

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

JOÃO VITOR ACCA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENVOLVIMENTO E ÍNDICE DE
QUALIDADE DO AR: UMA ANÁLISE MUNICIPAL**

Sorocaba

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

JOÃO VITOR ACCA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENVOLVIMENTO E ÍNDICE DE
QUALIDADE DO AR: UMA ANÁLISE MUNICIPAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciências em
Gestão e Tecnologia da Universidade
Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba,
para obtenção do título/grau de bacharel
em Ciências Econômicas.

Orientação: Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo

Sorocaba

2024

Acca dos Santos, João Vitor

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENVOLVIMENTO E
ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR: UMA ANÁLISE
MUNICIPAL / João Vitor Acca dos Santos -- 2024.
48f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Cassiano Bragagnolo
Banca Examinadora: Anieli Fagundes Carrara, Mariusa
Momenti Pitelli
Bibliografia

1. Desenvolvimento. 2. Curva Ambiental de Kuznets. 3.
Desenvolvimento Sustentável. I. Acca dos Santos, João
Vitor. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

João Vitor Acca dos Santos

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DESENVOLVIMENTO E ÍNDICE DE QUALIDADE
DO AR: UMA ANÁLISE MUNICIPAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título/grau de bacharel em Ciências Econômicas.
Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 08 de fevereiro de 2024

Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo
Orientador(a)

Profª. Dra. Aniela Fagundes Carrara
Examinador(a)

Profª. Dra. Mariusa Momenti Pitelli
Examinador(a)

JOÃO VITOR ACCADOS SANTOS

Análise da relação entre desenvolvimento e índice de qualidade do ar: uma análise municipal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, para obtenção do título/grau de bacharel em Ciências Econômicas.

Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 17 de fevereiro de 2024

Orientador

Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo

Departamento de Economia - UFSCar

Examinadora

Prof. Dr. Anielia Fagundes Carrara

Departamento de Economia - UFSCar

Examinadora

Prof. Dr. Mariusa Momenti Pitelli

Departamento de Economia - UFSCar

AGRADECIMENTOS

A todos os professores que participaram em minha formação gostaria de agradecer profundamente. Apesar das adversidades, sinto que durante minha formação fui muito bem acompanhado e guiado por todo o corpo docente.

Agradeço ao Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo por todo auxílio prestado de prontidão durante a execução deste trabalho, sua orientação foi imprescindível e serei sempre grato.

Agradeço também a meus amigos do “Carção Praiero”, vocês fizeram a diferença tornando todo este processo mais alegre.

Agradeço também a minha família, Pai e Mãe, vocês são os pilares da minha vida, sem vocês nada seria.

Vó, obrigado por tudo sei que deve estar feliz por minhas conquistas.

RESUMO

O desenvolvimento econômico é um fenômeno que, dadas certas circunstâncias, pode estar ligado à exploração e degradação do meio ambiente. Dessa forma é de grande importância o incentivo a um desenvolvimento econômico sustentável. Neste sentido a teoria mais conhecida que relaciona desenvolvimento econômico e degradação ambiental é a Curva Ambiental de Kuznets (CAK). A CAK é um conceito teórico que postula uma relação entre a degradação ambiental e o processo de desenvolvimento econômico através de uma curva no formato de um “U” invertido. Um dos principais impactos ambientais causados pelo desenvolvimento é a poluição atmosférica, com a deterioração da qualidade do ar, causando problemas ambientais e problemas de saúde. De forma a controlar a poluição atmosférica e seus riscos, diversos países estabelecem parâmetros de qualidade do ar, por meio dos quais são capazes de avaliar a sua condição e implementar medidas para sua manutenção. Deste modo o estudo buscou através de um modelo de dados em painel identificar a relação do índice de qualidade de ar com a poluição durante o período de 2015 a 2020 em 6 estados do Brasil. Este trabalho tem o objetivo de analisar a qualidade do ar, esta medida pelo índice de qualidade do ar por meio da utilização da concentração de poluentes anual (MP10), para os municípios de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais e relacioná-lo com diversas variáveis que representam o nível de desenvolvimento econômico, como PIB *per capita*, população e PIB industrial, por fim irá verificar a possibilidade de encontrar uma curva semelhante a CAK.

Palavras-chave: Poluição. CAK. Desenvolvimento. Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

Economic development is a phenomenon that, given certain circumstances, can be linked to the exploitation and degradation of the environment. Therefore, encouraging sustainable economic development is of great importance. In this sense, the best-known theory that relates economic development and environmental degradation is the Environmental Kuznets Curve (CAK). CAK is a theoretical concept that postulates a relationship between environmental degradation and the process of economic development through a curve in the shape of an inverted "U". One of the main environmental impacts caused by development is atmospheric pollution, with the deterioration of air quality, causing environmental problems and health problems. In order to control air pollution and its risks, several countries establish air quality parameters, through which they are able to assess its condition and implement measures to maintain it. Thus, the study sought, through a panel data model, to identify the relationship between the air quality index and pollution during the period from 2015 to 2020 in 6 states in Brazil. This work aims to analyze air quality, measured by the air quality index using the annual pollutant concentration (PM10), for the states of São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul, Pernambuco and Minas Gerais and relating it to several variables that represent the level of economic development, such as GDP per capita, population and industrial GDP, will finally verify the possibility of finding a curve similar to CAK.

Keywords: Pollution. CAK. Development. Sustainable development.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.....	11
2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	12
2.3. POLÍTICAS AMBIENTAIS.....	13
2.4. CURVA DE KUZNETS.....	16
2.5. CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS.....	17
2.6. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	21
2.7. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.....	23
2.8. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NOS CENTROS URBANOS.....	25
2.9. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	27
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 MODELO ECONOMÉTRICO.....	30
3.2 MODELO EMPÍRICO.....	31
3.3 VARIÁVEIS SELECIONADAS E FONTES DE DADOS.....	33
4 RESULTADOS.....	35
4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS.....	35
4.2 MODELOS ECONOMÉTRICOS.....	36
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
Referências.....	43

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico é um fenômeno intrinsecamente relacionado à exploração do meio ambiente. Dessa forma, o desenvolvimento econômico de uma sociedade gera, inevitavelmente, um impacto ambiental na biosfera. Setores essenciais à economia, como a indústria ou a agricultura, apesar de alavancarem o desenvolvimento, exploram recursos naturais e emitem grandes quantidades de poluentes anualmente (LUCAS, 1988; SCHUMPETER, 2021).

Nesse cenário, é imprescindível que se busque modelos mais sustentáveis de crescimento. Um desenvolvimento econômico sustentável leva em consideração não apenas o aspecto econômico de um sistema, mas também a preservação ambiental, a exploração consciente dos recursos naturais e o bem-estar social (BARBIER, 2019; SINGH et al., 2023).

Políticas ambientais tem o papel de preservar o meio ambiente. Estas, constituem um conjunto de ações governamentais com a finalidade de preservar e melhorar o meio ambiente, mitigando o impacto ambiental derivado do desenvolvimento econômico. Essas políticas possuem um teor regulatório de forma a impor diretrizes e parâmetros para emissores de poluição de forma a controlar o impacto ambiental gerado pelas atividades econômicas (BILOTTA et al., 2014).

Neste contexto, a Curva Ambiental de Kuznets (CAK) é um conceito teórico que estabelece uma relação entre o impacto ambiental em função do desenvolvimento econômico. Esta abordagem foi inspirada na Curva de Kuznets, desenvolvida pelo economista Simon Kuznets em 1950-1960, que testa a relação entre o desenvolvimento econômico e a distribuição de renda. A CAK propõe que, em estágios iniciais de desenvolvimento, a degradação ambiental do meio ambiente aumenta até chegar em um ponto de máximo, na qual ocorre uma inflexão a partir do qual começa a haver uma diminuição da degradação em estágios mais avançados do desenvolvimento, resultando numa curva em formato de um “U” invertido (ÁVILA e DINIZ, 2015; HEERINK et al., 2001). Apesar de o modelo da CAK ser limitado, na prática, o conceito fornece considerações

valiosas para o entendimento de como o desenvolvimento afeta o meio ambiente e sobre a importância de políticas ambientais para minimizar os impactos ambientais (STERN, 2004a).

