

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-graduação em Administração Pública
Cíntia Izabela Pina Fernandes

**CRESCIMENTO ECONÔMICO VERSUS EMISSÕES DE CO₂: uma análise sob a ótica
da Curva Ambiental de Kuznets**

Teófilo Otoni

2021

Cíntia Izabela Pina Fernandes

**CRESCIMENTO ECONÔMICO VERSUS EMISSÕES DE CO₂: Uma análise sob a ótica
da Curva Ambiental de Kuznets**

Dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Administração Pública da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Vasconcelos Reis Wakim

Teófilo Otoni

2021

Ficha Catalográfica
Preparada pelo Serviço de Biblioteca/UFVJM
Bibliotecário responsável: Gilson Rodrigues Horta – CRB6 nº 3104

F363c Fernandes, Cinthia Izabela Pina.

Crescimento econômico versus emissões de CO₂: uma análise sob a ótica da curva ambiental de Kuznets. / Cinthia Izabela Pina Fernandes. Teófilo Otoni, 2021.
60 p. ; il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Programa de Pós-Graduação em Administração Pública, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Vasconcelos Reis Wakim.

1. Emissão de CO₂. 2. Produto interno bruto. 3. Curva de Kuznets ambiental.
4. Dados em painel. I. Título.

CDD: 579



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

CINTHIA IZABELA PINA FERNANDES

Crescimento econômico versus emissões de CO2: uma análise sob a ótica da curva ambiental de Kuznetz

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação **Administração Pública** da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, **nível de Mestrado**, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre(a) em ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**.

Orientador: Prof. **Dr. Vasconcelos Reis Wakim**

Data de aprovação 26/02/2021.

Profa. Dra. Aline Fagundes dos Santos
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Profa. Dra. Elizete Aparecida de Magalhães
Co-orientadora - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Dr. Waldecy Rodrigues
Universidade Federal do Tocantins



Documento assinado eletronicamente por **Vasconcelos Reis Wakim, Servidor**, em 14/04/2021, às 18:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aline Fagundes dos Santos, Servidor**, em 14/04/2021, às 18:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elizete Aparecida de Magalhães, Servidor**, em 19/04/2021, às 13:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Waldecy Rodrigues, Usuário Externo**, em 04/05/2021, às 15:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0293456** e o código CRC **370EC7B6**.

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Josilene, por sempre acreditarem em mim, pelo amor e apoio incondicional.

À Jéssica, por me apoiar e estar presente em todos os momentos, sobretudo, pelo amor, companheirismo e compreensão que deixaram os meus fardos mais leves.

À Yara e Rhamon, pela preocupação, carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento agradeço a Deus, que planejou cuidadosamente todo o percurso acadêmico em minha vida, me fazendo entender que muitas vezes o caminho para a vitória é doloroso, há espinhos, mas devemos ter fé e acreditar que os planos dele são perfeitos do início ao fim.

Esta dissertação é o resultado de uma longa caminhada, assim, para não ser injusta, agradeço a todos que de alguma forma passaram pela minha vida durante esse período e contribuíram para a minha formação.

Em especial, agradeço ao meu orientador Vasconcelos Reis Wakim pela orientação e por me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, pelo incentivo na busca por conhecimentos antes não providos e pelo apoio em momentos de adversidades.

Agradeço ao meu colega Pedro Henrique Pereira dos Santos, que durante essa caminhada se tornou um irmão, sobretudo, por se disponibilizar a me ajudar por diversas vezes neste trabalho.

Agradeço aos colegas e professores do programa de Pós-Graduação em Administração Pública da UFVJM.

Por fim, agradeço a mim por não ter desistido.

RESUMO

O debate sobre o meio ambiente desempenha papel fundamental em relação ao futuro do planeta, sendo os Gases do Efeito Estufa (GEEs) os principais responsáveis pelas alterações climáticas, a rigor justificada em razão do crescimento econômico e a degradação ambiental. Assim, o presente trabalho tem como objetivo verificar sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets como os estados brasileiros no período de 2002 a 2014 desenvolveram-se economicamente e ambientalmente considerando o nível de renda e de emissão de CO₂. Para isso, foi utilizado um estudo econométrico de análise de regressão com dados em painel, sendo estimados os modelos de efeitos fixos, aleatórios e Pooled, podendo assim compará-los e obter aquele que melhor capte as características econômicas e regionais que influenciam na emissão de CO₂ por meio do teste de Hausman. Com efeito, foram utilizadas as variáveis concernentes à emissão de CO₂, PIB *per capita*, bem como a variável de consumo de energia elétrica total *per capita* e de densidade demográfica. Os resultados econométricos, a princípio, sugerem a existência da Curva de Kuznets para o formato em “N”. Além disso, evidenciou-se que a taxa de desmatamento anual sofreu uma enorme redução que também contribuiu para os resultados. Destarte, o presente estudo visa contribuir para a conscientização dos efeitos que o desenvolvimento econômico pode acarretar no país, sobretudo, em aspectos ambientais e direcionar políticas públicas ambientais com interesse na preservação ambiental para as futuras gerações.

Palavras-Chave: Emissão de CO₂. Produto Interno Bruto. Curva de Kuznets Ambiental. Dados em painel.

ABSTRACT

The debate on the environment plays a fundamental role in relation to the future of the planet, with Greenhouse Gases (GHGs) being the main responsible for climate change, strictly justified due to economic growth and environmental degradation. Thus, the present work aims to verify from the perspective of the Kuznets Ambiental Curve how the Brazilian states in the period from 2002 to 2014 developed economically and environmentally considering the level of income and CO₂ emission. econometric study of regression analysis with panel data, estimating the fixed, random and pooled effects models, thus being able to compare them and obtain the one that best captures the economic and regional characteristics that influence the CO₂ emission through the Hausman. In effect, variables pertaining to CO₂ emissions per capita, GDP per capita were used, as well as the variable of total electricity consumption per capita and demographic density. The econometric results, at first, suggest the existence of the Kuznets Curve for the “N” format. In addition, it became evident that the annual deforestation rate suffered a huge reduction that also contributed to the results. Thus, the present study aims to contribute to the awareness of the effects that economic development can have in the country, especially in environmental aspects and to direct environmental public policies with an interest in environmental preservation for future generations.

Keywords: CO₂ emission. Gross Domestic Product. Environmental Kuznets curve. Panel data.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis.....	46
Tabela 2 – Resultados da regressão em painel com efeitos fixo.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de Kuznets Ambiental (CKA).....	18
Figura 2 -Curva de Kuznets Ambiental em formato de senóide.....	19
Figura 3 - Curva de Kuznets Ambiental em formato de “V- invertido”.....	20
Figura 4 - Curva de Kuznets Ambiental em formato de “N”.....	20
Figura 5 - Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal em Km ² /ano.....	34
Figura 6 - Taxas anuais de desmatamento nos estados da Amazônia Legal.....	35
Figura 7 - Emissão de gases poluente por setores nos estados brasileiros.....	41
Figura 8 -Total de Emissão de CO ₂ no Brasil.....	42
Figura 9 - PIB (2002-2014).....	42
Figura 10 - Emissão de CO ₂ per capita <i>versus</i> PIB per capita.....	42
Figura 11-Consumo de Energia Elétrica nos estados brasileiro.....	45
Figura 12- Densidade Demo gráfica nos estados brasileiros.....	45
Figura 13- Curva de Kuznets Ambiental entre os anos 2002 a 2014 para o Brasil.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Considerações Iniciais.....	12
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Objetivos	15
<i>1.3.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	<i>15</i>
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 A Teoria da Curva Ambiental de Kuznets.....	16
<i>2.1.1 Formatos alternativos da Curva Ambiental de Kuznets.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.1 Verificação empírica da hipótese original da Curva Ambiental de Kuznets.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.3 Literatura empírica sobre a CAK no Brasil.....</i>	<i>23</i>
3. POLÍTICAS NACIONAIS PARA REDUÇÃO E CONTROLE DE EMISSÃO DE GEEs NO BRASIL.....	25
3.1 A Proteção Ambiental no Ordenamento Jurídico Brasileiro	25
<i>3.1.1 Os Principais Marcos Regulatórios Internacionais</i>	<i>28</i>
<i>3.1.2 O compromisso brasileiro sobre mudanças climáticas e redução de emissões de gases poluentes com a instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).....</i>	<i>29</i>
<i>3.1.3 Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal(PPCDAm).....</i>	<i>33</i>
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
4.1 Modelo empírico	36
<i>4.1.1 Modelo econométrico.....</i>	<i>37</i>
<i>4.1.2 Fonte e tratamento dos dados.....</i>	<i>38</i>
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Análise do Perfil da emissão de CO₂ e crescimento econômico.....	40
<i>5.1.1 Análise descritiva das variáveis.....</i>	<i>46</i>
<i>5.1.2 Análise dos resultados da estimação do modelo econométrico.....</i>	<i>47</i>
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) aponta que os Gases do Efeito Estufa (GEEs) são os principais responsáveis pelas alterações climáticas, por conseguinte, os debates atinentes à preservação ambiental e promoção do desenvolvimento sustentável adquiriram relevância significativa nas discussões sobre crescimento econômico nas últimas décadas.

Neste sentido, a política ambiental representa uma tendência mundial desde a década de 1960, sendo inúmeros os movimentos políticos internacionais que visam a promover a sustentabilidade ambiental dos países, por existir uma crença generalizada de que o crescimento econômico seria a principal fonte dos problemas ambientais.

Assim, destaca-se o surgimento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNEUMA) por meio da iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU) a fim de discutir as necessidades ambientais do atual modelo de produção capitalista, almejando assegurar condições de desenvolvimento necessárias para as gerações futuras, conceito este, que ficou conhecido como Desenvolvimento Sustentável (WCDE, 1987).

Neste contexto, em meados da década de 1980 passou-se a discutir as mudanças climáticas na esfera nacional e internacional, culminando na realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) realizada no Rio de Janeiro em 1992, dando início à Convenção Quadro de Mudanças Climáticas, momento em que estabeleceu-se o Protocolo de Kyoto com diretrizes para a redução de emissões de gases de efeito estufa e metas para serem atingidas pelos países desenvolvidos a fim reduzir os impactos causados pelo aquecimento global.

Entretanto, ainda nos anos 1990, economistas como Grossman e Krueger (1991, 1995) dentre outros pesquisadores, iniciaram a discussão de que rejeitar as mudanças educacionais, tecnológicas, econômicas e políticas advindas do desenvolvimento de uma nação tratava-se de uma visão extremamente pessimista, sendo necessário descobrir, se de fato, existia a presença de um *trade-off* entre crescimento e poluição (CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, 2010).

Assim, por meio do relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environmental and Development - WCED*) conhecido como Relatório de *Brundtland* ou *Our Future Common* (WCED, 1987) começou a ser discutida a possibilidade de se alcançar a sustentabilidade sem que houvesse alterações significativas no sistema econômico, passando a enxergar o crescimento econômico como uma solução para os problemas ambientais no momento em que foram identificadas sinergias entre o crescimento e as melhorias ambientais (CARVALHO, T.S.; ALMEIDA, 2010).

Em relação ao Brasil, de acordo com os dados do Observatório do Clima (2019) em 2017, o país emitiu 1,932 bilhão de toneladas de CO₂, tomando-se o 7º maior emissor de gases de efeito estufa do mundo, correspondente a 2,9% do total mundial.

Ressalta-se que nos estados brasileiros, tais resultados se devem às mudanças no uso da terra, sobretudo, em razão da conversão das florestas para uso agropecuário, considerado um dos fatores de grande responsabilidade pelas emissões de GEE, seguido pelos setores de energia, resíduos e processos industriais.

Neste contexto, as evidências encontradas por Kuznets (1955) e Grossman e Krueger (1991, 1995) despertaram o surgimento de inúmeros estudos com intuito de averiguar a relação teórica entre o crescimento econômico e os impactos ambientais, com resultados tanto a favor como contra a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets.

Assim, o presente estudo buscou responder ao seguinte problema de pesquisa: como os estados brasileiros no período de 2002 a 2014 desenvolveram-se economicamente e ambientalmente em relação ao nível de renda e de emissão de CO₂?

Para isto, foi utilizada a técnica de dados em painel para as 27 unidades correspondentes a cada estado brasileiro, valendo-se de indicadores socioeconômicos e ambientais como a emissão de CO₂, PIB *per capita*, consumo de energia elétrica total *per capita* e densidade demográfica, obtidos através da pesquisa em arquivos e banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e do Seminário Nacional sobre Emissões de Gases de Efeito estufa (SEEG Brasil).

Além desta introdução, o presente estudo está dividido em cinco seções. A seção 2 apresenta uma revisão teórica a fim de compreender como o tema tem sido analisado e o que mostram as evidências empíricas. Já a seção 3 discorre a respeito da legislação ambiental, Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças climáticas no Brasil. Em seguida, a seção 4 versa sobre os procedimentos metodológicos proposto no

estudo acompanhada de uma análise descritiva. A seção 5 se reserva à análise e discussão dos resultados. Por fim, encerra-se com as considerações finais na seção 6.

1.2 Justificativa

A teoria da Curva Ambiental de Kuznets (CAK) tornou-se referência para explicar a relação entre a poluição ambiental e o crescimento econômico após o estudo pioneiro desenvolvido por Grossman e Krueger (1991), assim, posteriormente tem-se buscado evidências empíricas que apontem a interação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental.

Dito isso, cumpre destacar que em relação à literatura internacional sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets pode-se citar, por exemplo, os estudos empíricos como Selden e Song (1994) que examinaram a poluição do ar valendo-se dos mesmos elementos avaliados por Grossman e Krueger (1991), acrescentando nitrogênio (NO_3) e monóxido de carbono (CO_2) para 30 países, assim, os resultados apontam que em níveis suficientemente altos de renda, a poluição poderia cair a zero, confirmando a hipótese da CKA. Panayotou (1993) que estimou a Curva de Kuznets Ambiental para SO_2 , NO_x , SPM e desflorestamento, valendo-se de dados em *cross-section* para 68 países na amostra de desflorestamento e 54 na amostra de poluição, por conseguinte, no resultado do estudo todas as curvas estimadas apresentaram a forma de “U” invertido.

Noutro giro, no que tange à literatura nacional, sob a ótica da CAK pode-se citar algumas pesquisas realizadas no país, como Lucena (2005) que estimou uma curva para o Brasil valendo-se de séries temporais para o período de 1970 a 2003. Cunha e Scalco (2013) que identificaram a relação entre crescimento econômico e emissão de CO_2 provenientes do consumo de petróleo na economia brasileira no período de 1980 a 2006. Pires (2017) que verificou evidências empíricas da CAK no Brasil no período de 1970 a 2011, dentre outros.

