI, Y. N. *21 lições para o século 21*. 1. Ed. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 2018.

HARDIN, G. The Tragedy of de Commons. *Science*, v. 162, n. June, p. 1243–1248, 1968.

HOPWOOD, A. G. Accounting and the environment. *Accounting, Organizations and Society*, v. 34, n. 3–4, p. 433–439, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2009.03.002>>.

INVESTOPEDIA. *What is an externality*. Disponível em: <<http://www.investopedia.com/terms/e/externality.asp#ixzz4PNELUIv5>>. Acesso em: 7 nov. 2016.

IWATA, H.; OKADA, K.; SAMRETH, S. Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO2 in France: The role of nuclear energy. *Energy Policy*, v. 38, n. 8, p. 4057–4063, 2010.

JALIL, A.; FERIDUN, M. The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: A cointegration analysis. *Energy Economics*, v. 33, n. 2, p. 284–291, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>>.

JEBLI, M. BEN; YOUSSEF, S. BEN; OZTURK, I. Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, v. 60, n. 2016, p. 824–831, 2016.

KASMAN, A.; DUMAN, Y. S. CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*, v. 44, p. 97–103, 2015.

KEE, P.; HAAN, M. DE. Accounting for Sustainable Development. p. xiii, 128 p., 2007. Disponível em: <<http://www.loc.gov/catdir/toc/fy0803/2007282695.html>>.

LAU, L. C. *et al.* A comparative study on the energy policies in Japan and Malaysia in fulfilling their nations' obligations towards the Kyoto Protocol. *Energy Policy*, v. 37, n. 11, p. 4771–4778, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.034>>.

LEAN, H. H.; SMYTH, R. Development Research Unit Discussion Paper DEVDP 09/08. *Development*, p. 1–32, 2009.

LEE, C. C.; LEE, J. DE. Income and CO2 emissions: Evidence from panel unit root and cointegration tests. *Energy Policy*, v. 37, n. 2, p. 413–423, 2009.

LOPES, G. B. *Um estudo sobre a curva ambiental de Kuznets e a convergência da pegada ecológica*. 2013. 136 f. 2013.

LÓPEZ-MENÉNDEZ, A. J.; PÉREZ, R.; MORENO, B. Environmental costs and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Environmental Management*, v. 145, p. 368–373, 2014.

MAGNANI, E. The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution. *Ecological Economics*, v. 32, n. 3, p. 431–443, 1 mar. 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800999001159>>. Acesso em: 16 maio 2018.

MALTHUS, T. R. An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society. *Contemporary Sociology*, v. 2, n. 3, p. 134, 1798.

MANKIW, N. G. *Introdução à Economia*. São Paulo: Thomson Learning Ed, 2006.

MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; MARUOTTI, A. The impact of urbanization on CO2 emissions: Evidence from developing countries. *Ecological Economics*, v. 70, n. 7, p. 1344–1353, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.02.009>>.

MATT, M. *Cinco efeitos globais da saída dos EUA do Acordo de Paris*. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/internacional-40114352>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. *The limits to Growth*. New York: Universe Books, 1972. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0007681373900293>>.

MENYAH, K.; WOLDE-RUFAEL, Y. CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, v. 38, n. 6, p. 2911–2915, 2010.

MMA. *Acordo de Paris*. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. , 2017

MOUSELLI, S.; JAAFAR, A.; GODDARD, J. Accruals quality, stock returns and asset pricing: Evidence from the UK. *International Review of Financial Analysis*, v. 30, p. 203–213, 2013.

MULLER, B. N. Z.; MENDELSON, R.; NORDHAUS, W. Environmental Accounting for Pollution in the United States Economy. *American Economic Review*, v. 101, n. August, p. 1649–1675, 2011.

NASIR, M.; UR REHMAN, F. Environmental Kuznets Curve for carbon emissions in Pakistan: An empirical investigation. *Energy Policy*, v. 39, n. 3, p. 1857–1864, 2011.