Dentre os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento, pode-se citar a poluição atmosférica como um dos mais relevantes, uma vez que afeta diretamente a saúde humana, ecossistemas e até o clima do planeta. Esse tipo de poluição refere-se a presença de substâncias como material particulado¹, gases poluentes e outros compostos nocivos na atmosfera. As fontes de poluição atmosférica são variadas, podendo-se citar as atividades industriais, agropecuária, produção de energia e transporte como as principais. Além de prejudicial à saúde humana, devido a deterioração da qualidade do ar, esse tipo de poluição é prejudicial ao meio ambiente, podendo causar desequilíbrios ambientais e contribuir para a intensificação do efeito estufa (BILOTTA et al., 2014; MAITRE, 2006).

Dessa forma, vários países têm estabelecido parâmetros de qualidade do ar para monitorar e avaliar a pureza do ar atmosférico. Os parâmetros de qualidade estipulam limites de concentração de cada poluente na atmosfera levando em consideração limites de exposição seguros à saúde humana. O monitoramento da presença desses poluentes no ar é feito por medidas frequentes para avaliar a conformidade de acordo com os padrões estabelecidos. Quando acima dos limites, entidades governamentais podem implementar medidas, por meio de políticas ambientais, objetivando a redução dos índices de poluição atmosférica e manutenção da qualidade do ar (FALLA et al., 2000; MOLINA e MOLINA, 2004).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a qualidade do ar medida por meio do índice de qualidade do ar (cujo acrônimo em Inglês é AQI – *Air quality Index*), por meio da utilização da concentração de poluentes anual (MP10), para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais e relacioná-lo com variáveis que representem o nível de desenvolvimento econômico, tais como o PIB *per capita*, população e

¹ Material particulado, também conhecido como PM (particulate matter), refere-se a pequenas partículas sólidas ou líquidas encontradas no ar. Essas partículas podem variar em tamanho e composição e são classificadas com base no diâmetro aerodinâmico.

PIB Industrial, por fim verifica-se a possibilidade de encontrar uma curva semelhante a CAK.

Espera-se assim encontrar os dois estágios da Curva em formato de “U” invertido: I – Crescente onde a teoria sugere que, à medida que os países passam por estágios iniciais de desenvolvimento econômico, a degradação ambiental tende a aumentar devido à intensificação da industrialização e ao crescimento econômico, que muitas vezes são acompanhados por uma exploração mais agressiva dos recursos naturais e pela poluição., II- Decrescente, onde à medida que a renda per capita aumenta e a sociedade se torna mais consciente dos impactos ambientais, as políticas de proteção ambiental tornam-se mais eficazes, levando a uma redução na degradação ambiental.

Este trabalho poderá auxiliar no entendimento quanto a existência de uma relação direta entre poluição e desenvolvimento econômico (verificado através do PIB) e identificar se este encontra o seu ponto máximo em algum momento, podendo assim ser de importância para verificação de possíveis políticas públicas e/ou ações a serem adotadas.

Este estudo foi dividido em seis seções. A segunda seção é composta desta breve introdução, enquanto a terceira seção apresenta a fundamentação teórica. A quarta seção apresenta a metodologia utilizada para a aplicação do modelo econométrico bem como a base de dados utilizada. Os resultados são apresentados na quinta seção. Na sexta seção faz-se a discussão dos resultados e, por fim, na sétima seção, são apresentadas as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O desenvolvimento econômico é um fenômeno intrinsecamente ligado ao aumento do impacto no meio ambiente, este que se refere não apenas ao crescimento quantitativo mas também a melhoria qualitativa das condições de vida de uma sociedade. Já o crescimento econômico, geralmente medido pelo aumento do Produto Interno Bruto (PIB) decorre, em grande medida, da intensificação das atividades industriais, urbanização, expansão das infraestruturas, aumento da produção de bens e serviços juntamente, com o consequente aumento na exploração de recursos naturais (CYPHER, 2014; SCHUMPETER, 2021).

O crescimento econômico, embora essencial, resulta em um aumento proporcional do impacto ambiental das atividades econômicas. À medida que as economias se expandem, há uma demanda crescente por matérias-primas, energia e infraestrutura, o que acaba gerando uma pressão significativa sobre os recursos naturais (LUCAS, 1988). A exploração intensiva desses recursos, muitas vezes de maneira não sustentável, resulta na degradação ambiental, escassez ou o comprometimento de recursos naturais finitos.

Setores como a indústria, agricultura, transporte e energia desempenham um papel fundamental no crescimento econômico, mas também contribuem substancialmente para o aumento da poluição ambiental, especialmente no que se refere à emissão de gases de efeito estufa e mudanças climáticas. Os padrões de consumo vigentes nas sociedades modernas também desempenham um papel preponderante nesse cenário (SCHUMPETER, 2021). O aumento do consumo, associado a práticas de descarte e substituição, estimula uma utilização excessiva e insustentável dos recursos naturais, gerando um acúmulo expressivo de resíduos com sérios impactos nos ecossistemas terrestres e marinhos (BARBIER, 2019).

Embora o desenvolvimento econômico seja essencial, a relação intrínseca entre crescimento econômico e impacto ambiental levanta questões pertinentes sobre a viabilidade e sustentabilidade desse modelo de

desenvolvimento (CYPHER, 2014). Este desenvolvimento pode ser pautado por meio de índices que indicam a evolução econômica de cada país sendo o mais utilizado o PIB (BARRO e SALA-I-MARTIN, 1990) desafio atual reside na busca por um crescimento econômico que não apenas promova o progresso material, mas também leve em consideração a conservação e preservação dos recursos naturais e da biodiversidade, buscando por um modelo de crescimento econômico mais sustentável, caracterizado por processos industriais menos poluentes, uso mais eficiente dos recursos naturais, adoção de fontes de energia renovável e políticas robustas de gestão de resíduos (LUCAS, 1988).

2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento econômico sustentável busca harmonizar o crescimento econômico com a preservação dos recursos naturais e o aprimoramento do bem-estar social. Fundamentado na compreensão da interdependência entre os pilares econômico, social e ambiental, esse modelo almeja o desenvolvimento continuado sem o comprometimento do suprimento de recursos naturais ou do meio ambiente (BARBIER, 2019; SCHUMPETER, 2021).

No domínio econômico, o desenvolvimento econômico sustentável busca promover o crescimento econômico de maneira eficiente, enfatizando a inovação tecnológica, a otimização no uso de recursos e a criação de empregos. Isso implica estratégias que não apenas impulsionem a prosperidade econômica, mas também atentem para a equidade na distribuição de recursos e oportunidades entre os estratos sociais (CYPHER, 2014; SCHUMPETER, 2021).

No contexto social, essa abordagem procura garantir a equidade, a inclusão e a qualidade de vida para todos os segmentos da sociedade. Engloba a universalização do acesso à educação, saúde, habitação adequada e segurança alimentar, além de assegurar a participação igualitária e o respeito aos direitos individuais, independentemente de gênero, etnia ou condição socioeconômica (SINGH et al., 2023; WANG et al., 2021).

Na esfera ambiental, o desenvolvimento econômico sustentável prioriza a preservação dos recursos naturais e a conservação dos ecossistemas.

Isso demanda a implementação de práticas que minimizem a poluição, reduzam o desperdício, promovam o uso responsável dos recursos naturais e incentivem a transição para fontes de energia renovável e tecnologias de menor impacto ambiental (BARBIER, 2019).

Um desenvolvimento econômico genuinamente sustentável requer a sinergia integrada desses três pilares, garantindo que políticas e práticas considerem não apenas os benefícios imediatos, mas também os impactos de longo prazo. Isso implica em incorporar a sustentabilidade como componente intrínseco das estratégias de crescimento econômico, estimulando a inovação sustentável, a responsabilidade social corporativa e a governança ambiental eficiente (SINGH et al., 2023).

2.3. POLÍTICAS AMBIENTAIS

As políticas ambientais constituem um conjunto de ações, estratégias, regulamentações e iniciativas adotadas por entidades governamentais, organizações, setor privado ou pela sociedade civil com o intuito de preservar, proteger ou melhorar a qualidade do meio ambiente. Elas são concebidas com o propósito de mitigar os impactos negativos das atividades humanas e do desenvolvimento no meio ambiente e assegurar a sustentabilidade na exploração dos recursos naturais para as atuais e futuras gerações, reconhecendo que a conservação dos recursos naturais é essencial (BARBIER, 2019; BENNEAR e COGLIANESE, 2004).