Contudo, diante da literatura apresentada, o trabalho proposto diferencia-se das demais pesquisas realizadas ao identificar as características econômicas e regionais dos estados brasileiros determinantes na emissão dos gases de efeito estufa no período de 2002 a 2014, ressaltando a importância de mecanismos implantados por meio de políticas públicas em prol da redução da emissão de CO_2 .

Ademais, insta ressaltar que a elaboração desta dissertação se justifica pelas novas contribuições acerca do *trade-off* entre a degradação ambiental e o crescimento econômico sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets, tendo em vista que o aprofundamento desta discussão possibilita direcionar o desenvolvimento sustentável do país sem comprometer o crescimento econômico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Verificar sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets como os estados brasileiros no período de 2002 a 2014 desenvolveram-se economicamente e ambientalmente considerando o nível de renda e de emissão de CO₂.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para realizar o propósito central do presente estudo, faz-se necessário a subdivisão em objetivos específicos que se seguem:

- a) Analisar o comportamento estatístico das variáveis que compõem o modelo;
- b) Verificar as características econômicas e regionais que influenciam na emissão dos gases de efeito estufa (CO₂).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo traz uma breve revisão da literatura a respeito da Curva de Kuznets Ambiental, abordando os principais trabalhos que discorrem a respeito do tema sob um ponto de vista teórico e empírico, bem como estudos que sustentam formatos alternativos da Curva de Kuznets Ambiental.

2.1 A Teoria da Curva Ambiental de Kuznets

Sob a ótica dos ensinamentos de Simon Kuznets passou-se a investigar a denominada Curva Ambiental de Kuznets (CAK), em que defende que a degradação ambiental aumentaria na etapa inicial do crescimento econômico, todavia, diminuiria quando certo nível de renda fosse alcançado.

Em termos teóricos os países passariam pela fase de desenvolvimento que implicaria em uma pressão inicialmente maior sobre o meio ambiente, resultado da criação e ampliação do parque industrial.

O próximo estágio seria caracterizado pela maturação da sociedade e da infraestrutura industrial, momento em que o atendimento das necessidades básicas permite o crescimento de setores menos intensivos em recursos e poluição. Assim, as melhorias técnicas começam a reduzir a intensidade de matéria/energia e rejeitos da produção.

Finalmente, no terceiro estágio de desenvolvimento, ocorreria o “descolamento” (*de-linking*) entre o crescimento econômico e a pressão sobre o meio ambiente, a partir de quando o primeiro não mais implica em um aumento do segundo (GROSSMAN; KRUEGER, 1995; SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992; SELDEN; SONG, 1994).

Destarte, constata-se a existência da degradação ambiental nos estágios iniciais de desenvolvimento, contudo, toma-se inaceitável quando se atinge o bem-estar econômico. Com efeito, Lomborg (2002, p. 42) assevera que “o desenvolvimento ambiental em geral é fruto do desenvolvimento econômico, só podemos nos dar o luxo relativo de nos importar com o meio ambiente quando nos tomamos suficientemente

ricos”. Por conseguinte, passa-se a tratar o crescimento econômico e a preservação ambiental de forma conjunta possibilitando a melhoria de ambos simultaneamente.

A trajetória da CAK justifica-se por linhas distintas de argumentação que dialogam entre si. Os trabalhos empíricos que defendem a hipótese da CAK remontam ao artigo pioneiro de Grossman e Krueger (1991) “*Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*”, estudo este motivado pela discussão de grupos ambientalistas para investigar os impactos ambientais impulsionados pelo Tratado Norte-Americano de Livre Comércio.

Incentivados pelo estudo desenvolvido por Kuznets (1955), Grossman e Krueger (1991) analisaram pela primeira vez a relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental, onde os autores defendem a existência de uma curva no formato de “U” invertido, denominada como Curva Ambiental de Kuznets (CAK).

Grossman e Krueger (1991) iniciam seu trabalho ressaltando os argumentos de ambientalistas que defendiam a ideia de que o sistema integrado de livre comércio se tomaria prejudicial ao crescimento sustentável, outrossim, dariam margem ao enfraquecimento dos padrões regulatórios ambientais, sobretudo, nos Estados Unidos, em decorrência da sua competitividade industrial internacional.

Dito isso, os estudiosos valendo-se de um modelo em *crosssection* para 42 países, analisaram a relação entre a qualidade do ar e os níveis de crescimento econômico. De fato, o estudo realizado por Grossman e Krueger (1991) apontam evidências para os EUA de que a concentração de poluentes (dióxido sulfúrico e material particulado em suspensão) tendem a crescer em países com níveis mais baixos de renda e diminuem na medida em que ocorre o aumento da renda *per capita*, constatando um formato de “U” invertido entre a emissão de poluentes e o crescimento econômico dos países.

Para Gossman e Krueger (1991) a relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental depende de três efeitos: renda, composição e tecnologia. Inicialmente, o efeito escala ocorre em decorrência da pressão do aumento da renda negativa sobre o meio ambiente, assim, conforme a renda vai aumentando, aumenta-se também a degradação ambiental. Posteriormente, o efeito composição reduz a degradação ambiental tendo em vista que a cadeia produtiva do país se reestrutura retornando para os setores menos intensivos em poluição, fazendo com que a composição industrial seja mais ambientalmente eficiente.

Já o efeito tecnologia contribui para a diminuição do impacto ambiental quando o progresso tecnológico favorece para um processo produtivo mais eficiente no uso dos recursos e no impacto ambiental.

Neste contexto, a curva torna-se decrescente a partir do momento em que os efeitos composição e tecnologia sobrepõem ao efeito renda, assim, o ponto em que os efeitos se anulariam seria o “*turning point*”, limite entre a primeira e segunda fase.

Destarte, segundo entendimento dos autores, alguns poluentes são considerados subprodutos da atividade econômica, sendo tendenciosa a emissão de poluentes na medida em que ocorre o crescimento econômico. Entretanto, afirmam que na medida em que ocorre o aumento da renda *per capita* de uma sociedade, seus membros intensificam suas demandas por um ambiente sustentável, podendo o governo impor controles ambientais mais rigorosos.

Grossman e Krueger (1995) expandiram a base de dados utilizada em Grossman e Krueger (1991) e acrescentaram 14 indicadores de poluição do ar e de bacias hidrográficas.

O trabalho procurou mostrar a relação entre crescimento econômico e meio ambiente para diferentes cidades e países valendo-se da metodologia de dados em painel. Sendo a variável dependente a degradação ambiental da água ou do ar, valendo-se das variáveis explicativas como o PIB *per capita* e suas formas ao quadrado e ao cubo para testar a hipótese do “U” invertido, outrossim, os autores incluíram as médias PIB *per capita* e de suas respectivas formas quadrática e cúbica, por conseguinte, os resultados apontaram evidências de uma curva no formato de “U” invertido para 11 indicadores de degradação ambiental, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

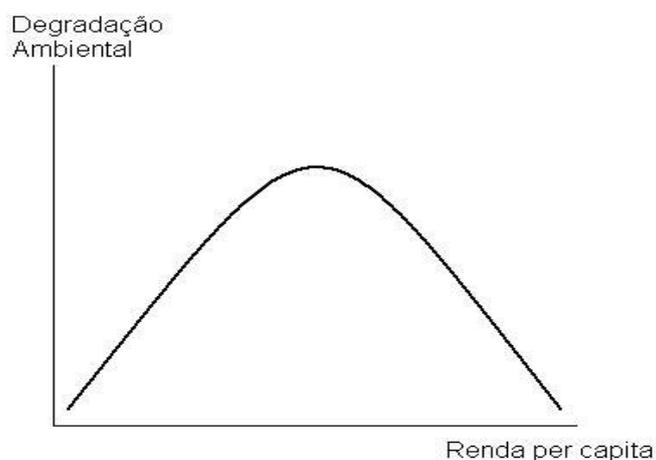


Figura 1: Curva de Kuznets Ambiental (CKA)
Fonte: LOMBORG (2002, p.210)

Com efeito, os pontos de inflexão variam para os diferentes poluentes, ressaltando que na maioria dos casos se apresentam antes do país atingir renda *per capita* de US\$ 8.000. Lado outro, estudos mais contemporâneos, estimam o ponto de inflexão em torno de US\$ 34.000 (EVERETT *et al.*,2010).

2.1.1 Formatos alternativos da Curva Ambiental de Kuznets

Embora o formato da CAK tradicional seja o mais aceito, outros estudos realizados a fim de testar a hipótese original de Grossman e Krueger (1995) não confirmam o formato de “U invertido”.

Ao contrário do que se espera, a pesquisa desenvolvida por Jones e Manuelli (1995) constatou mais de um possível formato para a CAK, justificando-se pelas medidas tomadas pelos governos e instituições reguladoras do meio ambiente, haja vista que ao implementar leis e medidas reguladoras das emissões poluentes alteraram o comportamento da curva, tornando-a senóides ou monotonicamente crescentes, conforme demonstrado a Figura 2.

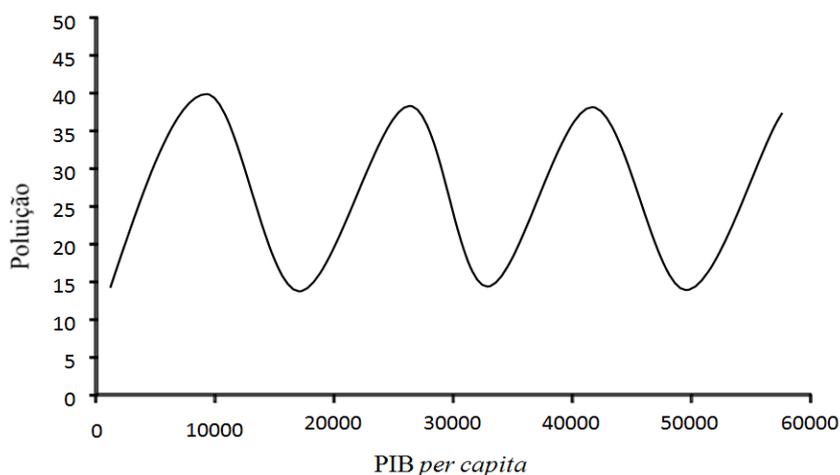


Figura 2: Curva de Kuznets Ambiental em formato de senóide
Fonte: MARQUES (2012, p.13)

Lado outro, Brock e Taylor (2010) relacionaram o modelo clássico de desenvolvimento econômico apresentado por Solow (1957) a Curva Ambiental de Kuznets, por conseguinte, os autores detectaram um comportamento similar ao proposto na hipótese original CAK, contudo, ressalta-se que a curva não apresenta-se contínua, mas como um formato de “V-invertido” segundo os pesquisadores.

De acordo com Brock e Taylor (2010) o resultado se deve ao fato de que os países a partir de determinado nível de renda começam a adotar tecnologias limpas, fazendo com que haja mudança no comportamento da curva, conforme demonstra na Figura 3.

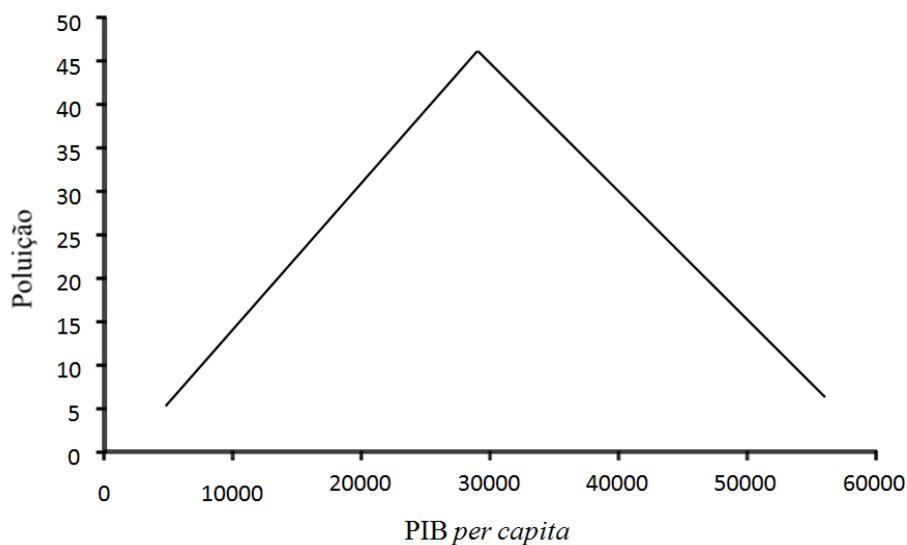


Figura 3: Curva de Kuznets Ambiental em formato de “V- invertido”
Fonte: MARQUES (2012, p.14)

Ademais, em outros estudos os resultados obtidos apontam que a poluição ambiental volta a crescer com o aumento da renda *per capita*, fazendo com que a curva se apresente em forma de “N”, conforme demonstra na Figura 4.

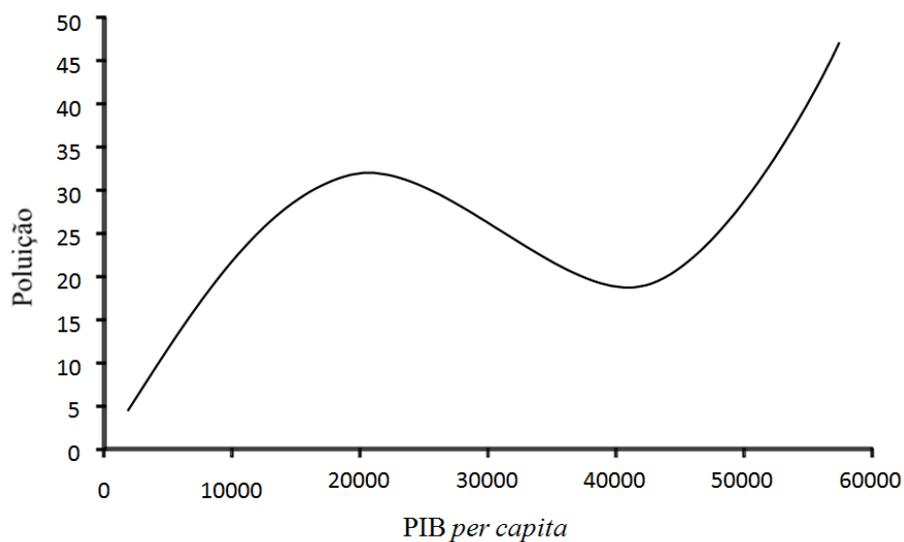


Figura 4: Curva de Kuznets Ambiental em formato de “N”
Fonte: MARQUES (2012, p.15)

Assim, Cole (2004), De Bruyn *et al.* (1998), Torras e Boyce (1998) refutam o formato apresentado por Grossman e Krueger (1995) e defendem que a CAK não sustenta-se no longo prazo, assim, o formato de “U” invertido seria apenas um estágio inicial da relação entre crescimento econômico e pressão ambiental. Para os autores após atingir certo nível de renda, existiria um novo ponto de inflexão que tomaria a trajetória ascendente novamente, conseqüentemente, o formato da CAK seria similar ao de um “N”, sugerindo o aumento da degradação ambiental em altos níveis de crescimento.