NEWS, B. *Criticism and discord mark Rio summit end*. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/science-environment-18549216>>. Acesso em: 26 maio 2017.

NÓBREGA, M. DA; RIBEIRO, A. *A Economia: como evoluiu e como funciona*. 2016. ed. São Paulo: Trevisan Editora, 2016.

OLIVEIRA, I. DE; GADELHA, F. E. A. A gestão ambiental e a análise do uso racional e ecologicamente correto dos recursos naturais e seus processos no centro de tecnologia da Universidade Federal do Ceará. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 43–56, 2014.

OMRI, A. CO₂ emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models. *Energy Economics*, v. 40, p. 657–664, 2013.

OMRI, A. *et al.* Financial Development, Environmental Quality, Trade and Economic Growth: What Causes What in MENA Countries? *IPAG Working Paper Series*, v. 622, 2015.

ONU. Kyoto Protocol To the United Nations Framework Kyoto Protocol To the United Nations Framework. *Review of European Community and International Environmental Law*, v. 7, p. 214–217, 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>.

ONU. Programme for the Further Implementation of Agenda 21. v. A/RES/S-19, n. 19/09/1997, p. 1–53, 1997.

OZTURK, I.; ACARAVCI, A. CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 9, p. 3220–3225, 2010a.

OZTURK, I.; ACARAVCI, A. The causal relationship between energy consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL bound testing approach. *Applied Energy*, v. 87, n. 6, p. 1938–1943, 2010b.

OZTURK, I.; ACARAVCI, A. The long-run and causal analysis of energy, growth,

openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, v. 36, p. 262–267, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.025>>.

PANAYOTOU, T. *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. [S.l.: s.n.], 1993. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/ilo/ilowps/292778.html>>.

PAO, H.-T.; YU, H.-C.; YANG, Y.-H. Modeling the CO₂ emissions, energy use, and economic growth in Russia. *Energy*, v. 36, n. 8, p. 5094–5100, 2011.

PAO, H. T.; TSAI, C. M. Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, v. 36, n. 1, p. 685–693, 2011.

PARK, J.; HONG, T. Analysis of South Korea's economic growth, carbon dioxide emission, and energy consumption using the Markov switching model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 18, p. 543–551, fev. 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032112006119>>.

PARKIN, M. *Economia*. 8. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

PESARAN, M. H. A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, v. 22, p. 265–312, 2007.

PESARAN, M. H. General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *SSRN Electronic Journal*, v. 1229, n. August, 2004.

PETE WARGENT. *Small business and the triple bottom line*. Disponível em: <<https://www.myob.com/au/blog/small-business-and-the-triple-bottom-line/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

RAULT, C.; OMRI, A.; RAULT, C. Financial Development , Environmental Quality , Trade and Economic Growth : What Causes What in MENA Countries? v. 48, n. 8868, p. 2010–2012, 2015.

RIBEIRO, M. DE S. *Contabilidade Ambiental*. São Paulo: Saraiva, 2006.

RIBEIRO, W. C. Political geography and stock returns. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 69–80, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100008>>.

ROSEN, A. M. The Wrong Solution at the Right Time: The Failure of the Kyoto Protocol on Climate Change. *Policy Studies*, v. 43, n. 1, p. 30–58, 2015.

SADORSKY, P. Renewable energy consumption, CO₂ emissions and oil prices in the G7 countries. *Energy Economics*, v. 31, n. 3, p. 456–462, 2009.

SAY, N. P.; YÜCEL, M. Energy consumption and CO₂ emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth. *Energy Policy*, v. 34, n.

18, p. 3870–3876, 2006.

SCHROEDER, R. G.; CLARK, M. W.; CATHEY, J. M. *Financial Accounting Theory and Analysis*. 8^a ed. New York: Wiley, 2005.

SEKER, F.; ERTUGRUL, H. M.; CETIN, M. The impact of foreign direct investment on environmental quality: A bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 347–356, 2015.

SHAFIEI, S.; SALIM, R. A. Non-renewable and renewable energy consumption and CO₂ emissions in OECD countries: A comparative analysis. *Energy Policy*, v. 66, p. 547–556, 2014.