Tais políticas se fundamentam em medidas regulatórias e de ações direcionadas para lidar com os desafios decorrentes da degradação ambiental, da exploração excessiva de recursos naturais e da geração de poluição, objetivando promover um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação dos ecossistemas (WANG et al., 2021). Essas políticas, ao longo do tempo, têm evoluído em resposta às crescentes preocupações ambientais e aos desdobramentos provocados pela interação humana com o meio ambiente. Elas se manifestam em diferentes escalas e abordagens, desde acordos e tratados internacionais até regulamentações locais, cujo objetivo é diminuir os

impactos ambientais resultantes das atividades industriais, agrícolas, urbanas e comerciais (BILOTTA et al., 2014; SINGH et al., 2023).

Os objetivos primários das políticas ambientais são muito abrangentes, mas dentre os principais pode-se destacar (BENNEAR e COGLIANESE, 2004):

- I. Preservação de recursos naturais, o que implica na gestão responsável de elementos como água, solo, biodiversidade, ar e energia, assegurando sua exploração de forma sustentável garantindo sua disponibilidade;
- II. Redução da poluição, considerando suas diversas formas, sejam elas atmosféricas, hídricas ou do solo, por meio de regulamentações específicas, estabelecendo limites de emissões, padrões de qualidade ambiental além de mitigar os impactos negativos das atividades humanas sobre os ecossistemas, fomentando práticas mais sustentáveis e limpas. Além disso, essas políticas buscam conter a degradação dos ecossistemas e a perda de habitats naturais, garantindo a continuidade dos serviços ecossistêmicos vitais para a vida humana e a diversidade biológica;
- III. Além disso, as políticas ambientais enfatizam a necessidade de se adaptar e mitigar as mudanças climáticas, que representam uma das maiores ameaças globais. Elas buscam reduzir as emissões de gases de efeito estufa, promoção da eficiência energética e estímulo à transição para fontes de energia renovável e criação estratégias de adaptação para lidar com os impactos já perceptíveis das mudanças climáticas.

De acordo com Singh et al(2023) a eficácia das políticas ambientais depende da implementação de medidas que equilibrem a conservação ambiental com as necessidades socioeconômicas das comunidades. Isso inclui a normatização e regulamentação de padrões de qualidade ambiental bem como a inspeção do cumprimento dessas normas. É relevante também o estabelecimento de incentivos econômicos, como subsídios, taxas e impostos ambientais, para direcionar comportamentos e investimentos em direção a práticas mais sustentáveis. Também envolve o investimento no desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias ecologicamente viáveis. Ainda outra medida é a promoção da educação ambiental e da conscientização de civis para a adoção

de atitudes mais responsáveis e engajamento da sociedade em relação ao meio ambiente (SINGH et al., 2023).

As políticas ambientais são um mecanismo crucial para orientar a ação coletiva em direção à proteção e preservação do meio ambiente. A implementação dessas políticas é geralmente dependente da colaboração entre governos, setor privado, sociedade civil e instituições internacionais, buscando encontrar um equilíbrio entre o crescimento econômico e a conservação dos recursos naturais (BARBIER, 2019; WANG et al., 2021).

Na literatura, essas políticas podem ser caracterizadas como instrumentos, ou ferramentas, para promover a preservação ambiental. Estas, são geralmente divididas em três grupos: instrumentos de comando e controle, instrumentos de comunicação e instrumentos econômicos (MAY., 2010).

Os instrumentos de comando e controle se baseiam na imposição direta de regulamentações e normas para controlar o comportamento das partes reguladas. Como por exemplo o estabelecimento de padrões de emissão, requerimentos de licenciamento ambiental e limites de emissão para indústrias ou a definição de critérios de tratamento de efluentes para assegurar a conformidade com padrões ambientais preestabelecidos (BILOTTA et al., 2014).

Os instrumentos de comunicação concentram-se na difusão de informações, educação ambiental e engajamento do público para influenciar atitudes e práticas em prol da sustentabilidade. Englobam campanhas de conscientização, programas educacionais, certificações ambientais e divulgação de dados sobre práticas sustentáveis. A consciência ambiental gerada aumentaria a pressão exercida pela sociedade sobre as indústrias para a adoção de práticas menos poluentes (BILOTTA et al., 2014).

Por outro lado, os instrumentos Econômicos alteram os incentivos econômicos para promover comportamentos mais sustentáveis. Incluem, por exemplo, taxas, subsídios, impostos ambientais, sistemas de comércio de emissões e créditos de carbono (BILOTTA et al., 2014).

Os instrumentos de comando e controle oferecem clareza em relação às exigências, mas podem ser rígidos e menos flexíveis para a inovação. Os

instrumentos de comunicação são eficazes na conscientização, porém podem ser limitados pela capacidade de mudar comportamentos. Os instrumentos econômicos podem ser mais flexíveis e incentivadores, mas a eficácia depende da definição adequada das políticas e das condições do mercado (BENNEAR e COGLIANESE, 2004; BILOTTA et al., 2014).

A seleção e implementação de instrumentos de políticas ambientais são influenciadas por considerações contextuais e pela natureza específica dos desafios ambientais enfrentados. Geralmente, uma abordagem combinada desses instrumentos é adotada para enfrentar as complexidades das questões ambientais, buscando alcançar objetivos específicos e adaptar-se às circunstâncias particulares de cada contexto regulatório e ambiental (BENNEAR e COGLIANESE, 2004).

2.4. CURVA DE KUZNETS

A teoria da curva de Kuznets, proposta pelo economista Simon Kuznets na década de 1950, apresenta uma relação teórica entre o estágio de desenvolvimento econômico de uma sociedade e os níveis de desigualdade de renda ao longo do tempo.

Kuznets postulou que, durante as fases iniciais de industrialização e crescimento econômico, há uma tendência de ocorrer um aumento na desigualdade de renda, fenômeno que poderia ser explicado pela concentração de oportunidades econômicas e ganhos de produtividade em setores específicos da economia, como a indústria, resultando em benefícios mais significativos, concentração de renda, para uma minoria, enquanto outros segmentos da sociedade permanecem com acesso limitado a essas oportunidades. Essa fase inicial é caracterizada pela urbanização, migração do campo para a cidade e transformações estruturais na economia, que tendem a gerar um aumento na disparidade de renda entre diferentes segmentos da sociedade (ARRAES et al., 2006; TORRAS e BOYCE, 1998).

No entanto, a teoria sugere que, à medida que a economia continua a se desenvolver e atinge um certo estágio de maturidade, a desigualdade atinge

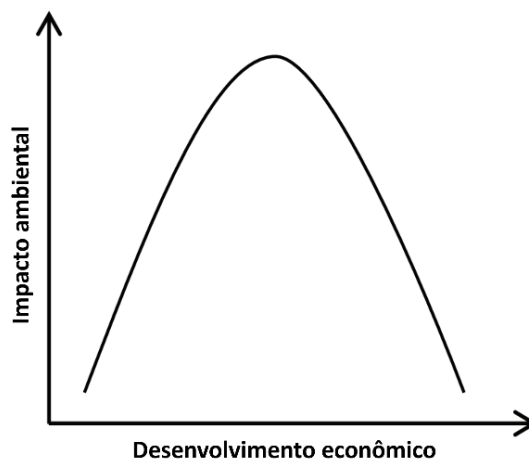
um ponto máximo a partir do qual começa a diminuir. De acordo com Kuznets isso ocorre à medida que a expansão econômica oferece oportunidades mais amplas para a população, aumentando a acessibilidade a educação, inovação tecnológica e melhoria nas condições de trabalho. Diversos fatores podem contribuir para essa redução na desigualdade, incluindo políticas governamentais, programas de redistribuição de renda, investimentos em capital humano, como saúde e educação, e mudanças na estrutura econômica que propiciam uma distribuição mais equitativa dos benefícios do crescimento econômico (ARRAES et al., 2006; LE et al., 2020).

Entretanto, é importante ressaltar que a teoria da curva de Kuznets tem sido objeto de debate acadêmico. Críticos apontam que a relação entre desenvolvimento econômico e desigualdade pode ser mais complexa e variar significativamente entre diferentes países e contextos sociais, havendo casos em que o crescimento econômico não resulta necessariamente em uma redução automática e consistente da desigualdade de renda (TORRAS e BOYCE, 1998).