Outrossim, Carvalho e Almeida (2010) ao relacionarem o nível de emissões de CO₂ à renda *per capita*, o seu termo ao quadrado, seu termo ao cubo, exportações *per capita*, consumo de energia *per capita* e adesão ou não ao Protocolo de Kyoto para 187 países no ano de 2004, aduzem que os resultados apontam um comportamento semelhante à CAK original, todavia, após um período decrescente a mesma voltava a crescer, assumindo o formato de “N”.

Neste contexto, Pasche (2002) assevera que este padrão justifica-se pelo esgotamento tecnológico, portanto, à medida que os retornos decrescentes de escala da tecnologia tendem a zero, o crescimento só poderia ser sustentado com o uso do recurso ambiental, acarretando uma curva com formato de “N”.

A Teoria do “N” invertido defende que a CKA só seria válida após um nível intermediário de renda. Apresentando-se o nível de renda baixo, a relação entre degradação ambiental e desenvolvimento econômico ficaria inversamente proporcional.

Neste sentido, após um nível intermediário essa relação seria positiva, contudo, existiria um novo ponto de inflexão que tornaria a trajetória decrescente novamente, fazendo com que a degradação ambiental volte a reduzir e, altos níveis de crescimento econômico.

2.1.2 Verificação empírica da hipótese original da Curva Ambiental de Kuznets

Fomentados pelos estudos desenvolvidos por Kuznets, os pesquisadores Grossman e Krueger analisaram pela primeira vez a relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental, onde defendem a existência de uma curva no formato de “U” invertido, denominada como Curva Ambiental de Kuznets (CAK).

Destarte, o modelo da CAK nos estudos de Grossman e Krueger (1995) foi especificada na cúbica a seguir:

$$Y_{it} = \beta_1 G_{it} + \beta_2 G_{it}^2 + \beta_3 G_{it}^3 + \beta_4 \bar{G}_{it} + \beta_5 \bar{G}_{it}^2 + \beta_6 \bar{G}_{it}^3 + \beta_7 X'_{it} + \epsilon_{it}$$

em que Y_{it} é uma medida de poluição da água ou do ar na estação i no ano t , G_{it} é o PIB per capita no ano t no país em que a estação i está localizada, \bar{G}_{it} é o PIB médio *per capita* nos três anos anteriores, X_{it} é um vetor de variáveis explicativas, já ϵ_{it} é o termo de erro aleatório, sendo β os parâmetros a serem estimados.

Para os pesquisadores, considerando que os padrões ambientais costumam ser estabelecidos em nível nacional, o uso do PIB *per capita* no nível do país (em oposição à renda local) é sem dúvida apropriado, como medida do nível de crescimento econômico. Além disso, ressaltam que o PIB *per capita* defasado e atual estão altamente correlacionados, portanto, incluir apenas o PIB per capita atual (ou defasado) não altera qualitativamente os resultados. Experimentos com variáveis simuladas irrestritas indicando faixas de PIB sugeriram que a especificação cúbica é flexível o suficiente para descrever as variadas relações entre poluição e PIB.

Assim, ao estimarem a relação entre poluição e renda nacional, os autores ajustaram o ano em que a medição foi realizada, incluindo uma tendência temporal linear como um regressor separado, não atribuindo ao crescimento da renda nacional melhorias em qualidade ambiental local que pode ser devida pelos avanços globais na tecnologia de preservação ambiental ou devido ao aumento da conscientização global sobre a gravidade dos problemas ambientais.

Diante dos resultados obtidos, para Grossman e Krueger (1995) ao contrário dos gritos alarmistas de alguns grupos ambientais, não houve evidências de que o crescimento econômico cause danos inevitáveis ao habitat natural. Em vez disso, os autores defendem que, embora o aumento do PIB possa estar associado à piora das condições ambientais em países muito pobres, a qualidade do ar e da água parece se beneficiar do crescimento econômico, uma vez atingido um nível crítico de renda. Ademais, os pontos de inflexão nessas relações invertidas em forma de U variam para os diferentes poluentes, mas em quase todos os casos ocorrem com uma renda inferior a \$8000.

Em outros trabalhos empíricos que se sustentam na hipótese da CAK, Shafik e Bandyopadhyay (1992) ao testarem a hipótese da CAK analisaram dez indicadores de qualidade ambiental em 149 países no período de 1960 a 1990. A metodologia econométrica utilizada pelos pesquisadores foi a de dados em painel, e as variáveis

testadas foram além do PIB e seus respectivos termos quadrático e cúbico, uma tendência temporal, comércio exterior e densidade populacional (SERENO; SIMÕES; ANDRADE, 2018).

Cumprido destacar que os resultados obtidos pelos pesquisadores supracitados em relação a cada indicador foram distintos, para as variáveis *déficit* na provisão de água potável e *déficit* na provisão de saneamento básico, sendo os resultados negativos em relação à renda ao longo do tempo. No que tange as medidas voltadas para o desmatamento, os resultados não apresentam qualquer relação com a variável renda, lado outro, afirmam que a qualidade das águas tende a piorar com o aumento da renda.

Neste sentido, para os dois indicadores de poluição do ar, os resultados obtidos pelos autores confirmam a CAK, com pontos de inflexão entre US\$ 3.000 e US\$ 4.000, já em relação à geração de lixo *per capita* por município e emissão de carbono *per capita*, os resultados apontaram uma relação altamente positiva com a variável renda.

Ademais, Selden e Song (1994) avaliaram a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental através da análise de quatro tipos de poluentes: SO₂, óxido de nitrogênio (NO_x), partículas suspensas no ar (SPM) e monóxido de carbono (CO). Os autores consideraram uma amostra de 30 países, sendo 22 classificados como de alta renda, 06 como de média renda e 2 como de baixa renda, limitando-se o período de estudo entre 1973 a 1984.

Com os resultados obtidos os autores defendem que a poluição ambiental se reduziria quase a zero após alcançado níveis altos de renda, sendo os pontos de inflexão da CKA de \$ 8.709 para SO₂, \$ 11.217 para NO_x, \$10.289 para SPM, e \$ 5.963 para CO (SERENO; SIMÕES; ANDRADE, 2018).

2.1.3 Literatura empírica sobre a CAK no Brasil

Em relação aos trabalhos que discorrem a respeito do crescimento econômico e degradação ambiental sob os aspectos da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets alguns trabalhos se destacam em âmbito brasileiro.

Fonseca e Ribeiro (2005) aplicaram uma forma funcional distinta dos demais estudos a fim de explicarem a degradação ambiental nos estados brasileiros no período entre 1985 e 2000. Os autores estabeleceram uma relação entre o percentual referente às áreas preservadas e o logaritmo da renda *per capita*, o logaritmo da escolaridade média, uma *proxy* para participação social (percentual de votos brancos e nulos) e o índice de

Gini. Com efeito, o referido trabalho confirma a importância da renda *per capita* em polinômio e da escolaridade como determinantes na extensão da proteção ambiental, outrossim, o estudo aponta que a medida de capital social (votos brancos e nulos) e a desigualdade não afetaram significativamente a variável dependente, confirmando uma CAK para os estados brasileiros em “U-invertido”.

Arraes *et al.* (2006), por sua vez, valeram-se do instrumento da CKA a fim de avaliar dados mundiais interligados ao desenvolvimento sustentável, assim, as equações foram modeladas utilizando dados relativos à saúde, poluição, infraestrutura e educação, por conseguinte, os resultados obtidos pelos pesquisadores no referido estudo, não apontaram o formato da curva em “U-invertido”, entretanto, os resultados demonstram relação significativa com o PIB *per capita*.

Ademais, Santos *et al.* (2008) testaram a CAK para a Amazônia Legal, para isso, os autores valeram-se de dados de 792 municípios no período de 2000 a 2004, a fim de verificar a existência da hipótese da CKA a partir da heterogeneidade dos municípios observados, aplicando ainda a hipótese de convergência para os municípios da Amazônia Legal. Assim, após estimação de algumas formas funcionais os resultados apontaram evidências a favor da CAK, sobretudo, para as formas funcionais cúbicas e da forma de Anand *et al.* (1993) com poder de explicação limitado.

Por sua vez, Lucena (2005) avaliou a existência da CKA para o Brasil, para isso, os autores valeram-se de dados referente ao consumo de energia elétrica e emissões de CO₂. Entretanto, os resultados encontrados pelos autores também não apontaram evidências a favor da CKA para o país, bem como indicam que a degradação ambiental não tem sido reduzida com o crescimento da renda.

De modo geral, nota-se em todos os estudos a grande heterogeneidade dos resultados encontrados pelos diversos autores. Várias formas funcionais e modelos procuram comprovar a hipótese da CKA.

Nesse diapasão, embora exista diversos estudos que defendam a existência da Curva Ambiental de Kuznets em âmbito nacional, ainda é predominante o entendimento de que o crescimento econômico seja a principal fonte da degradação ambiental, por conseguinte, a política ambiental representa uma tendência nacional sobretudo nas últimas décadas, com inúmeros os movimentos políticos nacionais e internacionais que visam a promover a sustentabilidade ambiental no país, conforme passa a ser abordado a seguir.

3 POLÍTICAS NACIONAIS PARA REDUÇÃO E CONTROLE DE EMISSÃO DE GEEs NO BRASIL

Estudos demonstram que é inegável que as mudanças climáticas representam uma enorme ameaça socioambiental, sendo insuficiente apenas o aumento da renda *per capita* do país desacompanhado da implementação de políticas públicas ambientais para a redução de emissões de CO₂.

Dito isso, a fim de responder os objetivos propostos torna-se indispensável nesse capítulo abordar a respeito da implementação dos tratados internacionais no Brasil, bem como normas nacionais para a redução e controle de emissão de GEEs possibilitando avaliar outros os elementos que podem influenciar nos resultados do presente estudo.

3.1. A Proteção Ambiental no Ordenamento Jurídico Brasileiro

De uma forma geral, a legislação brasileira visa resguardar os direitos dos cidadãos e assegurar a qualidade de vida da sociedade. Nesse sentido, a partir da promulgação da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, iniciou-se no Brasil a política nacional do meio ambiente.

A Lei nº 6.938/1981 tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, reconhecendo como poluidor a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental (BRASIL, 1981).

Na mesma década a Constituição Federal de 1988 incorporou a Lei 6.938/1981 e garante expressamente o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, com instrumentos voltados à gestão ambiental, consagrando o princípio do desenvolvimento sustentável como o norte das políticas ambientais.

Cumprе ressaltar que o constituinte brasileiro assegurou pela primeira vez na história constitucional, um capítulo exclusivo dedicado à preservação ambiental, além de outros artigos dispersos ao longo da Carta Magna. Com efeito, o artigo 225 da Constituição Federal impõe ao poder público e a coletividade o dever de defender o

meio ambiente ecologicamente equilibrado, adotando o conceito de desenvolvimento sustentável nos seguintes termos (BRASIL, 1988):

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Desse modo, o artigo supracitado é um marco histórico, posto que as demais Constituições brasileiras não se preocuparam em proteger o meio ambiente, assim, em relação à previsão constitucional assevera Milaré (2014):

Tema candente e que assumiu proporções inesperadas na segunda metade do século XX, com mais destaque a partir dos anos 70, bem se compreende que Constituições mais antigas, como a norte-americana, a francesa e a italiana, não tenham cuidado especificamente da matéria. Assim ocorria também no Brasil, nos regimes constitucionais anteriores a 1988. Mas, ainda que sem previsão constitucional expressa, os diversos países, inclusive o nosso, promulgaram (e promulgam) leis e regulamentos de proteção do meio ambiente. Isso acontecia porque o legislador se baseava no poder geral que cabia para proteger a 'saúde humana', tendo como pressuposto, explícito ou implícito, a saúde ambiental.

Ademais, o regime de competências ambientais definidos pelo legislador determina que todos os entes federativos possuem o poder-dever de adotar medidas administrativas de modo a proteger o meio ambiente conforme dispõe o artigo 23 da CF/88 (BRASIL, 1988):

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:
VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;
VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

Nesse diapasão, as normas constitucionais passaram a defender o meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo consagrado como direito fundamental que orienta toda a forma de atuação no campo do meio ambiente, apresentando-se como valor preponderante fundamental, de dimensão individual, social e intergeracional.

Com efeito, o meio ambiente sadio, erigido à categoria de direito fundamental de terceira geração, caracteriza-se por sua natureza transindividual e difusa, por

consequente, sua defesa também passou a ocorrer através dos meios de operacionalização do poder judiciário através da ação popular prevista no art. 5º, LXXIII da Constituição Federal e da ação civil pública com fundamentos na Lei nº 7347/85 que disciplina a ação pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, paisagístico, dentre outros.

Quanto à natureza transindividual e difusa do direito fundamental ao meio ambiente preleciona Derani (2008):

Por um lado, o poder do sujeito afetado no seu direito à sadia qualidade de vida de voltar-se contra o Poder Público ou contra o poluidor para fazer respeitar esse seu direito, por exemplo através da atuação em juízo. Uma outra faculdade colocada à disposição do cidadão é a de participação nas decisões administrativas, seja em discussões durante audiências públicas, ou por outros caminhos, como fazendo valer seu direito de representação e o de informação sobre os atos administrativos. Por outro lado, este direito se desdobra no dever do Poder Público, no âmbito de sua competência legislativa ou executiva, de atuar com o objetivo de criar condições para a sua efetivação. Neste sentido, o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado se revela também numa norma-objetivo. Sua efetividade está ligada ao desenvolvimento dos objetivos elencados nos incisos do artigo 225, ou seja, a realização deste direito tanto mais efetiva será quanto maior a eficiência das práticas de políticas públicas coordenadas com as atividades privadas.

Destarte, após a Constituição Federal de 1988, o meio ambiente e a qualidade de vida fundem-se no direito à vida transformando-se em direito fundamental do homem, orientando toda a forma de atuação no campo da tutela do meio ambiente a fim de proteger é um valor maior: a qualidade da vida humana.

Uma década após a promulgação da Constituição da República, também foi promulgada a Lei nº9.605 de 12 de fevereiro de 1998, sendo conhecida como a Lei dos Crimes Ambientais, dispondo sobre as sanções penais e administrativas decorrentes de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, passando a poluição atmosférica ser considerada como crime, penalizando aquele que praticar infrações e sanções previstas na legislação ambiental federal (BRASIL, 1998).