SHAHBAZ, M. *et al.* Does financial development reduce CO₂ emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Economic Modelling*, v. 35, p. 145–152, 2013.

SHAHBAZ, M. Does financial instability increase environmental degradation? Fresh evidence from Pakistan. *Economic Modelling*, v. 33, p. 537–544, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2013.04.035>>.

SHAHBAZ, M. *et al.* Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries? *Energy Economics*, v. 51, p. 275–287, 2015.

SHAHBAZ, M. *et al.* Environmental Kuznets curve in an open economy: A bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 34, p. 325–336, 2014.

SHARIF HOSSAIN, M. Panel estimation for CO₂ emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, v. 39, n. 11, p. 6991–6999, 2011.

SHARMA, S. S. Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, v. 88, n. 1, p. 376–382, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.022>>.

SKAZA, J.; BLAIS, B. The relationship between environmental degradation and economic growth: exploring models and questioning the existence of an Environmental Kuznets Curve. *Bryant University REDay*, n. October, 2014.

SLAPER, T.; HALL, T. The Triple Bottom Line : What Is It and How Does It Work? *Indiana Business Review*, p. 4–8, 2011. Disponível em: <<http://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2011/spring/article2.html>>.

SOBHEE, S. K. The environmental Kuznets curve (EKC): a logistic curve? *Applied Economics Letters*, v. 11, n. 7, p. 449–452, 2004. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1350485042000207216>>.

SOYTAS, U.; SARI, R. Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, v. 68, n. 6, p. 1667–1675, 2009.

SOYTAS, U.; SARI, R.; EWING, B. T. Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, v. 62, n. 3–4, p. 482–489, 2007.

STARTZ, M. *EViews Illustrated*. Santa Barbara, CA: IHS Global Inc, 2009.

STAVINS, R. N. A U . S . Cap-and-Trade System to Address Global Climate Change. *Social Science Research*, n. October, p. 1–70, 2007. Disponível em: <http://www.brookings.edu/papers/2007/10climate_stavins.aspx>.

STERN, D. I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, v. 32, n. 8, p. 1419–1439, 2004.

TAMAZIAN, A.; CHOUSA, J. P.; VADLAMANNATI, K. C. Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, v. 37, n. 1, p. 246–253, 2009.

TANDON, U. CARBON TRADING AND CLIMATE CHANGE: AN OVERVIEW OF LEGAL AND POLICY MEASURES. *Journal of the Campus Law Centre*, p. 49–73, 2015.

TANG, C. F.; TAN, B. W. The impact of energy consumption, income and foreign direct investment on carbon dioxide emissions in Vietnam. *Energy*, v. 79, n. C, p. 447–454, 2015.

UN. Report of the United Nations Conference on the Human Environment. n. June, p. 80, 1972.

UNFCCC. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. *Addendum-Part two: action taken by the Conference of the Parties*, v. 01194, n. January, p. 1–36, 2015. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>>.

VARIAN, H. R. *Intermediate Microeconomics: a modern approach*. 8ª ed. New York: W.W. Norton & Company - New York - London, 2010.

VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. D. S. Sustentabilidade e contabilidade. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v. 6, n. 11, p. 187–206, 2010.

WESSELS, W. J. *Economia*. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

WESTERLUND, J.; EDGERTON, D. L. A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, v. 97, n. 3, p. 185–190, 2007.

XU, R.; LIN, B. Why are there large regional differences in CO2 emissions? Evidence from China's manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.019>>.

YAVUZ, N. Ç. CO2 Emission, Energy Consumption, and Economic Growth for Turkey: Evidence from a Cointegration Test With a Structural Break. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, v. 9, n. 3, p. 229–235, 2014.

ZHANG, J. Environmental Accounting: Theoretical Review and Enlightenment for China. *Journal of Management and Sustainability*, v. 4, n. 1, p. 179–189, 2014.
Disponível em: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jms/article/view/34606>>.