2.5. CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS

A Curva Ambiental de Kuznets (CAK) é um conceito teórico derivado da hipótese inicialmente proposta pelo economista Simon Kuznets entre 1950 e 1960. Esta teoria busca estabelecer uma relação entre o desenvolvimento econômico de uma sociedade e os impactos ambientais associados ao desenvolvimento ao longo do tempo. O modelo sugere que, em estágios iniciais do desenvolvimento econômico, os impactos ambientais tendem a aumentar, atingindo um ponto crítico a partir do qual começam a diminuir à medida que a sociedade atinge um nível de renda per capita mais alto, o que pode ser representado como uma curva no formato de um “U” invertido (ÁVILA e DINIZ, 2015) (Figura 1).

Figura 1. Representação gráfica da Curva Ambiental de Kuznets



Fonte: Ávila e Diniz (2015).

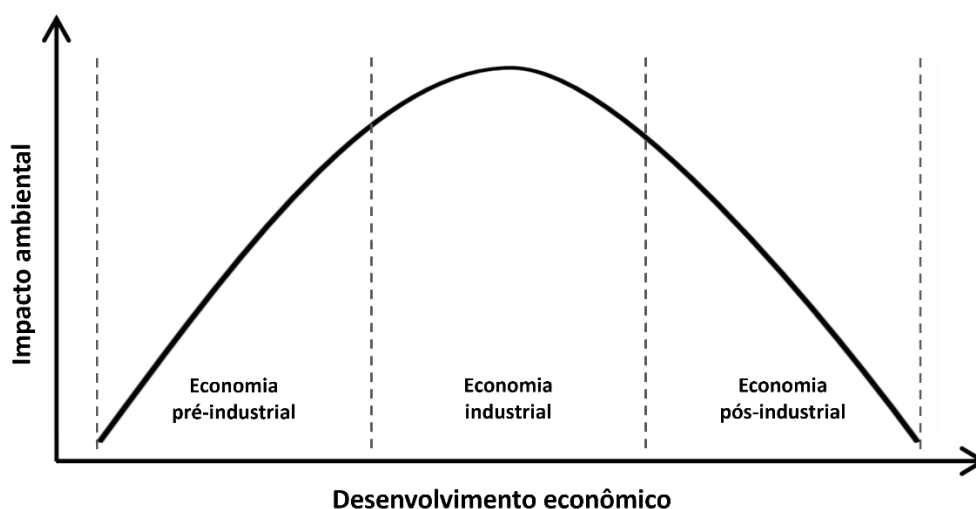
A Figura 1 apresenta a relação entre o impacto ambiental e o desenvolvimento econômico. A curva obtida empiricamente assume o formato de um “U” invertido.

A teoria é fundamentada no argumento de que durante as fases iniciais de industrialização e crescimento econômico, a pressão sobre o meio ambiente aumenta devido à exploração intensiva de recursos naturais, à poluição resultante das atividades industriais e urbanas e à urbanização desordenada. Contudo, à medida que a sociedade se desenvolve economicamente e o nível de renda per capita se eleva, a atenção para questões ambientais se intensifica, levando a maiores investimentos em tecnologias limpas, políticas ambientais mais rigorosas e uma maior conscientização social sobre a preservação ambiental. De acordo com a teoria, esta maior atenção às questões ambientais resultaria na diminuição dos impactos no ambiente, mesmo diante do contínuo crescimento econômico (ÁVILA e DINIZ, 2015a; HEERINK et al., 2001).

Diversos autores fornecem na literatura análises da CAK. Uma análise simplificada pode ser feita por meio da divisão da curva em três momentos distintos do desenvolvimento econômico, como apresentado na Figura 2. A primeira parcela da curva corresponde à porção ascendente da curva, na qual observa-se o aumento na pressão ambiental devido a passagem de um modelo econômico agrário para um modelo econômico industrial. A segunda parcela corresponde à economia industrial, um período de inflexão da curva onde tem-

se o ponto máximo de impacto ambiental durante o desenvolvimento. A última parcela compreende a porção descendente da curva, na qual espera-se a diminuição dos impactos ambientais por meio da adoção de políticas de desenvolvimento mais sustentável (ARRAES et al., 2006; ARROW et al., 1995).

Figura 2. Divisão da Curva Ambiental de Kuznets em 3 estágios do desenvolvimento econômico



Fonte: Adaptado de Arrow et al. (1995).

De acordo com Arrow et al (1995) o formato da curva pode ser explicado com base em três efeitos, observados para os diferentes estágios do desenvolvimento. O efeito Escala sugere que, à medida que a economia cresce, a pressão sobre o meio ambiente tende a aumentar devido ao maior uso de recursos naturais, aumento da produção industrial e consumo, gerando maior poluição e degradação ambiental. Na fase inicial do crescimento econômico, a demanda por energia, matérias-primas e infraestrutura costuma ser alta, o que pode levar a um maior impacto ambiental. O efeito composição considera as mudanças na estrutura econômica à medida que a sociedade progride economicamente. Durante a transição de uma economia para um modelo mais orientado para serviços e tecnologicamente avançado, há uma possibilidade de redução da pressão sobre o meio ambiente. Setores com a exploração de recursos naturais de forma mais intensiva, como a indústria, podem perder

participação relativa na economia em favor de setores de serviços e tecnológicos, que geralmente têm um menor impacto ambiental. O efeito técnico está relacionado às mudanças tecnológicas e nas práticas de produção. À medida que a sociedade se desenvolve economicamente, ocorrem inovações tecnológicas e, portanto, melhorias nas práticas de produção que podem reduzir a intensidade do uso de recursos naturais e a emissão de poluição. Por exemplo, avanços em energia limpa, eficiência energética, métodos de produção mais limpos e tecnologias ambientalmente amigáveis podem diminuir o impacto ambiental mesmo com o crescimento econômico (ÁVILA e DINIZ, 2015).

Isso implica que, sem mudanças na estrutura econômica ou sem avanços tecnológicos, o crescimento econômico resultaria num aumento proporcional de impactos ambientais, de acordo com o efeito escala. A inflexão da CAK para a redução da pressão ambiental depende da mudança do modelo econômico e do desenvolvimento de tecnologias mais limpas (KATSOULAKOS et al., 2016; STERN, 2004a). Uma outra realidade é a de que países desenvolvidos tendem a transferir seus polos industriais com maior impacto ambiental para países subdesenvolvidos, diminuindo o impacto ambiental causado em seu próprio território (ARRAES et al., 2006).

É importante ressaltar que a CAK é uma simplificação teórica e, na prática, a relação entre crescimento econômico e impactos ambientais pode sofrer influência de uma série de variáveis. Embora o modelo ofereça uma estrutura conceitual interessante, sua aplicação prática é desafiadora. Evidências empíricas têm demonstrado resultados mistos, com alguns estudos apontando para a confirmação dessa curva em certos indicadores ambientais, enquanto outros mostram que a relação entre crescimento econômico e impactos ambientais pode variar significativamente dependendo de diferentes fatores, como localização geográfica, setores econômicos específicos e políticas implementadas (ARRAES et al., 2006; STERN, 2018).

Apesar das limitações, a aplicação da CAK fornece conceitos valiosos para formulação de políticas públicas e estratégias econômicas. Ela sugere a importância de políticas que busquem conciliar o crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental, incentivando investimentos em tecnologias verdes, regulamentações ambientais efetivas e educação para a preservação ambiental.

Além disso, o modelo orienta a alocação de recursos e esforços em direção a estágios específicos de desenvolvimento socioeconômico onde a proteção ambiental pode ser mais eficazmente implementada (ÁVILA e DINIZ, 2015).

No entanto, é crucial considerar que a relação entre crescimento econômico e impactos ambientais é complexa e multifacetada. Portanto, lidar com as problemáticas ambientais derivadas do desenvolvimento econômico requer uma abordagem integrada, considerando não apenas aspectos econômicos, mas também sociais, políticos e culturais. Assim, a CAK serve como um ponto de partida teórico, mas a implementação de estratégias eficazes para lidar com os desafios ambientais requer análises mais detalhadas e abrangentes (STERN, 2004b; 2018).