Ademais, em razão das mudanças ocorridas na realidade florestal brasileira desde a promulgação do Código Florestal de 1965, foi sancionado pela Presidente da República o Novo Código Florestal (Lei nº12651, de 25 de maio de 2012), trazendo uma nova regulamentação em relação às áreas de preservação permanente, reserva legal e áreas verdes urbanas, bem como a criação de áreas de uso restrito para proteção e uso sustentável dos pantanais e planícies pantaneiras.

Segundo com Thomé (2014, p. 82), “tem-se buscado compatibilizar a utilização dos recursos florestais com a preservação do ecossistema por meio de diversos instrumentos, sobressaindo-se entre eles o manejo florestal sustentado”. Logo, a ideia não é tornar os ecossistemas florestais intocáveis ou livres de interferências, mas manter o equilíbrio ambiental juntamente com as atividades humanas, à luz do princípio do desenvolvimento sustentável.

Desse modo, o bem-estar coletivo deve se sobrepôr ao interesse privado após o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado ser elevado ao patamar constitucional.

Destarte, é primordial destacar que toda evolução normativa, bem como o sistema de proteção ambiental atual baseiam-se em marcos regulatórios internacionais que a República Federativa do Brasil é signatário que de fato contribuíram para o surgimento de um arcabouço de leis, decretos, resoluções e diversos atos normativos a serem aplicados em todos os níveis governamentais, tornando-se fundamentais para a obtenção resultados positivos no que tange à redução da degradação ambiental e emissão de CO₂.

3.1.1 Os Principais Marcos Regulatórios Internacionais

A República Federativa do Brasil é signatária dos principais tratados internacionais concernentes ao meio ambiente e patrocinados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Por conseguinte, a política ambiental no Brasil se desenvolveu a partir das exigências impostas pelo movimento internacional ambientalista que contribuiu para a criação de instituições e legislações vigentes nas últimas décadas.

A partir deste ponto, segundo Piga, Mansano e Mostage (2019), o desenvolvimento sustentável nacional passou a ser objeto de estudos dos gestores de políticas públicas, do meio científico e de ambientalistas em âmbito nacional, sobretudo, após o Brasil sediar a Conferência das Nações Unidas para o meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) realizada no Rio de Janeiro em 1992, evento que resultou na elaboração na Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a convenção sobre Mudanças Climáticas e a Declaração de Princípios sobre Florestas, a Convenção de Biodiversidade e a Agenda 21.

Assim, o documento estabelece diretrizes para a preservação, melhoria na qualidade ambiental, bem como ações sociais e econômicas necessárias em favor do

meio ambiente e desenvolvimento sustentável, sob a gestão posterior da Comissão de Política de Desenvolvimento Sustentável e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), conforme posiciona-se Le Pestre (2000, p. 221):

A Agenda 21 afirma as prioridades políticas dos Estados, fornece uma base para as ações das ONGs e distribui a autoridade sobre estas questões no interior do sistema das Nações Unidas. Este ponto está longe de ser negligenciável, mas é geralmente ignorado. A Agenda 21 não é um instrumento juridicamente impositivo, mas a identificação das questões que requerem atenção política, e a formulação de um plano de ação detalhado das políticas a serem empreendidas.

Outrossim, o Protocolo de Quioto, promulgado pelo Decreto nº5.445, de 12 de maio de 2005, também estabelece metas quantitativas legalmente obrigatórias a fim de limitar e reduzir as emissões de gases de efeito estufa apenas para as nações que são Partes do Anexo I, como Japão e União Europeia.

Por conseguinte, restou estabelecido que entre 2008 e 2012 durante o primeiro período de cumprimento do Protocolo, as nações deveriam reduzir em torno de 5% de suas emissões, com base nos níveis de 1990.

Ademais, cumpre destacar que no ano de 2012 o Brasil voltou a sediar a CNUMAD intitulada de Rio+20 com o tema chave “Desenvolvimento Sustentável”, com a finalidade de discutir a economia verde como novo vetor de crescimento sustentável e o combate à pobreza, com o objetivo de contribuir para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas, bem como renovar o compromisso político internacional com o desenvolvimento sustentável à luz de ações implementadas desde Estocolmo, promovendo uma discussão de desafios novos e emergentes (GUIMARÃES; FORTOURA, 2012; UNCSD, 2012).

Ressalta-se que o país também assinou o Tratado do Clima no INDC- Contribuição Nacional Determinada (*Intended Nationally Determined Contribution- INDC*) e com base nos volumes de emissões de CO₂ emitidos pelo país em 2005, o Brasil se comprometeu em reduzir em 37% a emissão de GEEs até o ano de 2025 e em 43% até o ano de 2030.

Outro compromisso para a redução nas emissões de CO₂ ratificado no Brasil em 2016 é o Acordo de Paris, sendo promulgada pelo Decreto nº9.073, de 5 de junho de 2017. Para Kassmaye e Neto (2016), o referido acordo representa o início de um novo paradigma de sustentabilidade cuja incitação é a harmonização da política climática por meio do desenvolvimento sustentável em todos os setores.

Por fim, insta salientar que o Brasil também ratificou o Acordo de Copenhague, bem como a Conferência das Partes (COP 16) cujas metas nacionais voluntárias de redução de emissões de GEEs, variavam entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020, por conseguinte, estas metas foram definidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), um marco legal de grande importância para o presente estudo.

3.1.2 O compromisso brasileiro sobre mudanças climáticas e redução de emissões de gases poluentes com a instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)

A principal função das políticas públicas é proporcionar aos Estados ferramentas para a implementação de seus objetivos econômicos, sociais e ambientais por meio de um arcabouço legal.

Destarte, conforme já mencionado, os riscos ambientais globais decorrentes das mudanças climáticas foram reconhecidos mundialmente, fazendo com que todos passassem a refletir sobre o desenvolvimento econômico e a gravidade da degradação ambiental com base em estudos e constatações científicas disponibilizadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas- IPCC.

Dito isso, insta salientar que o compromisso brasileiro sobre mudanças climáticas tem como marco a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que ocasionou posteriormente na criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC).

Assim, no ano de 2007 após a instituição da CIMGC, foi publicada a Lei nº 12.187 de 2009 que dispõe sobre a Política Nacional de Mudanças Climáticas a fim de traçar metas nacionais voluntárias na redução de GEEs.

O objetivo geral da PNMC é identificar, planejar, coordenar as ações e medidas a fim de reduzir as emissões de GEE, possibilitando assim a capacidade de adaptação da sociedade para reduzir as vulnerabilidades das populações e dos impactos relativos à mudança do clima (BRASIL, 2008).

Com efeito, a PNMC destaca-se na regulação das ações de mitigação e adaptação no Brasil no combate ao aquecimento global, assim, dispõe o art. 4º da referida Lei (BRASIL, 2009):

Art. 4º A Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC visará:

I - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático;

II - à redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes;

III - (VETADO);

IV - ao fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional;

V - à implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas 3 (três) esferas da Federação, com a participação e a colaboração dos agentes econômicos e sociais interessados ou beneficiários, em particular aqueles especialmente vulneráveis aos seus efeitos adversos;

VI - à preservação, à conservação e à recuperação dos recursos ambientais, com particular atenção aos grandes biomas naturais tidos como Patrimônio Nacional;

VII - à consolidação e à expansão das áreas legalmente protegidas e ao incentivo aos reflorestamentos e à recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas;

VIII - ao estímulo ao desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões - MBRE.

Parágrafo único. Os objetivos da Política Nacional sobre Mudança do Clima deverão estar em consonância com o desenvolvimento sustentável a fim de buscar o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais.

Observa-se que da mesma forma das políticas internacionais, é patente a preocupação do legislador brasileiro com os aspectos econômicos e socioambientais em relação ao princípio do desenvolvimento sustentável, “sendo esses objetivos estruturados em quatro eixos norteados, a saber: mitigação; vulnerabilidade; impacto e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; capacitação e divulgação” (SIRVINSKAS, 2010, p.360).

Ademais, outro ponto importante nessa política é que não devem ser adotados processos que acarretem a perda de áreas de vegetação nativa, garantindo a sustentabilidade ambiental, assim, salienta o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA):

[...] é necessário um esforço conjunto, tanto no desenvolvimento de novas tecnologias quanto na implantação de ações que promovam a convergência entre o aumento da produção sustentável de alimentos e de energia e as ações de mitigação frente às mudanças climáticas (MAPA, 2012, p. 34).

Nesse contexto, insta salientar que os instrumentos institucionais para a atuação da Política Nacional sobre Mudança do Clima incluem o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima; a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima; o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas; a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças

Climáticas Globais- Rede CLIMA; a Comissão de Coordenação das Atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia (BRASIL, 2009).

Ademais, um dos principais dispositivos da Política Nacional, apresenta-se o art.12, momento em que se estabeleceu o compromisso voluntário de reduzir de 36,1% a 38,9% as emissões de gases de efeito estufa, até o ano de 2020 utilizando como parâmetro os valores emitidos em 2005:

Art. 12. Para alcançar os objetivos da PNMC, o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020. (BRASIL, 2009)

Assim, a implementação dos Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas têm como fundamento as regras estabelecidas no marco da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, logo, não afetam a contínua validade das referidas regras, sobretudo, no que tange às flexibilidades em relação aos países não incluídos no Anexo I, como China, Brasil e Índia.

Com efeito, como Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas apresentam-se os Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm); Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado); Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC); Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação (Plano Indústria); Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia (Plano Siderurgia); Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração de Baixa Emissão de Carbono (Plano de Mineração); Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM); Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSMC- Saúde) e Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE).

Desse modo, considerando que no Brasil grande parte das emissões de gases poluentes no Brasil são decorrentes do uso da terra e das florestas, toma-se primordial para o presente estudo verificar os resultados apresentados pelo país após implementação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da

Amazônia Legal, sobretudo, por ser um instrumento pelo qual o governo brasileiro vem se valendo para o cumprimento do compromisso nacional voluntário de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa.

3.1.3 Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)

No período que precede aos anos 2000, uma das políticas públicas voltadas para conservação ambiental era o Código Florestal brasileiro que estabelecia áreas de preservação permanente (APP) e Reserva Legal (RL), que são áreas mínimas de preservação de mata nativa primordial para o uso sustentável dos recursos naturais.

Desse modo, não existia política pública específica voltada ao combate ao desmatamento na Amazônia, pelo contrário, os programas governamentais de colonização e incentivos fiscais a médias e grandes empresas madeireiras e pecuárias catalisavam o desmatamento (CASTRO, 2005; COSTA, 2017).

Entretanto, a partir de 2004, a taxa de desmatamento anual sofreu uma enorme redução após a implantação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle de Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), chegando a 6.418 km² para o período 2010-2011, atingindo o menor valor histórico no ano de 2012 chegando a 4.571 km² (PRODES, 2021).

Assim, muitos dos instrumentos existentes no Brasil vêm da agenda climática e compromissos assumidos pelo país, entre eles a redução do desmatamento, sobretudo, reforçado após a assinatura do Acordo de Paris e da formulação das Novas Contribuições Nacionalmente Determinada (NDCs).

Destaca-se que outro mecanismo utilizado em prol da redução do desmatamento na Amazônia foi a implementação das chamadas “moratórias da soja e da carne”, sendo um acordo feito em 2006 pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) que visava a não comercialização de soja oriunda de áreas de desmatamento no Bioma Amazônia a partir de outubro de 2006, ressalta-se que a referida proposta foi elaborada para durar dois anos, todavia, tem sido renovada anualmente a fim de contribuir com práticas sustentáveis na região amazônica (GIBBS *et al.*, 2015).

Ademais, em 2004 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) implantou o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) possibilitando o monitoramento contínuo do desmatamento e degradação ambiental.

Insta salientar que o sistema foi criado no âmbito do Plano de Ação para a Prevenção e O Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) do Governo Federal com início no ano de 2003, outrossim, foi criado o sistema DEGRAD, para o mapeamento individual das áreas degradadas.

A Figura 5 apresenta a tendência histórica das taxas de desmatamento na Amazônica registrada pelo Sistema PRODES do INPE, podendo ser observada a expressiva redução das taxas de desmatamento anuais a partir do ano de 2005, sendo que no ano de 2007, a taxa de desmatamento reduziu pela metade comparado à década de 90, sendo o registro nesse ano de 11.000 Km² de área desmatada (Nepstad *et al.*, 2006).

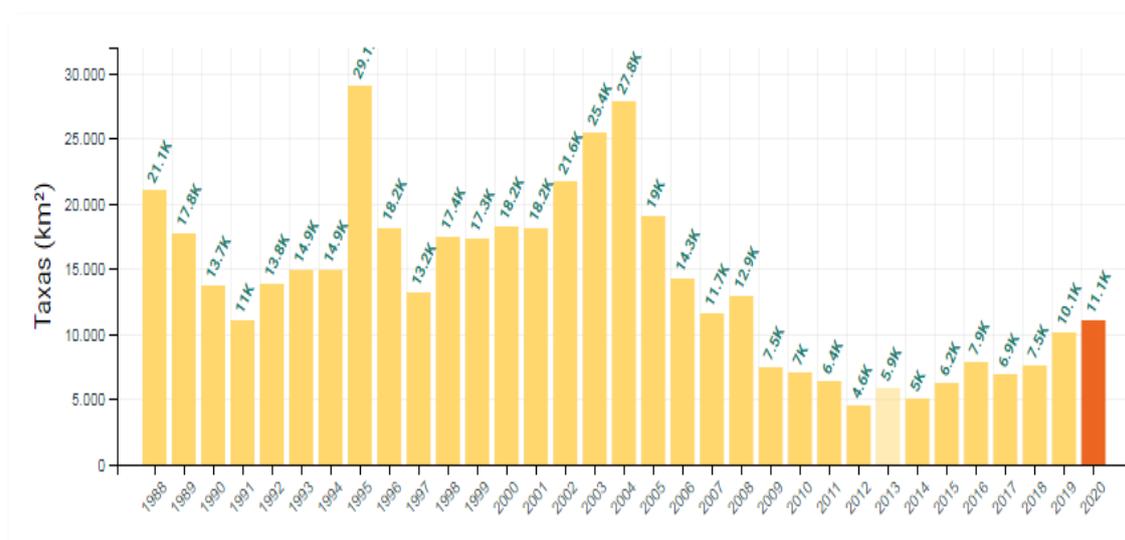


Figura 5: Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal em Km²/ano

Fonte: INPE-PRODES,2021.

Assim, na Figura 6 observa-se a redução das taxas de desmatamento em relação a cada estado da Amazônia Legal, sendo expressiva a redução das taxas de desmatamento nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia no período entre 2002 a 2014.

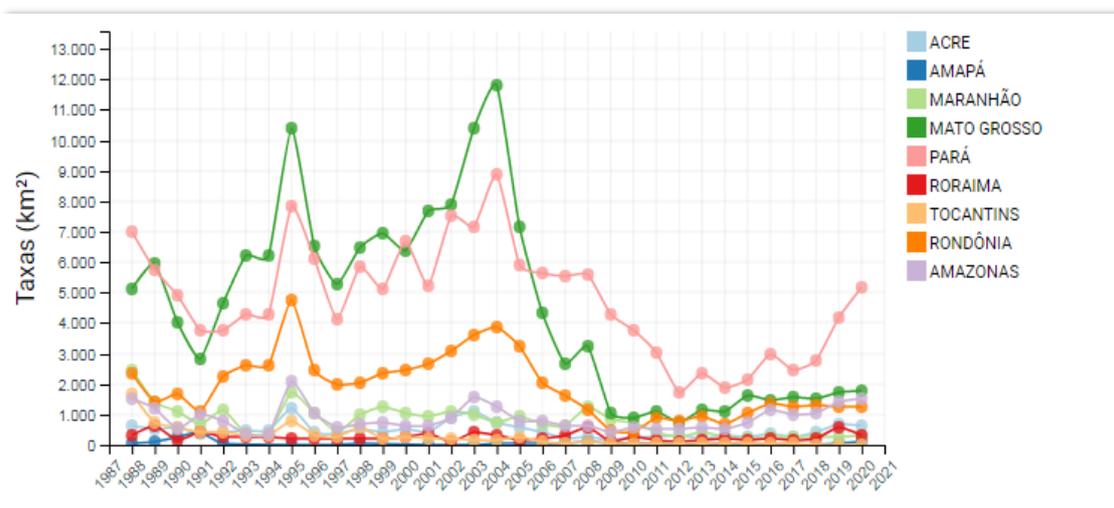


Figura 6: Taxas anuais de desmatamento nos estados da Amazônia Legal

Fonte: INPE-PRODES, 2021.

Assim, dentre os planos setoriais para a mitigação e adaptação previstos, destacam-se o Plano de Agricultura de Baixo Carbono, o Plano de Ação para Preservação e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado (PPCerrado).

Como resultado, segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Brasil reduziu 76,1% de suas emissões de gases de efeito estufa em mudança de uso da terra, resultado que se relaciona a menores taxas de desmatamento na Amazônia a partir de ações de controle e prevenção de desmatamentos (MCTI,2016).

Insta destacar que antes da entrada em vigor da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) apenas alguns estados possuíam normas e políticas estaduais que tratavam do tema, todavia, após a instituição das alterações climáticas, os Estados passaram a normatizar suas próprias políticas de enfrentamento das alterações climáticas, de acordo com os princípios e diretrizes estabelecidos na Política Nacional.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na presente seção são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para responder os objetivos propostos na pesquisa. Com efeito, inicialmente é apresentada a especificação do procedimento econométrico e o modelo estimado para a análise de desempenho das variáveis, em seguida, as variáveis e fontes de pesquisa para obtenção dos dados.

4.1 Modelo empírico

Neste trabalho buscou-se identificar as características econômicas e regionais dos estados brasileiros que poderiam explicar as emissões de CO₂ no período de 2002 a 2014 tendo com *background*, a Teoria da Curva Ambiental de Kuznets. Para isto, utilizou-se a técnica de dados em painel para as 27 unidades correspondentes a cada estado brasileiro no período de 2002 a 2014. Desta forma, a amostra totalizou 351 observações, além disso, ressalta-se que as variáveis em valores monetários foram deflacionados pelo índice IPCA com o ano base 2014.

Os dados contidos no presente estudo são indicadores socioeconômicos e ambientais como a emissão de CO₂, PIB dos estados brasileiros, Consumo de Energia Elétrica e Densidade Demográfica, obtidos através da pesquisa em arquivos e banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e do Seminário Nacional sobre Emissões de Gases de Efeito estufa (SEEG Brasil). Destaca-se que o referido período se justifica pela indisponibilidade de algumas variáveis a partir de 2015.

Para Baltagi (2005), Hsiao (2003) e Klevmarken (1989), existem muitos benefícios no enfoque de estimações em dados em painel, podendo citar como exemplo: a possibilidade de controlar a heterogeneidade individual, isto é, o efeito fixo; o ganho de mais informações (graus de liberdade), a redução de colinearidade entre os dados; possibilita também compreender melhor as dinâmicas de ajuste, uma vez que, os dados em corte transversal representam apenas um instante do tempo; a construção e teste de modelos mais complexos.

Posto isso, ressalta-se que, para o presente trabalho foram apresentadas as estimações para dados em painel (*pooled OLS*), painel com modelo de efeito fixo e aleatório. Por conseguinte, com estas regressões torna-se possível verificar se os

estimadores são consistentes. Após feitas as três estimações descritas anteriormente, foi necessário aplicar o Teste de Hausman (1983) para identificar qual o melhor modelo a ser estimado (*Pooled*, Efeito Fixo ou Efeito Aleatório).

4.1.1 Modelo econométrico

Neste contexto, a equação básica utilizada para a verificação empírica da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets é a especificada na forma cúbica:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 PIB_{it}^3 + \beta_k X_{it} + u_{it}$$

em que Y_{it} é o total de emissão de CO_2 nos estados brasileiros no período de 2002 a 2014; β_0 é a constante do modelo; PIB_{it} , PIB_{it}^2 e PIB_{it}^3 apresentam o produto interno bruto dos estados de acordo com a teoria da Curva Ambiental de Kuznetz; X_{it} vetor composto pelas variáveis explicativas; β_1 a β_3 são os parâmetros a serem estimados; e u_{it} que é o termo de erro estocástico da equação, que por pressuposição, deve ser *iid* - identicamente e independentemente distribuído - $N \sim (0, \sigma^2)$.

Assim, insta salientar que os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 buscam captar a relação entre a emissão de CO_2 e a renda, possibilitando constatar a forma da CAK que poderá se apresentar com distintos resultados a depender do comportamento das variáveis. Posto isso, a hipótese nula (H_0) da CA requer que os estimadores sejam significantes, ou seja, que β_1 seja positivo e significativo e β_2 seja negativo e significativo até o nível de 10% de significância. Portanto, para que não seja rejeitada a hipótese é necessário que $\beta_1 > 0$ e $\beta_2 < 0$. Assim sendo, a adição do estimador β_3 , para a renda *per capita* ao cubo permite constatar a existência de uma curva, seguindo ensinamentos de Grossman e Krueger (1995).

Ademais, entre as demais variáveis que compuseram o modelo está a variável de consumo de energia elétrica, posto que o crescimento econômico do país possui relação direta com a demanda de energia, sobretudo, considerando que a energia é usada em diversos setores e suas formas de utilização no país intensificam as emissões de gases poluentes, por conseguinte, espera-se sinal positivo no que tange a referida variável seguindo Martin *et al.* (2011) e Cole *et al.* (1997).

Além disso, compôs o modelo a variável de densidade demográfica, tendo em vista que para Shafik e Bandyopadhyay (1992) a densidade populacional é considerada

uma variável relevante para a literatura da CKA, tendo em vista que quanto maior o número de pessoas em determinada área, maior será a necessidade por regulamentações ambientais, possuindo relação direta com o nível de emissão de CO₂, com efeito, considerando a densidade populacional do país espera-se sinal positivo.

4.1.2 Fonte e tratamento dos dados

Desse modo, conforme já abordado, o modelo da Curva Ambiental de Kuznets relaciona os impactos ambientais ocasionados pelo crescimento econômico e renda. Nesse sentido, de acordo com o modelo proposto no presente estudo, busca-se identificar os fatores que efetivamente podem influenciar, positivamente e/ou negativamente na emissão de CO₂ nos estados brasileiros no período de 2002 a 2014.

Assim, para analisar a relação entre o PIB e a emissão de poluentes no Brasil, utiliza-se a emissão de CO₂ nos estados brasileiros disponibilizada pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

Além disso, considerando que o principal determinante da emissão de CO₂ conforme a Curva Ambiental de Kuznets é o nível de renda, utiliza-se o PIB de cada estado brasileiro, bem como acrescenta-se ao modelo original as variáveis referentes ao consumo de energia elétrica e de densidade demográfica segundo dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Destaca-se que, no presente estudo toma-se essencial a inclusão das variáveis $Pibpc^2$ e $Pibpc^3$, com objetivo de identificar a curva e o nível máximo de emissão em relação ao nível de renda.

Seguindo tais preceitos, considerando que esses indicadores se encontram correlacionados e impactam entre si, apresenta-se no Quadro 1 a descrição das variáveis utilizadas no modelo empírico estimado e os sinais esperados, introduzindo ao modelo clássico da Curva Ambiental de Kuznets outras variáveis de controle, além da renda *per capita*.

Quadro 1- Especificação das variáveis e sinais esperados

Variáveis	Fontes	Sinal Esperado	Referencial Empírico
Emissão de CO ₂ <i>per capita</i>	SEEG BRASIL		Cole <i>et al.</i> (1997),
PIB <i>per capita</i> ,	IBGE	Positivo	Grossman e Krueger (1991), Selden e Song (1994)
PIB ² <i>per capita</i>		Negativo	Grossman e Krueger (1991), Selden e Song (1994)
PIB ³ <i>per capita</i>		Positivo	Grossman e Krueger (1991)
Consumo de energia elétrica <i>per capita</i>		Positivo	Carvalho e Almeida (2010)
Densidade demográfica		Positivo	Selden e Song (1994)

Fonte: Elaborado pela autora

Desse modo, com base na discussão de fatores causais que apontam a existência de um relacionamento entre a emissão de CO₂ e crescimento econômico, torna-se necessário verificar se as evidências da CAK se replicam para as variáveis supramencionadas a partir da heterogeneidade estados brasileiros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresenta-se as principais análises e discussões dos resultados em relação ao comportamento individual das respectivas variáveis, bem como o seu comportamento conjunto no período compreendido entre os anos de 2002 a 2014 com o objetivo de verificar em que medida as variáveis utilizadas influenciam na emissão de CO₂.

5.1 Análise do Perfil da emissão CO₂ e crescimento econômico

Neste momento, passa-se a uma análise particularizada no que tange ao comportamento das emissões de CO₂ e PIB dos 27 estados brasileiros no lapso temporal de 2002 a 2014.

A trajetória das emissões de gases poluentes apresenta períodos distintos de crescimento e redução, superando 3,9 GtCO₂ no ano de 2004, reduzindo a menos da metade desse valor (1,85 GtCO₂e) em 2012, ano de menores emissões da série histórica, com reversão de tendências a partir de 2013 (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2019).

Os estudos como os de Lucon e Goldemberg (2010) apontam que, no ano de 2005, as emissões totais provenientes da mudança do uso da terra foram equivalentes a 11,8t CO₂eq por ano, entretanto, somente em 2009 ocorreu a formalização da posição brasileira em relação às mudanças climáticas estabelecida pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) por meio da Lei nº12.187 de 29 de dezembro 2009, momento em que o país se comprometeu voluntariamente a reduzir as emissões de gases poluentes, discriminando o uso da terra, agropecuária energia e outros setores.

Cumprе salientar que no período deste estudo (2002-2014), emissões relativas à mudança do uso da terra e florestas apresentaram-se dominantes na emissão de gases de efeito estufa no Brasil, acompanhada respectivamente das emissões referente ao setor agropecuário, de energia, processos industriais e resíduos, conforme dados fornecidos pelo Sistema de Estimativas de Emissões Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e evidenciados na Figura 7.

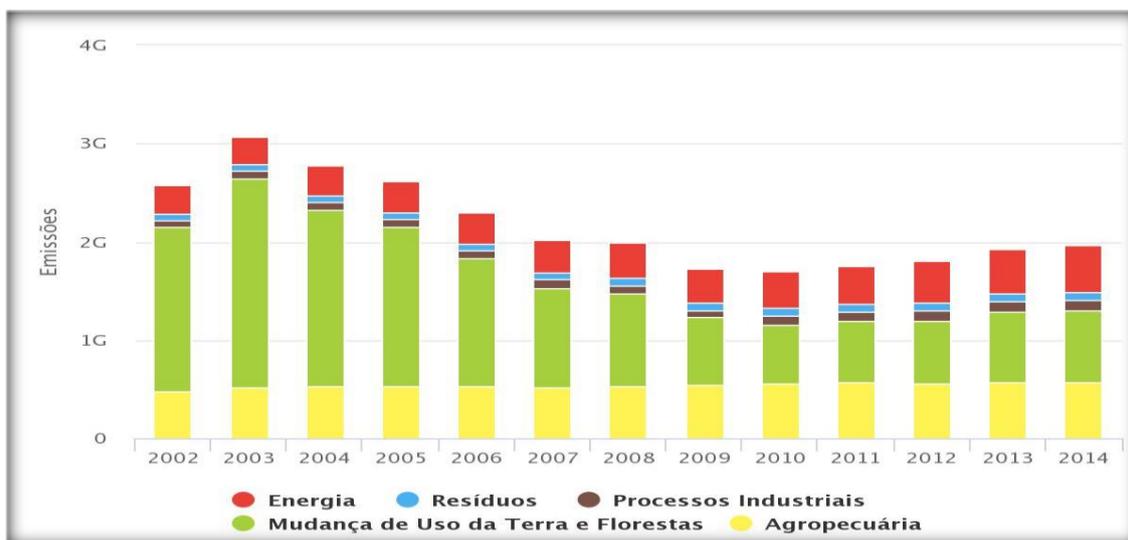


Figura 7- Emissão de gases poluente por setores nos estados brasileiros
 Fonte: SEEG (2014)

As estimativas apresentadas na Figura 7 demonstram o comportamento das emissões de CO_2 no Brasil, assim, constatou-se que durante o período em estudo houve a redução expressiva na emissão de gases entre os anos.

Verifica-se que diante das emissões de gases poluentes por setores nos estados brasileiros, não há como negar a importância da implementação de políticas para redução e controle de emissão de carbono no Brasil, em especial, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal abordado no presente trabalho, posto que a redução na emissão dos gases poluentes nos estados brasileiros durante o período de 2002 a 2014 se justifica, sobretudo, em razão da queda das emissões do setor de mudanças de uso da terra, não apresentando, os outros setores, redução na emissão de CO_2 substancial.

Outrossim, Euler (2016) avalia que durante esse período o Brasil se posicionou como um dos líderes mundiais na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa. Nesse sentido, de acordo com dados obtidos por Sereno (2019), a redução de 22,25% no nível das emissões de gases poluentes no período de 2002 a 2014 foi resultado, sobretudo, da drástica diminuição na emissão de gases nas regiões brasileiras mais poluidoras, ou seja, Norte e Centro-Oeste do país.

Nesse sentido, em relação à emissão de CO_2 per capita, os resultados obtidos no presente estudo também confirmam a trajetória dos gases de efeito estufa, apresentando períodos de queda na emissão de gases poluentes, conforme pode ser observado na Figura 7.

Já a Figura 8 evidencia o total de emissões de CO₂ no Brasil no período de 2002 a 2014.