2.6. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição atmosférica é resultante da emissão de substâncias nocivas no ar, comprometendo sua qualidade e impactando adversamente a saúde humana e o ambiente. Essa contaminação atmosférica resulta da presença de substâncias como partículas sólidas, gases poluentes e compostos químicos indesejáveis na atmosfera oriundos principalmente de atividades humanas (BRUSSEAU et al., 2019).

Diversas fontes contribuem para a emissão de poluição na atmosférica. O setor industrial é um dos principais emissores, liberando substâncias como dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x) durante processos de produção de produtos ou combustão de combustíveis para operação. O setor agropecuário contribui principalmente para a emissão de amônia (NH₃) e metano (CH₄) durante as atividades pecuárias ou aplicação de fertilizantes. Matrizes energéticas baseadas na queima de combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão mineral, contribuem largamente para a emissão de gases do efeito estufa (BRUSSEAU et al., 2019). Ainda, veículos automotores com motores à combustão contribuem para a liberação de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e vários outros poluentes formados pela queima de combustível. A poluição do ar também está vinculada a atividades cotidianas, como o uso de solventes em processos industriais, práticas inadequadas de

descarte de resíduos, emissões de atividades comerciais e até mesmo o uso de produtos domésticos como produtos de limpeza, aerossóis e materiais de construção (MOLINA e MOLINA, 2004).

Essas fontes variadas de poluição atmosférica resultam na liberação de uma gama diversificada de poluentes que contribuem para a degradação da qualidade do ar. Esses poluentes, quando em altas concentrações, têm efeitos danosos na saúde humana, em ecossistemas e no meio ambiente de forma geral (BILOTTA et al., 2014).

Os efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde humana são abrangentes. A exposição prolongada ou aguda a altos níveis de poluentes do ar está associada a uma série de condições de saúde, incluindo doenças respiratórias, cardiovasculares e complicações pulmonares, aumentando a incidência de asma, bronquite, doenças cardíacas e até mesmo desencadeando condições mais graves, como câncer de pulmão (MAITRE, 2006; SLAMA et al., 2008).

No meio ambiente, a poluição atmosférica contribui para a deterioração da qualidade do ar, podendo gerar nevoeiros tóxicos, chuva ácida, *smog* fotoquímico² e danos a ecossistemas naturais. Além disso, a poluição atmosférica contribui para a intensificação do efeito estufa, responsável pelo aumento das temperaturas do planeta, causando o aquecimento global (SARRAT et al., 2006).

A mitigação da poluição atmosférica é uma preocupação global que requer a intervenção de governos sobre os setores emissores. Estratégias integradas e esforços coordenados são essenciais para proteger a saúde pública e preservar o meio ambiente. Portanto, a abordagem da poluição atmosférica deve considerar a origem multifacetada desses poluentes, exigindo políticas ambientais e medidas integradas que atuem diretamente nas diferentes fontes de emissão, buscando reduzir as emissões e promover práticas mais limpas e sustentáveis em diversos setores da sociedade (FALLA et al., 2000).

² O *smog* fotoquímico é um tipo de poluição atmosférica que ocorre quando os óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COVs) reagem na presença de luz solar.

2.7. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

A poluição atmosférica, inserida no contexto do desenvolvimento econômico, é um desafio intrínseco às atividades industriais, agrícolas, de transporte e energéticas que impulsionam o crescimento econômico. Ela se manifesta como resultado da produção de resíduos e emissões nocivas provenientes dessas atividades, representando um ônus significativo à saúde pública e ao meio ambiente. O desenvolvimento econômico frequentemente implica na intensificação das atividades industriais, agrícolas, de transporte e na demanda crescente por energia, gerando uma série de emissões poluentes que contribuem para a deterioração da qualidade do ar (FALLA et al., 2000).

A maior demanda por bens e energia, observada a partir do crescimento econômico, intensifica a emissão de poluentes na atmosfera. No âmbito industrial e agropecuário, o desenvolvimento econômico frequentemente está ligado à produção em larga escala, modelo de produção que intensifica a emissão de gases poluentes. A crescente demanda por energia, aliada à exploração de recursos naturais, resulta na queima de combustíveis fósseis, sendo este um dos principais fatores de poluição do ar, principalmente para economias nas quais não se tem, ainda, processos de geração de energia limpa. O crescimento dos centros urbanos leva a uma maior demanda por transportes, essencial para conectividade e mobilidade econômica, intensifica também as emissões provenientes desta fonte (BACHMANN, 2007; BRUSSEAU et al., 2019).

A busca por crescimento econômico muitas vezes coloca a preservação ambiental em segundo plano, levando a práticas não sustentáveis que exacerbam a poluição atmosférica. Esse cenário ressalta a necessidade urgente de repensar e reestruturar os modelos de desenvolvimento, visando a uma abordagem mais sustentável que minimize o impacto ambiental das atividades econômicas, nesse contexto, considerando a qualidade do ar atmosférico, levando em consideração tanto a saúde humana quanto aos desequilíbrios ambientais (SARRAT et al., 2006).

A Tabela 1, apresenta a quantidade de poluentes atmosféricos emitidas diariamente por fonte de emissão no Canadá durante o ano 2000, apresentando as micropartículas inaláveis (MP10 e MP2.5), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), metano (CH₄), compostos orgânicos voláteis (VOC) e amônia (NH₃). A parte superior da tabela apresenta as quantidades emitidas em toneladas por dia enquanto a parte inferior apresenta a porcentagem correspondente de cada fonte em relação ao total de emissões. Na tabela 1, fontes estacionárias correspondem à fontes como indústrias; fontes móveis correspondem a meios de transporte de longa distância, como trens ou ônibus e; vegetação e solo correspondem a poluentes liberados por meio da vegetação ou de poeira originada do solo. De acordo com a tabela 1, a maior fonte de poluentes corresponde ao setor de transporte, com os maiores níveis de emissão registrados para as categorias de fontes móveis e veículos automotores (MOLINA e MOLINA, 2004).

Tabela 1. Quantidade de poluentes atmosféricos emitidas, em toneladas por dia, por fonte de emissão. N/A = não aplicável

	PM2.5	PM10	SO ₂	CO ₂	NO ₂	CH ₄	VOC	NH ₃
Fontes estacionárias	8	2	28	27	68	0	60	1
Fontes móveis	1	1	0	18	29	462	542	36
Veículos automotores	9	7	11	5479	370	31	513	6
Outras fontes móveis	6	5	1	52	61	1	20	0
Vegetação e solo	5	1	N/A	N/A	2	N/A	42	N/A
Total	28	17	40	5577	530	494	1177	42
Fontes estacionárias	27%	9%	70%	0%	13%	0%	5%	1%
Fontes móveis	5%	8%	0%	0%	5%	93%	46%	84%
Veículos automotores	31%	45%	27%	98%	70%	6%	44%	15%
Outras fontes móveis	20%	31%	3%	1%	11%	0%	2%	0%
Vegetação e solo	17%	6%	N/A	N/A	0%	N/A	4%	N/A

Fonte: Adaptado de Molina e Molina (2004).

No contexto econômico, a prioridade muitas vezes recai sobre o crescimento e a produtividade, relegando a proteção ambiental a um segundo plano. Esse desequilíbrio ressalta a urgência de repensar e reestruturar os modelos de desenvolvimento, direcionando esforços para uma abordagem mais sustentável que minimize o impacto ambiental (BRUSSEAU et al., 2019).

2.8. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NOS CENTROS URBANOS

Centros urbanos são uma grande fonte de poluição atmosférica, principalmente devido às emissões causadas por veículos automotores. Essas áreas geralmente contêm altas concentrações de materiais particulados (MP) no ar, dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido e monóxido de carbono (CO₂ e CO, respectivamente) e compostos orgânicos voláteis (COV). A quantidade de material particulado presente no ar é geralmente expressa em termos da concentração total, em massa, de material no ar (PST, partículas suspensas totais) e geralmente divide-se os valores em função do diâmetro dessas partículas como MP₁₀ ou MP_{2,5}, indicando partículas com diâmetros menores que 10 e 2,5 µm, respectivamente (MOLINA e MOLINA, 2004).

A Tabela 2 apresenta a concentração de alguns poluentes presentes no ar de alguns centros urbanos ao redor do mundo medidas em 1999, 1998 ou 1995. De acordo com a tabela, pode-se observar que as maiores concentrações de poluentes na atmosfera foram registradas para as regiões mais populosas e menos desenvolvidas.

Tabela 2. Concentrações de poluentes atmosféricos em grandes centros urbanos no mundo

Cidade	População (milhões)			TSP (µg/m ³) 1999	TSP (µg/m ³) 1995	SO ₂ (µg/m ³) 1998	NO _x (µg/m ³) 1998
	1975	2000	2003				
Tóquio, Japão	26.6	34.4	35	43	49	18	68
Cidade do México, México	10.7	18.1	18.7	69	279	74	130

Nova Iorque, EUA	15.9	17.8	18.3	23		26	79
São Paulo, Brasil	9.6	17.1	17.9	46	86	43	83
Mumbai, Índia	7.3	16.1	17.4	79	240	33	39
Deli, Índia	4.4	12.4	14.1	187	415	24	41
Calcutá, Índia	7.9	13.1	13.8	153	375	49	34
Buenos Aires, Argentina	9.1	12.6	13				
Shanghai, China	11.4	12.9	12.8	87	246	53	73
Jakarta, Indonésia	4.8	11	12.3	103	271	-	-
Los Angeles, EUA	8.9	11.8	12	38		9	74
Dhaka, Bangladesh	2.2	10.2	11.6				
Osaka, Japão	9.8	11.2	11.2	39	43	19	63
Rio de Janeiro, Brasil	7.6	10.8	11.2	40	139	129	-
Karachi, Paquistão	4	10	11.1				
Beijing, China	8.5	10.8	10.8	106	377	90	122
Cairo, Egito	6.4	10.4	10.8	178		69	-
Moscow, Rússia	7.6	10.1	10.5				
Grande Manila, Filipinas	5	10	10.4	60	200	33	-
Lagos, Nigéria	1.9	8.7	10.1				
Padrões OMS				90	90	50	40

Fonte: Adaptado de Molina e Molina (2004).

A última linha da tabela apresenta os padrões estabelecidos pela OMS para a qualidade do ar em centros urbanos. Sendo registrados valores acima dos limites estabelecidos principalmente para as regiões menos desenvolvidas e mais populosas.

Maiores níveis de poluição são esperados para regiões com maior densidade populacional, uma vez que, para essas regiões, esperam-se maiores níveis de emissões de poluentes. Também como esperado, centros urbanos de regiões menos desenvolvidas como Deli na Índia tendem a apresentar maiores níveis de concentração de poluentes do que o registrado para localidades mais economicamente desenvolvidas, importante ressaltar que os níveis padrões não

são classificados de forma regional e sim com através de um valor fixo, não levando em consideração as especificidades de cada país.(MAITRE, 2006; MOLINA e MOLINA, 2004)

2.9 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar representam os parâmetros regulatórios estabelecidos para monitorar e avaliar a pureza do ar atmosférico. Essas políticas ambientais são parâmetros regulatórios que são instrumentos vitais para a mensuração das concentrações de poluentes no ar e a definição de limites aceitáveis de substâncias prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (SARRAT et al., 2006; VÖLGYESI et al., 2008).

Os padrões de qualidade do ar são estabelecidos por agências governamentais e organismos internacionais de saúde e meio ambiente, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Agência de Proteção Ambiental (EPA) em diversos países. Esses padrões definem limites máximos de concentração para cada poluente delineados com base em pesquisas científicas que examinam os efeitos dessas substâncias na saúde humana e nos ecossistemas (BACHMANN, 2007; BRUSSEAU et al., 2019).

Os limites de concentração são formulados visando proteger grupos vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com condições respiratórias e cardiovasculares, garantindo que a exposição a esses poluentes permaneça abaixo de níveis considerados prejudiciais a curto ou longo prazo. Paralelamente, esses padrões têm a finalidade de preservar ecossistemas sensíveis e prevenir danos ambientais (FALLA et al., 2000; MOLINA e MOLINA, 2004).

A Tabela 3 apresenta os padrões de qualidade do ar recomendados por diferentes países e pela organização mundial da saúde (OMS)³ em 2004, considerando os efeitos adversos para a saúde humana devido a exposição à níveis elevados de poluentes atmosféricos, os valores dos poluentes são

³ Ressaltando que os valores estabelecidos como padrão pela OMS sofrem modificações com o tempo a depender de pesquisas científicas quanto aos efeitos de cada poluente a saúde humana

demonstrados em ppm (partes por milhão) e $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (micrograma por metro cúbico).

A medição e monitoramento desses poluentes são realizados por redes de estações de monitoramento em todo o mundo, coletando dados regularmente para verificar a conformidade com os padrões estabelecidos. Quando os níveis excedem os limites prescritos, autoridades competentes são acionadas para implementar medidas corretivas, como restrições de emissões industriais e veiculares, objetivando a redução dos índices de poluição (VÖLGYESI et al., 2008).

Tabela 3. Padrões de qualidade do ar estabelecidos por diferentes países em 2000. “Tempo” refere-se ao tempo de média considerado para o cálculo de concentração do poluente. YR = ano; GTR = 25 anos

	CO			So ₂			O ₃			NO ₂			PM ₁₀		PM _{2.5}		Chumbo	
	ppm	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	ppm	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	ppm	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	ppm	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	µg/m ³ x 10 ³	Tempo	µg/m ³ x 10 ³	Tempo
OMS	26	30	1 H	0.13	350	1 H	0.08	160	1 H	0.21	400	1 H					0.5 - 1	1 YR
	9	10	8 H	0.05	125	24 H	0.06	120	8 H	0.08	150	24 H						
EUA	35	40	1 H	0.14	365	24 H	0.12	235	1 H	0.05	100	1 YR	150	24H	65	24 H	1.5	GTR
	9	10	8 H	0.04	80	1 YR	0.08	160	8 H				50	1 YR	15	1 YR		
LOS ANGELES	20	23	1 H	0.25	655	1 H	0.09	180	1 H	0.25	470	1 H	50	24 H		1 YR	1.5	30 D
	9	10	8 H	0.04	105	24 H							20	1 YR				
INDIA				0.011	30	24 H				0.016	30	24 H	75	24 H			0.5	1 YR
				0.006	15	1 YR				0.008	15	1 YR	50	1 YR				
BRASIL	35	40	1 H	0.14	365	24 H	0.08	160	1 H	0.17	320	24 H	150	24 H				
	9	10	8 H	0.03	80	1 YR				0.05	100	1 YR	50	1 YR				
CHILE				0.14	365	24 H	0.08	160	1 H	0.05	100	1 YR	150	24 H				
				0.03	80	1 YR												
CHINA	3.5	4	24 H	0.019	50	24 H	0.06	120	1 H	0.04	80	24 H	50	24 H			1.5	GTR
				0.008	20	1 YR				0.02	40	1 YR	24	1 YR				

Fonte: Adaptado de Molina e Molina (2004).

3 METODOLOGIA

3.1 MODELO ECONOMÉTRICO

Com base nos dados selecionados, pretende-se aplicar um modelo econométrico utilizando a abordagem de dados em painel para testar a hipótese proposta neste estudo, buscando investigar o fenômeno em relação às diversas variáveis analisadas. Esse modelo permite a análise de dados empilhados, considerando observações ao longo do tempo (anos no modelo) e em diferentes seções transversais (municípios) (GUJARATI e PORTER, 2011). As vantagens associadas ao uso desse modelo incluem uma estimativa mais precisa devido à maior quantidade de observações resultante da combinação temporal de cada unidade e a capacidade de identificar mudanças estruturais na relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas (Marques, 2010).

O modelo a ser estimado neste trabalho segue a expressão (1) (GUJARATI e PORTER, 2011):.

$$F_{it} = \alpha_i + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que: i são os municípios onde foram coletados os dados referentes a micropartículas no ar; α_i são as particularidades de cada estados, contantes ao longo do tempo; β os parâmetros das variáveis; x'_{it} sendo o vetor coluna das variáveis do município no ano t ; ε_{it} sendo o valor de erro das regressões que serão efetuadas; F representando os dados coletados referente a qualidade de ar nos municípios i e ano t .