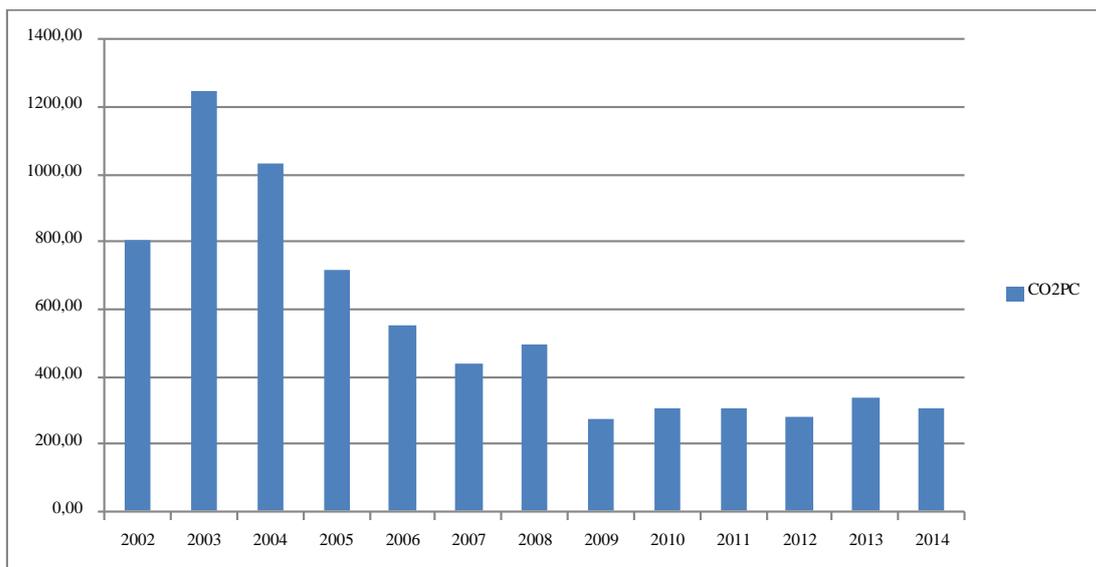


Figura 8- Total de Emissão de CO₂pc no Brasil

Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que os resultados do presente estudo apontaram que em relação ao período analisado houve o decréscimo da emissão de CO₂. Por outro lado, a Figura 9 demonstra que no período de 2002 a 2014 houve o crescimento do PIB, atingindo o seu valor máximo no ano de 2014.

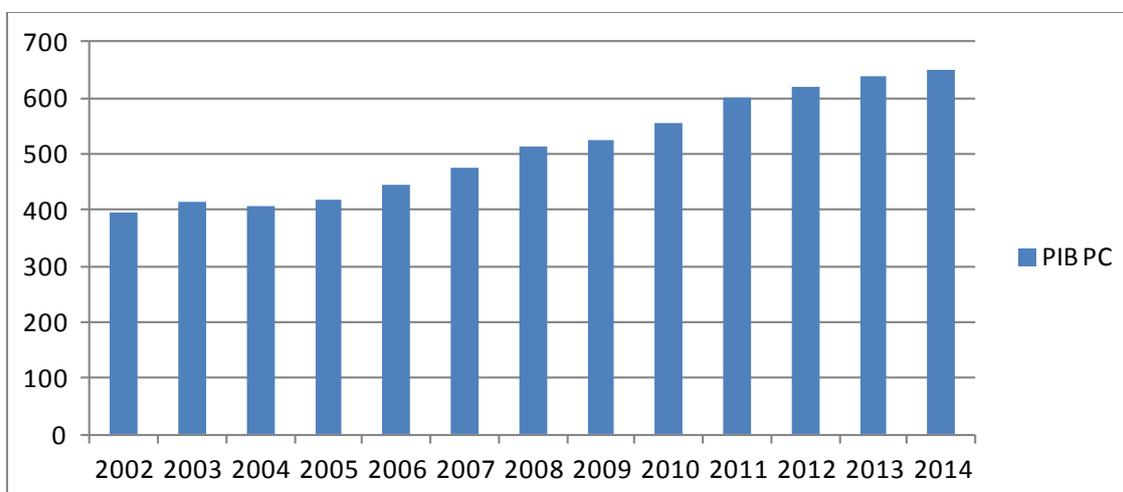


Figura 9-PIB (2002-2014)

Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo Diambiagi *et al.* (2018) o aumento do PIB, conforme evidenciado pela Figura 9, pode ser explicado pelo crescimento econômico no país na década de 2000, posto que foi um período de relevantes feitos na economia nacional, momento em que o país consolidou o tripé macroeconômico com três medidas que direcionaram a política econômica: câmbio flutuante, metas fiscais e metas de inflação.

Além disso, obteve um desempenho expressivo no mercado de crédito, fazendo com que o *superávit* primário médio atingisse 3,4% do PIB, fatores que contribuíram para os resultados obtidos em relação ao crescimento econômico.

Segundo Curado (2011), a economia brasileira a partir do ano de 2003 foi impulsionada pelo crescimento internacional paralelo ao regime de metas de inflação, taxa de câmbio e da inflação. Por conseguinte, a estabilidade de preços e progressos consideráveis na distribuição de renda e contenção da miséria, contribuíram para o crescimento do PIB, em especial, no período de 2003 a 2010.

Com efeito, a Figura 10 apresenta o comportamento da emissão de CO₂ e o PIB brasileiro entre os anos de 2002 a 2014.

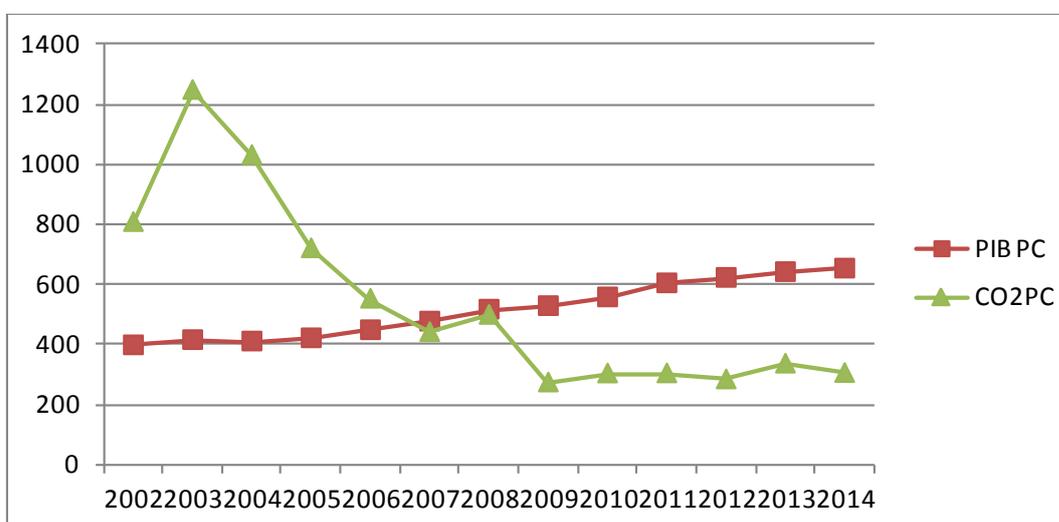


Figura 10- Emissão de CO₂ versus PIB (2002-2014)

Fonte: Resultado de pesquisa, elaborada pela autora.

Percebe-se que quando analisados a emissão de CO₂ e o desenvolvimento do PIB brasileiro, os resultados obtidos no presente estudo apontam que quando o país apresenta o aumento do PIB constata-se a redução da emissão de CO₂, indicando existir a priori uma relação inversa entre as variáveis, corroborando com a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets de que o crescimento do PIB contribui para a redução da emissão de CO₂. Este cenário pode ter como reflexo uma possível mudança estrutural nos

aspectos legais do país que vieram ocorrendo desde a década de 1990, quando iniciaram-se as discussões sobre o Desenvolvimento Sustentável.

Para Grossman e Krueger (1995) em determinado período a pressão sobre o meio ambiente aumenta conforme há um aumento de produção, caracterizando um efeito escala. Entretanto, essa pressão pode ser anulada em razão do efeito composição, caso o crescimento econômico derive de setores com baixos níveis de poluição, ou do efeito técnico em razão de avanços tecnológicos que venham compensar o aumento da produção, explicando essa relação entre o crescimento econômico e a qualidade ambiental.

Outrossim, Everett *et al.* (2010) explica o comportamento das variáveis com base em três motivos: a) a níveis baixos de renda *per capita* torna-se indesejada a redução da poluição, posto que os indivíduos priorizam satisfazer as suas necessidades básicas de consumo; b) após atingir certo nível de renda, os indivíduos começaram a considerar o *trade-off* entre crescimento econômico e qualidade ambiental, fazendo com que a degradação ambiental comece a reduzir; c) após determinado ponto, os gastos com melhorias na qualidade ambiental passam a predominar nas escolhas dos indivíduos acarretando uma reversão em relação à renda e a emissão de gases poluentes.

Já Selden e Song (1994), conforme outrora elucidado defendem que à medida que a renda aumenta, a população busca pela qualidade ambiental, por conseguinte, há mudanças na composição da produção e do consumo, gerando o aumento da consciência ambiental. Enquanto, Jones e Mannueli (1995) defendem que a redução da degradação ambiental se deve às instituições públicas tomadoras de decisão, tendo em vista que a qualidade desses serviços prestados à população seriam responsáveis pela internalização das externalidades ambientais.

Ademais, a fim de contribuir no presente estudo, a Figura 11 demonstra a evolução do consumo de energia nos estados brasileiros entre 2002 a 2014.

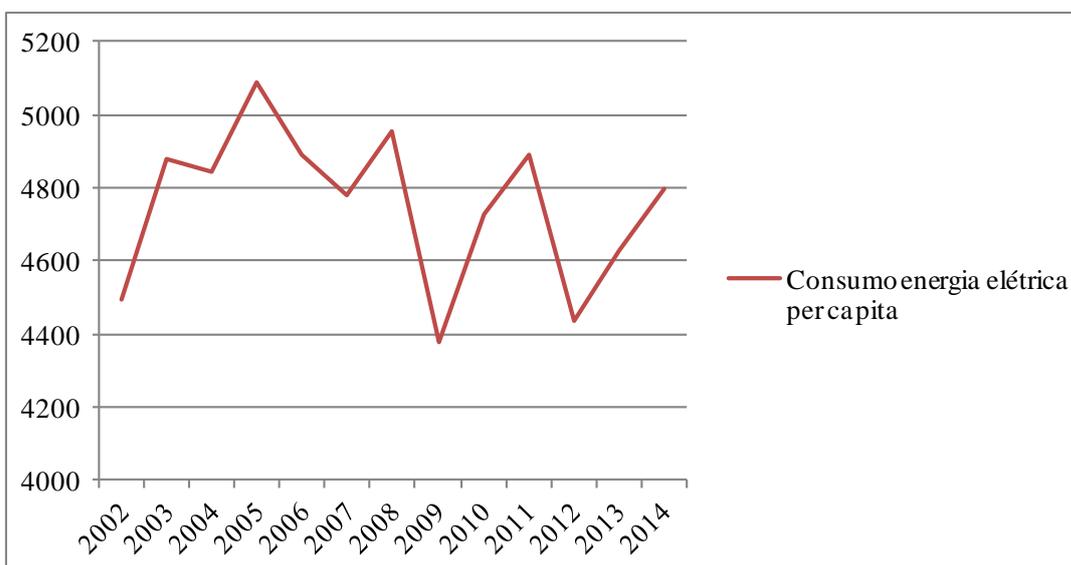


Figura 11: Consumo de Energia Elétrica nos estados brasileiros (2002-2014)

Fonte: Resultado de pesquisa, elaborado pela autora.

Verifica-se que o consumo de energia elétrica apresentou um aumento entre os anos de 2002 e 2005, decrescendo nos anos seguintes, com uma considerável redução no ano de 2009, período em que também houve o decréscimo da emissão de CO₂, conforme outrora demonstrado na Figura 7.

Oportunamente, a Figura 12 também apresenta a evolução da densidade demográfica entre o ano de 2002 e 2014 nos estados brasileiros.

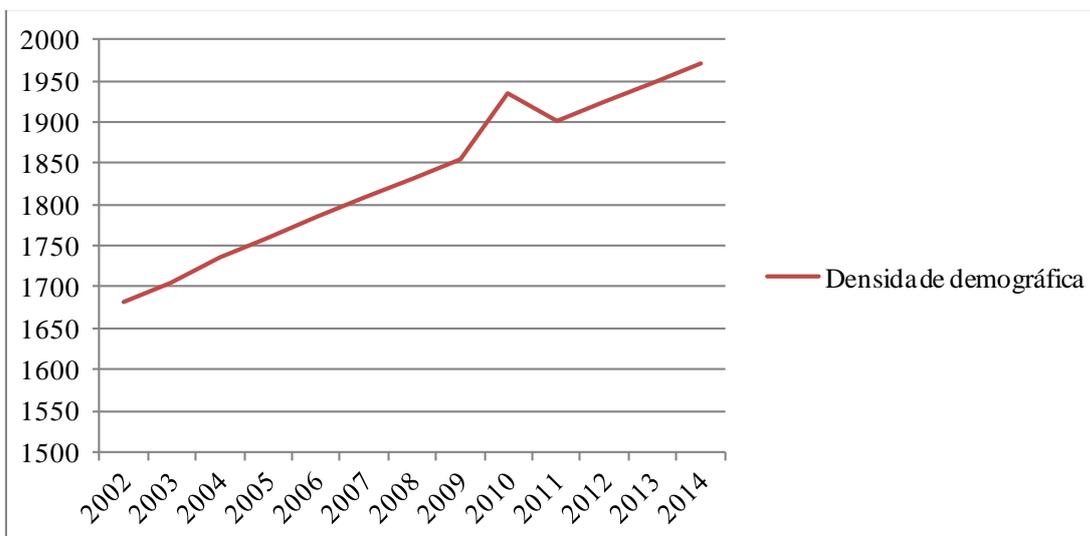


Figura 12: Densidade Demográfica nos estados brasileiros (2002- 2014)

Fonte: Resultado de pesquisa, elaborado pela autora.

Constata-se que durante o período objeto do presente estudo, houve o crescimento considerável em relação à densidade demográfica nos estados brasileiros,

resultados que também corroboram com a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental, tendo em vista que houve redução na emissão de CO₂ no mesmo período.

Nesse sentido, diante dos resultados apresentados até o momento, passa-se a análise descritiva das variáveis que compõem o modelo a fim de avaliar a hipótese original de CAK para os estados brasileiros.

5.1.1 Análise descritiva das variáveis

Assim, após avaliar o perfil da emissão CO₂ e do PIB no Brasil, toma-se primordial a análise estatística descritiva das variáveis utilizadas nesta pesquisa considerando as vinte e sete unidades federativas do Brasil. Oportunamente, ressalta-se que a base foi composta por 351 observações conforme demonstrada na Tabela 1.

Tabela1 – Estatística descritiva das variáveis

Variável	Unidade	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
CO ₂	(t)	66.800.000	117.000.000	621.871	1.050.000.000
PIB	(R\$)	161.000.000	288.000.000	4.723.725	1.860.000.000
ConsEnergipc	(kWh)	6.165.885	10.700.000	13.052,03	56.000.000
Densdemografica	(hab/km ²)	67,93	103,17	1,15	495,33

Fonte: Resultado de pesquisa, elaborada pela autora

Destarte, verifica-se que a emissão de CO₂ nos estados brasileiros foi equivalente à média de 66.800.000 toneladas, com desvio padrão de 117.000.000 toneladas. O menor valor de emissão de CO₂ foi de 621.871 toneladas verificado no ano de 2002 no estado do Amapá localizado na região Norte do país, e o valor máximo de 1.050.000.000 em 2004 no estado de Mato Grosso, localizado na região Centro-Oeste.

As altas emissões no estado do Mato Grosso podem ser explicadas pelo fato de apresentar como principais fontes de emissão o desmatamento e a atividade pecuária, sendo as emissões oriundas das mudanças no uso da terra preponderantes para a região Centro-Oeste. Segundo o observatório do Clima (2017, p.4) “o desempenho do setor agropecuário aparece para a região Centro-Oeste de forma mais relevante do que para o restante do país. A região é a principal emissora de GEE relacionados às atividades agropecuárias, respondendo por 28,9% das emissões nacionais”.

Com relação ao PIB, percebe-se que este os estados apresentaram, na média, um valor de R\$161.000.000 entre os estados brasileiros, sendo o estado de São Paulo localizado na Região Sudeste do país o ente federativo com o maior PIB no ano de

2014, equivalente a R\$1.860.000.000. Por outro lado, o estado de Roraima na região Norte, apresentou o menor PIB no ano de 2003, correspondente à R\$4.723.725.

Quanto ao consumo de energia elétrica nos estados, os resultados apontaram uma média de 6.165.885 KWh, com desvio padrão de 10.700.000 KWh, sendo menor valor encontrado foi de 13.052,03 KWh apurado no estado de Rondônia localizado na Região Oeste no ano de 2005, e o estado de São Paulo na Região Sudeste com o maior consumo de energia elétrica no ano de 2011, equivalente à 56.000.000 Kwh.

Já em relação à densidade demográfica no país, constata-se a média de 67,93 hab./km² em relação a todos os estados brasileiros, destacando-se o estado de Roraima em 2002 com a menor densidade demográfica, equivalente à 1,15 hab./km² e o Distrito Federal com a maior densidade demográfica entre os entes federativos com 495,33 hab./km² no ano de 2014.

5.1.2 Análise dos resultados da estimação do modelo econométrico

Para a análise dos resultados, de dados em painel, a regressão foi estimada pelo modelo de Efeito Fixo (FE), pelo modelo de Efeito Aleatório (RE) e pelo Modelo *Pooled*. Assim, após estimar os dados nessas formas verificou-se que os resultados dos β'_s não apresentaram muita variação entre si. Dessa forma, foi realizado o Teste de Hausman (1983), comparando os Betas das regressões de efeito fixo, efeito aleatório e *Pooled* a fim de detectar qual o modelo mais apropriado a ser utilizado neste estudo.

Nesse contexto, por intermédio dos resultados obtidos por meio do Teste de Hausman (1983), constatou-se que o teste apresentou um nível de significância de até 10%, o que permitiu definir que o melhor modelo a ser estimado nesta pesquisa seria o modelo de efeitos fixos. Por conseguinte, sendo a escolha da modelagem por efeitos fixos, serão analisados os resultados obtidos no modelo estimado na Tabela 2 a fim de verificar a hipótese de CAK para os estados brasileiros.

Tabela 2 - Resultados da regressão em painel com efeitos fixo, aleatório e Pooled

Variáveis	Modelo Pooled	Efeito Aleatório	Efeito Fixo
LogPibpc	1.086818*** (4.682464)	9.818397*** (2.829626)	9.800493*** (2.808762)
LogPibpc ²	-0.4112009*** (1.626253)	-3.547222*** (1.028012)	-3.497797*** (1.022546)
LogPibpc ³	0.0646084*** (0.184282)	0.4089274 *** (0.1219633)	0.4038593*** (0.1215151)
LogDdemografica	-0.7624779*** (0.386906)	-0.9189156*** (0.1143755)	-1.750875*** (0.246161)
Logconsenerlepc	0.0448862*** (0.0524868)	0.0712275*** (0.272002)	0.0756937*** (0.0268635)
Constante	-2.881737 ^{NS} (4.395975)	- 4.11267 ^{NS} (2.577386)	-1.682451 ^{NS} (2.635446)

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: * significativo a 10%; ** significativo a 5%; *** significativo a 1%; ^{NS} não significativo

De acordo com os resultados obtidos no modelo de efeito fixo, observa-se que todos os coeficientes se mostraram significantes ao nível de significância de 1%, indicando que todas as variáveis do modelo são importantes para explicar as variações das emissões de CO₂ nos estados do Brasil no período estudado.

No presente estudo, utilizou-se o PIB como parâmetro de distribuição de renda de acordo com o modelo da CAK, assim, calculou-se suas formas quadrática e cúbica conforme orientado por Grossman e Krueger (1991), por conseguinte, pode-se constatar que todos os coeficientes das variáveis logpibpc, logpibpc² e logpibpc³ apresentam os sinais dos coeficientes conforme o esperado pela teoria, com os respectivos betas 9.800493, -3.497797e 0.4038593.

Nesse sentido, inicialmente o coeficiente do PIB apresentou valor positivo, indicando aumento das emissões de CO₂ no estágio inicial da CAK. Assim, os resultados demonstram o aumento concomitante entre a emissão de CO₂ e a renda. Posto isso, de acordo com a teoria da CAK entende-se que no estágio inicial, o aumento da renda contribuiu para o aumento das emissões de CO₂ até certo nível (ponto de inflexão), uma vez que a pobreza limita o país/estado na adoção de novas técnicas durante o processo produtivo, impossibilitando a redução dos agentes poluidores.

De acordo com os ensinamentos de Diniz (2007), o efeito escala ocorre em nações menos desenvolvidas, tendo em vista que o crescimento econômico é a prioridade nessa etapa, ao contrário dos países desenvolvidos, que podem estar na parte negativamente inclinada da curva, assim, os efeitos de composição e técnica predominam sobre o efeito escala.

Posteriormente, ao elevar a variável PIBPC ao quadrado, o seu coeficiente passa a apresentar sinal negativo, demonstrando que o PIBPC ao quadrado passa a impactar negativamente na emissão de CO₂. Nesse sentido, segundo a teoria da CAK, a partir de determinado ponto, a pobreza já não é considerada um fator limitante quanto nos estágios iniciais. Para Stern *et al.* (1996) e Panayotou (1993), os resultados se devem ao alto nível de crescimento econômico que estão acompanhados de crescente regulamentação ambiental e implementação de novas tecnologias que contribuem para um gradual declínio da degradação do meio ambiente.

Por fim, estimou-se o PIBPC ao cubo para verificar o comportamento das emissões de CO₂, por conseguinte, o resultado foi positivo indicando que o aumento decorrente na renda a partir de determinado ponto acarretou novamente o crescimento da emissão de CO₂, assim, após certo nível de renda há um novo ponto de inflexão que tomou a curva ascendente novamente. Além disso, tem-se que o coeficiente do PIBPC ao cubo está próximo de zero e com significância estatística.

Todavia, cumpre destacar que além do aumento do PIB, acredita-se que a trajetória da política ambiental federal no Brasil no período de 2002 a 2014 também contribuiu para os resultados obtidos em relação à redução na emissão de GEEs, sobretudo, por se tratar de um período com ênfase para o efetivo desenvolvimento sustentável do país, com a criação do Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza, bem como a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) instituída pela Lei nº12.187 de 29 de dezembro 2009, além da criação de órgãos ambientais, acordos e tratados internacionais ratificados pelo Brasil que visam a redução na emissão de gases poluentes, conforme já abordado outrora.

Ademais, deve-se considerar que a partir de 2004 a taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal sofreu uma grande redução após a implantação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle de Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), constatando-se que no período em análise a redução do desmatamento também se apresentou como um dos elementos também determinantes para a redução de emissão de CO₂ total nos estados brasileiros.

Em relação às outras variáveis que compõem o modelo, pode-se observar que o coeficiente que mede o impacto do consumo de energia sobre as emissões nos estados brasileiros apresenta sinal positivo como o esperado, demonstrando que quanto maior o consumo de energia, maior a emissão de CO₂.

Além disso, o coeficiente que verifica o impacto da densidade populacional sobre as emissões de CO₂ apresenta sinal negativo, ao contrário do esperado. Por outro lado, Selden e Song (1994) entendem que se há mais habitantes em determinada área, maior será a conscientização em relação aos problemas ambiental e regulações ambientais, ocasionando uma menor degradação ambiental.

Nesse diapasão, em relação à hipótese da Curva Ambiental de Kuznets os resultados sugerem o formato da CAK similar ao de um “N”, sendo a forma de “U-invertido” constatada somente em um estágio inicial, corroborando as conclusões do trabalho de Grossman e Krueger (1995).

Em relação à hipótese da Curva Ambiental de Kuznets para o Brasil, é importante salientar que em seus estudos, Carvalho e Almeida (2010), Fonseca e Ribeiro (2005), Pao e Tsai (2011), Sousa, Sousa e Santos (2017), obtiveram resultados semelhantes, posto que também identificam a relação direta entre o crescimento econômico, a emissão de gases poluentes e a preservação ambiental, confirmando a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets em forma de “N”, com destaque para Sousa, Sousa e Santos (2017) que também identificam sinais semelhantes para as variáveis PIB, PIBC² e PIBC³, mesmo distintos os dados que compõem o modelo.

A título de ilustração, a evolução das emissões de CO₂ e o PIB nos estados brasileiros entre o período de 2002 a 2014 é apresentada na Figura 13, a qual demonstra a primeira vista a Curva Ambiental de Kuznets estimada no presente estudo com base nos resultados obtidos.

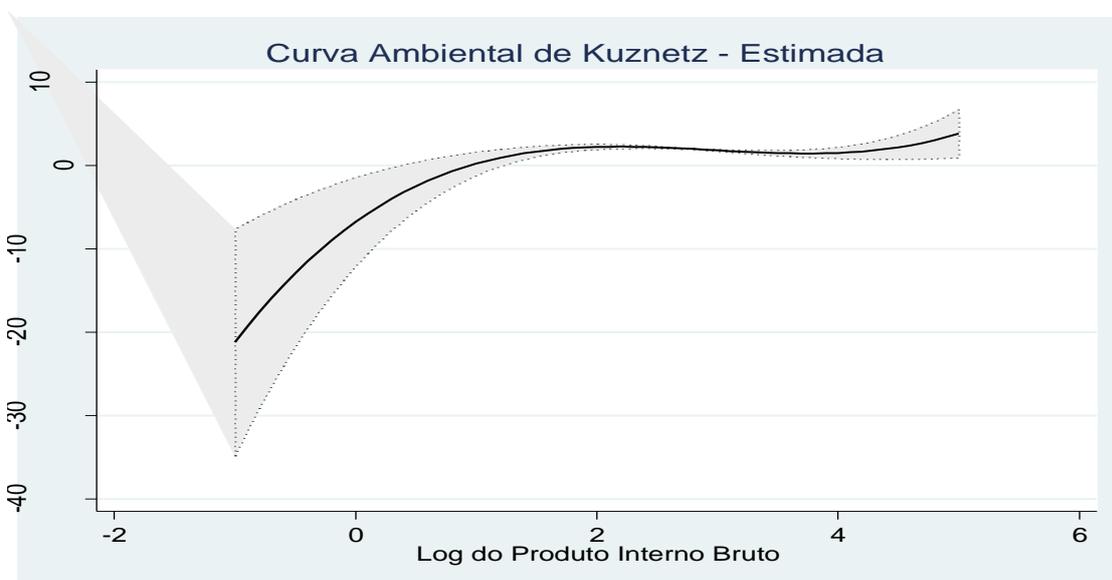


Figura 13- Curva de Kuznets Ambiental estimada para o Brasil
Fonte: Resultado de pesquisa, elaborado pela autora.

Destarte, assim como nos estudos de Cole (2004), De Bruyn *et al.* (1998), Torras e Boyce (1998), os resultados obtidos sugerem que a CAK em relação aos estados brasileiros não se sustenta a longo prazo. Conforme abordado alhures, o formato de “U” invertido seria apenas um estágio inicial da relação entre crescimento econômico e pressão ambiental.

Após atingir certo nível de renda, existiria um novo ponto de inflexão que tomaria a trajetória ascendente novamente, conseqüentemente, o formato da CAK seria similar ao de um “N”, sugerindo o aumento da degradação ambiental em altos níveis de crescimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou verificar sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets como os estados brasileiros no período de 2002 a 2014 desenvolveram-se economicamente e ambientalmente considerando o nível de renda e de emissão de CO₂.

Destarte, com base em um modelo de dados de painel com efeito fixo, verificou-se a relação entre o PIB e a emissão de CO₂ no Brasil, bem como acrescentou-se ao modelo original as variáveis referentes ao consumo de energia elétrica nos estados brasileiros e de densidade demográfica, incluindo-se ao modelo $Pibpc^2$ e $Pibpc^3$.

Com efeito, os resultados obtidos demonstraram a relação inversa entre as variáveis PIB e emissão de CO₂, considerando que, quando o país apresentou um aumento no Produto Interno Bruto constatou-se também a redução da emissão de CO₂, corroborando com a hipótese de que as alterações no conjunto de variáveis que acarretam o crescimento do PIB também contribuem para a redução da emissão de CO₂.

Em relação aos coeficientes das variáveis PIBPC, PIBPC² e PIBPC³, todos apresentaram os sinais conforme o esperado pela teoria, sendo o PIB positivo, PIB *per capita* ao quadrado negativo e PIB *per capita* ao cubo positivo. Além disso, no que tange as outras variáveis que compõem o modelo, o coeficiente do consumo de energia *per capita* apresentou-se positivo e o impacto da densidade populacional sobre as emissões de CO₂ apresentou-se negativo.

Nesse diapasão, os resultados sugerem o formato da CAK similar ao de um “N” para o Brasil durante o período de 2002 a 2014, sendo a forma de “U-invertido” constatada somente em um estágio inicial, corroborando as conclusões do trabalho de Grossman e Krueger (1995), logo, os resultados obtidos sugerem que a CAK em relação aos estados brasileiros não se sustentam a longo prazo, com efeito, após atingir certo nível de renda, existiria um novo ponto de inflexão que tomaria a trajetória ascendente novamente.