Por meio da expressão (1), adiciona-se variáveis explicativas analisando a hipótese estudada neste trabalho obtendo a expressão (2).

$$F_{it} = \alpha_i + \beta_1\gamma_{it} + \beta_2\gamma^2_{it} + \beta_3I_{it} + \beta_4A_{it} + \beta_4P_{it} \quad (2)$$

Na qual: γ_{it} corresponde ao PIB no município i e ano t ; I_{it} corresponde ao PIB industrial; A_{it} sendo o PIB agropecuário das regiões; P_{it} a população total. Buscando encontrar a curva convexa (Assim como postulado na CAK) os valores de $\beta_1 < 0$ e $\beta_2 > 0$, tais resultados nos indicariam retornos a princípio

decrecentes para a variável que após atingir um valor ótimo passariam a se tornar decrescentes.

Após estabelecido as expressões é necessário verificar qual dos modelos de dados em painel seria mais apropriado sendo eles: Modelo pooled, efeitos fixos e efeitos aleatórios. Para identificação de qual destes três modelos é o mais adequado foram realizados os testes de Hausman (1978), Breusch e Pagan (1979) e Chow (1960).

O Teste de Hausman(1978) permite escolher entre o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. A rejeição da hipótese nula no teste indica que os interceptos estão provavelmente relacionados com um ou mais regressores, apontando que o modelo de efeitos fixos é preferível (GUJARATI; PORTER, 2011).

O teste de Breusch-Pagan (Breuch e Pagan, 1979) indica se é preferível o uso do modelo de regressão de dados empilhados (pooled) em detrimento do modelo de efeitos aleatórios. A rejeição da hipótese nula deste teste indica que é preferível o modelo de efeitos aleatórios (GUJARATI; PORTER, 2011).

O teste de Chow (1960) compara se há igualdade nas inclinações e nos interceptos para todos os modelos, o que caracteriza o modelo de dados empilhados(pooled). No caso da rejeição da hipótese nula o teste indica a preferência pelo modelo de efeitos fixos em detrimento do modelo de dados empilhados (GUJARATI; PORTER, 2011).

3.2 MODELO EMPÍRICO

Este trabalho tem como base para seu modelo empírico a utilização da concentração de poluentes (MP10) relacionado com o PIB nos diversos estados do país, o estudo fez uso de dados coletados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais, buscando indicar a evolução e comportamento do índice de qualidade do ar (cujo acrônimo

em Inglês é AQI - *Air quality Index*)⁴ de acordo com a evolução do PIB por município, os dados utilizados abrangem o período de 2015 a 2020.

A CAK propõe que a relação entre desenvolvimento econômico e a degradação ambiental não é linear, mas segue uma curva em forma de "U" invertido. A teoria sugere que, inicialmente, à medida que uma sociedade se industrializa e experimenta um rápido crescimento econômico, a degradação ambiental tende a aumentar. No entanto, à medida que a renda continua a crescer, a sociedade atinge um ponto de inflexão, onde a preocupação ambiental da sociedade se torna mais proeminente e as políticas ambientais começam a ser implementadas (GROSSMAN et al. 1991).

No Brasil a hipótese de Kuznets foi testada em algumas ocasiões, Bagolin et al. (2003) testaram a teoria para o estado de Minas Gerais com dados de 1970 a 1991. Os resultados apontaram que a relação não foi como esperada, obtendo um formato de "U" regular. Os autores justificam este resultado não esperado pelas trajetórias de crescimento dos municípios analisados terem características peculiares.

Jacinto e Tejada (2004) testaram a teoria para os estados do nordeste brasileiro para a mesma linha temporal (1970-1991), utilizando-se dos dados de renda municipal *per capita* e o índice de Theil. Este estudo, fazendo uso também de um estimador de efeitos fixos apresentou a relação preconizada pela CAK na forma de um "U" invertido.

Para o cálculo do modelo empírico utilizou-se dados de PIB, PIB agrícola e PIB industrial dos municípios a fim de verificar se a relação destas variáveis com a poluição apresenta o formato de um "U" invertido conforme previsto pela teoria.

⁴ O AQI é a medida utilizada para efetuar o cálculo do nível de qualidade do AR em uma escala que vai de zero (menos prejudicial) a 500 (extremamente prejudicial), através deste índice se torna possível o diagnóstico por regiões e por consequência a atuação mais certa no problema. A métrica quanto a prejudicialidade do AQI é regida pela OMS. Para cálculo do AQI verifica-se a quantidade total das partículas em suspensão com foco em materiais particulados (MP10 e MP2,5), ozônio(O3), dióxido de enxofre (SO2) e monóxido de carbono (CO), sendo estes alguns dos principais poluentes que podem contaminar o ar.

3.3 VARIÁVEIS SELECIONADAS E FONTES DE DADOS

Neste estudo algumas variáveis foram selecionadas visando explicar os efeitos destas quanto aos níveis de poluição. Verificou-se qual o impacto da poluição em alguns setores cruciais para o PIB na economia brasileira.

Como métrica para a poluição foi utilizado o valor do MP10 (micropartículas inaláveis com diâmetro aerodinâmico de 10 micrômetros). A utilização desta *proxy* se deve ao fato de ser comumente utilizada para verificar a qualidade do ar no ambiente, sendo assim predominante e comum a coleta deste dado pelos centros de monitoramento.

Neste estudo utilizou-se dados coletados nos estados que consideramos mais relevantes no Brasil quanto ao PIB que possuem centros de coleta de dados (São Paulo, Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Minas Gerais) através da plataforma de qualidade do ar (IEMA), utilizamos para fins de cálculo sua média anual durante o período de 2015 a 2020.

O produto interno bruto (PIB) *per capita* de cada município teve uso em seu formato linear e quadrado visando assim testar o formato da curva da CAK, os dados foram retirados do IBGE através do *site* SIDRA, foi efetuado a correção pelo Índice Deflator Implícito do PIB, para esta variável foi realizado a divisão do PIB do município por sua população, sendo expressa em mil reais, sendo representada pela expressão (3)

$$PIB \text{ per capita} = \left(\frac{PIB}{População} \right) \quad (3)$$

Já para o PIB agropecuário e o PIB Industrial, os valores são obtidos dividindo os valores adicionados brutos de cada setor nos municípios pelo seu valor adicionado bruto total, estes valores também foram obtidos via SIDRA, e esta variáveis são representadas pelas expressões (4) e (5).

$$PIB Agropecuário = \frac{\text{Valor adicionado bruto agropecuária}}{\text{Valor adicionado bruto total}} \quad (4)$$

$$PIB Industrial = \frac{\text{Valor adicionado bruto Industrial}}{\text{Valor adicionado bruto total}} \quad (5)$$

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados do trabalho, buscaremos analisar as variáveis que foram utilizadas e então discutir seus resultados juntamente com suas implicações empíricas

4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

As estatísticas descritivas das variáveis nas séries propostas para realizar a análise exploratória dos dados é apresentada na Tabela 4). Contempla-se a média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores mínimos e máximos para cada município para o período de 2015 a 2020.

Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis do modelo econométrico

Variável	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de variação	Mínimo	Máximo
Média Anual (MP10)	28,8337	9,3560	3,0818	3,0000	74,5000
Participação do PIB Industrial	0,2841	0,1638	1,7346	0,0292	0,7957
População	572688,6624	1637154,8891	0,3498	2496	12396372
PIB per capita (em R\$ mil)	59,0807	57,6516	1,0248	8,4514	578,1078
Participação do PIB Agrícola	0,0160	0,0384	0,4152	0,0000	0,2435

Fonte: Resultados da pesquisa,

A média anual do índice de qualidade do ar (medido pelo MP10) nos municípios é de 28,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com um desvio padrão de 9,356, resultando em um coeficiente de variação de 3,08%. Os valores dessa variável variam entre 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mínimo) e 74,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (máximo). Observa-se uma estabilidade ao longo dos anos para a Média Anual (MP10) para os municípios.

A população média nos municípios é de aproximadamente 57.268,66 habitantes, com um desvio padrão de 1.637.154,89. O coeficiente de variação para essa variável é de 0,3498%. A população varia de 2.496 (mínimo) a 12.396.372 (máximo).

O PIB *per capita* médio dos municípios é de R\$59,08 mil, com um desvio padrão de R\$57,65 mil. O coeficiente de variação para essa variável é de 1,025%. Os valores variam entre R\$8,45 mil (mínimo) e R\$578,11 mil (máximo).