Portanto, estando a forma descrita pela CAK condicionada ao nível de renda, as emissões de gases poluentes reduzirão a partir do momento em que a renda atingir o ponto de inflexão, contudo, o aumento da renda *per capita* por si só não é capaz de provocar a redução da emissão de gases poluentes e encontra-se atrelado ao compromisso dos estados com a redução da emissão de CO₂.

Assim, em relação à redução na emissão de CO₂, é imprescindível destacar também a importância da trajetória da política ambiental federal no Brasil no período de

2002 a 2014 para a obtenção dos resultados no presente trabalho, posto que se trata de um período marcado pela criação de órgãos ambientais, implementação de metas, Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças, acordos e tratados internacionais ratificados pelo Brasil.

Dito isso, os resultados reforçam a necessidade de entender a natureza da curva ambiental de Kuznets considerando as suas implicações políticas e sociais, bem como em razão de suas contribuições no direcionamento dos órgãos e entidades ambientais, a fim de que a pressão ambiental não sobreponha ao crescimento econômico.

Desse modo, diante da escassez de trabalhos que discorram sobre a Curva e a indisponibilidade de Ambiental de Kuznets em âmbito nacional, o presente estudo destaca-se por se valer de dados nacionais e estaduais que apresentam certa instabilidade em sua estimação, por conseguinte, contribui para novas pesquisas relacionadas ao tema.

Como limitação do estudo, pode-se destacar a indisponibilidade de dados a partir do ano de 2015. Assim, para os estudos futuros, sugerimos a utilização de outros indicadores de qualidade ambiental e a aprimoração do modelo, sendo feita uma reanálise brasileira por volta de 2025 a 2030 em razão das novas metas ambientais e considerando as novas metas estabelecidas no Acordo de Paris a fim de confirmar ou não a hipótese da Curva de Kuznets.

REFERÊNCIAS

- AHLUWALIA, M. S. Income distribution and development: some stylized facts. **American Economic Review**, 66, n.2, p. 128-135, 1976.
- ANAND, S.; KANBUR, S. M. R. The Kuznets process and the inequality development relationship. **Journal of development economics**, v. 40, p. 25-52, 1993.
- ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 3, p. 525- 547, 2006.
- BAGOLIN, I. P.; GABE, J.; RIBEIRO, E. P. **Crescimento e desigualdade no Rio Grande do Sul**: uma revisão da curva de Kuznets para os municípios gaúchos (1970-1991). UFRGS, 2004.
- BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**. 4th. ed. [S.l.]: Wiley, v. 13, 2005.
- BANCO MUNDIAL, **Data The World Bank**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acessado em: 20 de out.2020.
- BARRO, R. J. Inequality and growth in a panel of countries. **Journal of economic growth**, v. 5, p. 5-32, 2000.
- BARROS *et al.*. Desigualdade e desenvolvimento: a hipótese de Kuznets é válida para os municípios brasileiros? **Revista análise econômica**, v. 50, p. 57-81, 2008.
- BECKERMAN, W. Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment? **World Development**, Oxford, vol. 20, n. 4, p. 481-496, 1992.
- BÊRNI, D. A.; MARQUETTI, A.; KLOECKMER, R. A desigualdade econômica do Rio Grande do Sul: primeiras investigações sobre a curva de Kuznets. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 1., 2002, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, 2002.
- BINDER, M.; HISAO, C.; PESSARAM, M. H. Estimation and inference in short panel vector autoregressions with unit roots and cointegration. *Econometric Theory*, v. 21, p. 795-837, 2004.
- BRASIL. **Constituição Federal do Brasil**. Brasília:Senado Federal,1988.
- _____. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Instítui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm. Acesso em 02 fev. 2021.
- _____. Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 de set. 1981. Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 23 de set. 2020.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, 12 de fev. 1998. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm > Acesso em: 24 mar. 2020.

BRAZ, Mario Sergio Araújo. Os mecanismos de cooperação internacional para redução de emissões sob o Protocolo de Quioto. **Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União**, Brasília, n. 9, p. 139-159, out./dez. 2003.

BROCK, William A., TAYLOR, M. Scott, The green Solow model. **Spring Science and Business Media**. 2010.

CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. **A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: Uma Perspectiva Econométrico-Espacial**. Revista Estudos econômicos, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010.

CASTRO, Edna. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 8, n. 2, p. 5-39, dez. 2005. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/3175>. Acesso em: 21 jul. 2020.

COLE, M. A.; RAYNER, A. J.; BATES, J. M. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. **Environment and Development Economics**, Nottingham, vol. 2, p. 401-416, 1997.

COSTA, H. M. **Cobertura da Terra em propriedades privadas na Amazônia: dinâmica de desmatamento e remanescente florestal**. 2017. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Heliz_Menezes_d_a_Costa.pdf. Acesso em: jan. 2021.

CUNHA, Cleyzer Adrian; SCALCO, Paulo Roberto. **Crescimento econômico brasileiro e emissão de CO₂**. Revista do Desenvolvimento Regional, vol. 18, pp. 214-230, 2013.

CURADO, Marcelo. Uma avaliação da economia brasileira no Governo Lula. **Economia & Tecnologia**. Volume Especial, Ano 07, 2011.

DAVIDSON, R.; MACKINNON, J. G. *Estimation and inference in econometrics*. New York: Oxford University Press, 1993.

DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 25, 1998.

DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico**. 3.^a edição. São Paulo: Saraiva, 2008.

DIAMBIAGI *et al.* **Perspectivas DEPEC 2018** – O crescimento da economia brasileira 2018-2023. Elaborado pelo Departamento de Pesquisa Econômica do BNDES. Editado pelo Departamento de Comunicação. 2018. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14760/1/Perspectivas%202018-2023_P.pdf. Acesso em 25 de Nov.2020.

DINIZ, E.M. Lessons from the Kyoto protocol. *Ambiente e Sociedade*, v.10, n.1, p. 27-38,2007.

EULER, A. M. C. O acordo de Paris e o futuro do REDD+ no Brasil. **Cadernos Adenauer**, Berlim, v. 2, 2016.

EVERETT, T. *et al.*. Economic growth and the environment. *Defra Evidence and Analysis Series*, n. 2, Mar. 2010. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69195/pb13390-economic-growth-100305.pdf>. Acesso em: 06 de out. 2020.

FONSECA, L. N.; RIBEIRO, E. P. Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil. **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia, João Pessoa: realização ANPEC**, 2005. Disponível em <<http://www.anpec.org.br/encontro2004/artigos/A04A117.pdf>>. Acesso em 20 set.. 2020.

GALDINO, Flavio. **Introdução à Teoria dos Custos dos Direitos: direitos não nascem em árvores**. Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2005.

GIBBS, B. H. K. et al. Brazil's Soy Moratorium. **Science**, v. 347, n. 6220, 2015.

GOLDEMBERG *et.al.*. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. [Título Original: Energy, Environment and Development]. Tradução de André Kock. 2. ed. São Paulo: USP, 2003;

GROSSMAN, G.M.; KRUEGER, A.B. Environmental impacts of North American free trade agreement. Nber working paper series. Working paper n.3914 **National Bureau of economic research**. Cambridge: November, 1991.

GROSSMAN, G.M. e KRUEGER, A.B. Economic growth and the environment. **The Quarterly Journal of Economics**, v.110, may, 1995.

GUIMARÃES, Roberto Pereira; FONTOURA, Yuna Souza dos Reis da. **Rio+20 ou Rio-20? Crônica de um fracasso anunciado**. *Ambiente & Sociedade*, Vol. 15, 2012.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HAUSMAN, J.A. Specification and estimation of simultaneous equation models. In: GRILICHES, Zvi; INTRILIGATOR, M. D. (Ed.). **Handbook of econometrics**. Amsterdam: North Holland, 1983.

HOLTZ-EAKIN, D.; NEWEY, W.; ROSEN, H. S. Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, v. 56, n. 6, p. 1371-1395, 1988.

HOLLANDER, Jack M. **The real Environmental crisis: why poverty, not affluence, is the environment's number one enemy**. University of California Press, Berkeley, 2003.

HSIAO, C. **Analysis of panel data**. Second Edi ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2003.

IPEA. **Brasil em desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2010.

JONES, Larry E., MANUELLI, Rodolfo E., A positive modelo of growth and pollution control. NBER Working Papers, 1995.

KASSMAYER; NETO. **A entrada em vigor do Acordo de Paris: O que muda no Brasil**. 2016. Disponível em:> <https://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/528873>>. Acesso em 12 de abril de 2020.

KLEVMARKEN, N. A. Panel Studies: What Can We Learn From Them? **European Economic Review**, v. 33, 1989.

LE PRESTRE, Philippe. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2000.

LI, H.; GRIJALVA, T.; BERRENS, R. P. Economic growth and environmental quality: a metaanalysis of environmental Kuznets curve studies. **Economic Bulletin**, v.17, n.5, p. 1-11, 2007.

LOMBORG, B. **O Ambientalista Céptico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LUCENA, A. F. P. **Estimativa de uma Curva de Kuznets Ambiental aplicada ao uso de energia e suas implicações para as emissões de carbono no Brasil**. 2005. 132f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. **São Paulo - The "Other" Brazil: Different Pathways on Climate Change for State and Federal Governments**. *The Journal of Environment & Development*, Vol. 19, 2010

MARQUES, Victor Perez. **Curva de Kuznets Ambiental: a evolução econômica e ambiental do Brasil**. São Paulo: Insper, 2012.

MARTIN *et al.*. The impacts of the climated change levy on manufacturing, Nber working paper, 2011.

MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. A proteção da natureza no Brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, ano VI, n. 9, p. 83-93, 2004.

MILARÉ, Édís. **Direito do Ambiente: a gestão ambiental em foco**. 9.º edição. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

_____. *Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário*. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC**, Brasília: MAPA, 2012.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Aspectos regulatórios das mudanças climáticas no Brasil**. In: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Boletim Regional, Urbano e Ambiental n° 4, pp. 33-38, 2010.

MUELLER, C. C. Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília: Ed. UnB, 2007. p. 60-85.

NOBRE, M. e AMAZONAS, M. de C. (orgs.), **Desenvolvimento Sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: IBAMA, 2002.

NOGUEIRA *et al.*. Evidência da Curva de Kuznets Ambiental no Brasil: Uma análise do crescimento e poluição. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n.13,n.2, p.304-314. Disponível em <https://periodicos.ufpb.br/index.php/economia/article/view/26556>. Acesso em 05 de set. 2020.

KAUFMANN *et al.*. The determinants of atmospheric SO concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, Toronto, vol.25, p.209-220, 1998.

KUZNETS, S.S. Economic growth and income inequality. **The American Economic Review**, v.45, n.1, 1955.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil 1970-2018**. SEEG. Disponível em: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/brasil-tem-emissoes-estaveis-em-2018/>. Acesso em 08 de novembro de 2019.

PANAYOTOU, T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. **International Labour Office**. [S.l: s.n.], 1993.

PAO, H.; TSAI, C. Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, v. 36, n.5, p.2450-2458, mai.2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211000338>. Acesso em: 16 set. 2019.

PASCHE, Markus. Technical Progress, Structural Change, and the Environmental Kuznets Curve. **Ecological Economics**, 42(3), 2002.

PECCATIELLO, A. F. O. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 24, n. 0, 28 dez. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/21542>. Acesso em: 01 set. 2020.

PIGA, T. R.; MANSANO, S. R. V.; MOSTAGE, N. C. Ascensão e declínio da Agenda 21: uma análise política. **Perspectivas Contemporâneas**, v. 14, n. 3, p. 74–92, 3 jan. 2019. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/perspectivascontemporaneas/article/view/2795>. Acesso em: 10 out. 2019.

PIRES, G. N. Crescimento econômico e emissões de dióxido de carbono: a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental para o Brasil (1970 – 2011). **Observatório de la Economía Latinoamericana**, p. 1–11, 2017. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/17/kuznets.html>. Acesso em 10 out.2019.

SALVATO, M. A. et al. Crescimento e Desigualdade: Evidências da Curva de Kuznets para os Municípios de Minas Gerais–1991/2000. **Revista Economia & Gestão**, v. 6, n. 13, p. 1– 16, 2006.

SANTOS, R.B.N et al. *Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal*. Trabalho apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2008.

SERENO, L. G. F.; SIMÕES, M. S.; ANDRADE, D. C. Crescimento Econômico, Exportações e Emissões de GEE na Região Sudeste [...]. In: 45º Encontro Nacional de Economia, 12, 2018, Rio de Janeiro. Anais[...]. Rio de Janeiro: ANPEC, 2018. Disponível em: <https://en.anpec.org.br/>. Acesso em 10 out.2020.

SELDEN, T.M. e SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and management**, v.27, n.2, 1994.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estuda. Rio de Janeiro: SEEG, 2017. Disponível em <<http://seeg.eco.br/>> . Acesso em: 10 de Nov. 2020.

SHAFIK,N. e BANDYOPADHYAY, S. **Economic growth and environmental quality: time series and croos-country evidence**. Policy Research Working Paper Series. [S.l.]: The World Bank, 1992.

SILVA, De Plácido e. **Vocabulário jurídico**. 12. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1993.

SIRVINKAS, Luís Paulo. **Manual de Direito Ambiental**. 14. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

SOARES, Guido Fernando Silva. **A proteção internacional do meio ambiente**. São Paulo: Manole, 2003.

SOLOW, Robert M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-320, August, 1957.

SOUSA, L. C. R.; SOUSA, D. S. P.; SANTOS, R. B. Nascimento. Curva ambiental de Kuznets: uma análise macroeconômica entre crescimento econômico e impacto ambiental de 2005 a 2010. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis**, v. 5, n. 2, p. 227-246, out. /mar. 2016. Disponível em http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3329. Acesso em: 09 dez. 2020.

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. Economic growth and environmental degradation: the Environmental Kuznets Curve and sustainable development. *World Development*, Massachusetts, v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996.

TABOSA *et al.*. Reexaminando a Curva De Kuznets : Evidências Para O Brasil No Período De 1981-2009. **REDES - Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 21, n. 2, p. 245–266, 2016.

TAQUES, F. H.; MAZZUTTI, C. C. T. P. C. Qual a Relação entre Desigualdade de Renda e Nível de Renda Per Capita? Testando a hipótese de kuznets para as Unidades Federativas Brasileiras. **Planejamento e Políticas Públicas - PPP**, n. 35, p. 162–186, 2010.

THOMÉ, R. F. da S. **Manual de Direito Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Editora Método, 2014.

TORRAS, M.; BOYCE, J. K. Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, Amherst, v. 25, p. 147-170, 1998.

VIOLA, Eduardo. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, n. 50, p. 25-46, out. 2002.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford and New York: Oxford University Press, 1987.