Percebe-se uma maior participação do PIB Industrial em relação ao PIB Agrícola nos municípios analisados, com o primeiro compondo em média 28,4% do PIB dos municípios, enquanto o PIB Agrícola representa apenas 1.6%.

Tais valores podem indicar que a relação do PIB Industrial pode se mostrar mais significativa no que tange a poluição dado sua porcentagem de composição nos municípios analisados.

4.2 MODELOS ECONOMETRICOS

Para o teste de Breusch e Pagan (1979) obteve-se um valor de 259 com p valor de 0,00, demonstrando que é preferível fazer uso do modelo de efeitos aleatórios em detrimento do modelo de dados empilhados. No teste de Chow (1960) obteve-se um qui-quadrado de 32 e p valor de 0,00, demonstrando que há mudança estrutural ocasionadas pelas seções transversais (municípios), assim, tem-se preferência pelo modelo de efeitos fixos em detrimento do modelo de dados empilhados. O teste de Hausmann (1978) resultou em um qui-quadrado 10 e p valor de 0,06 demonstrando que os modelos de efeitos aleatórios e o modelo de efeitos fixos diferem entre si.

Os testes indicam que os modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios diferem entre si e são adequados, mas deve-se levar em consideração a distribuição dos dados para escolha (GUJARATI, 2011). Como os dados utilizados para o modelo estão dispostos em um período temporal curto e com alto número de unidades de corte transversal (municípios), é possível observar resultados significativamente diferente entre os modelos. Tendo em vista as diferenças regionais presentes entre os municípios utilizados no estudo e os

testes realizados, é válido utilizar o modelo de efeitos fixos para realizar a estimação.

A Tabela 5 apresenta os resultados das regressões propostas para a quantidade de MP10 para o período em análise. Para testar-se o formato da curva utilizou-se dois modelos: o modelo (1) demonstra a quantidade de MP10 com a variável PIB *per capita* em sua forma linear elevada ao quadrado o modelo (2) por outro lado faz uso somente da variável em seu formato linear.

Tabela 5. Resultado das regressões para Concentração de MP10

Regressores	Modelo (1)			Modelo (2)		
	<i>Pooled</i>	Efeito Fixos	Efeitos Aleatórios	<i>Pooled</i>	Efeito Fixos	Efeitos Aleatórios
Constante	26,288 ***(0,00)	-	30,729 *** (0,00)	26,64 ***(0,00)	-	31,086 ***(0,00)
PIB <i>per capita</i>	0,00608 (0,80)	0,0636 * (0,01)	0,0310 (0,21)	-0,00487 (0,64)	0,0128 (0,20)	0,00677 (0,51)
(PIB <i>per capita</i>) ²	-0,0000 (0,62)	-0,0000 * (0,03)	-0,0000 (0,28)	-	-	-
Proporção PIB Agrícola	25,608 , (0,08)	37,897 (0,25)	16,907 (0,50)	8,0368 * (0,04)	37,837 ' (0,26)	15,633 (0,54)
Proporção PIB Industrial	7,6211 , (0,05)	-15,942 * (0,01)	9,9133 , (0,09)	0,0000 (0,56)	-9,3321 , (0,12)	-7,3221 (0,18)
População	0,0000 (0,60)	-0,0000 **(0,002)	-0,000 (0,72)	24,523 ' (0,09)	-0,0000 ** (0,01)	-0,0000 (0,79)
R ²	0,013	0,04	0,0769	0,013	0,028	0,075

Nota: *** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

O PIB *per capita* apresentou relação positiva com a concentração de MP10 no modelo fixo e demonstrou-se significativo a 10%. Este resultado mostra que o PIB e a concentração de MP10 estão diretamente relacionados entre si e crescem de forma linear.

Já para o PIB *per capita* ao quadrado pode-se verificar que, para o modelo de efeitos fixos, este apresentou significância a 10% e com valor negativo, demonstrando que esta relação irá crescer até um ponto de máximo, assim como o esperado para a CAK.

Para o modelo de efeitos fixos com a variável na forma linear e quadrada, o nível de renda na qual o PIB per capita começa a influenciar negativamente a concentração de poluentes do ar nos municípios é de aproximadamente R\$ 391,44 mil. Este valor é superior ao PIB per capita do Brasil e da maioria dos seus municípios (IBGE), indicando que a relação estabelecida pela CAK ainda não foi atingida no prazo estabelecido, entretanto esta poderá ser alcançada em um maior período temporal.

A variável Proporção PIB agrícola não se mostrou relevante em nenhum dos modelos. Assim, não é possível afirmar que exista uma relação direta desta variável com a concentração de MP10. Ao contrário, a Proporção de PIB Industrial, se demonstrou significativa a 10% de significância e apresentou valor negativo para a relação com o AQI demonstrando novamente o crescimento até o ponto de máximo gerando o formato de “U” invertido. O mesmo ocorre para a variável população, entretanto com uma significância de 5%.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Os testes realizados (HAUSMANN, 1978; CHOW, 1960; BREUSCH e PAGAN, 1979) demonstraram a preferência pelo modelo de efeitos fixos em detrimento dos demais. O modelo (1) onde fez-se uso da variável PIB *per capita* mostrou significância em suas variáveis, já o modelo (2) apenas a variável população mostrou-se significativa.

No modelo (1) foi possível verificar que ao utilizar-se o PIB *per capita* a segunda potência tende a aumentar o nível de concentração de MP10 no ar, entretanto esta relação se inverte a partir de um ponto de máximo, este sendo um indicativo de que conforme ocorre o desenvolvimento e crescimento de uma nação as políticas adotadas e maior preocupação ambiental fazem com que a curva de poluição tenha forma de “U” invertido, como é proposto pela CAK.

Para o modelo de efeitos fixos com a variável na forma linear e quadrada, o nível de renda na qual o PIB per capita começa a influenciar negativamente a concentração de poluentes do ar nos municípios é de aproximadamente R\$ 391,44 mil. Este valor é superior ao PIB per capita do Brasil e da maioria dos seus municípios (IBGE).

A proporção do PIB Agrícola se mostrou não significativo no modelo de efeitos fixos, isso pode ser explicado devido à baixa participação da agricultura na geração de poluentes que compõem o índice MP10. Quanto a população, sua significância e relevância em relação às emissões podem ser justificadas pelas atividades cotidianas da população, já que os poluentes que compõem o índice MP10 são produzidos por veículos automotores.

Para a relação encontrada quanto a população a CAK estabelece que a pressão populacional pela busca por trabalho e renda, tende a aumentar a pressão ambiental, Paul Ehrlich (1968) descreve e atribui que a relação entre poluição e população ocorre devido a uma maior demanda por alimentos, energia e bens de consumo, esta que por sua vez incorre em uma maior produção industrial e agrícola, muitas vezes não considerando os impactos ambientais.

As relações encontradas para as variáveis PIB *per capita* e PIB Industrial demonstram que inicialmente o crescimento destas tende a aumentar o nível de

poluição, entretanto assim como proposto pela CAK e os estudos de Grossman e Krueger(1994), ocorre um ponto de máximo onde há queda dos níveis de poluição, a análise estabelecida pela CAK sugere que esta queda nos níveis de poluição incorre dos avanços tecnológicos, leis visando maior preservação do meio ambiente e o aumento da valorização do meio ambiente pela população.

Em suma o formato estabelecido pela CAK para a relação das variáveis com os níveis de AQI é evidenciado nas atividades que mais exercem pressão ambiental no âmbito da poluição.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução da poluição do ar é crucial para a promoção da qualidade de vida e para a redução de impactos adversos sobre a saúde humana, bem como para preservar a integridade dos ecossistemas. O acúmulo de poluentes atmosféricos decorre, predominantemente, das atividades humanas, incluindo a queima de combustíveis fósseis, processos industriais e emissões veiculares. Este fenômeno gera um espectro de partículas finas, compostos orgânicos voláteis, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre, dentre outros, cujos efeitos na atmosfera são potencialmente danosos (MARCOS ABDO et al, 2012).

A exposição contínua a níveis elevados de poluição do ar está associada a uma variedade de efeitos adversos à saúde. Partículas finas, por exemplo, podem penetrar profundamente nos pulmões e sistema respiratório, exacerbando condições respiratórias preexistentes e contribuindo para o desenvolvimento de novas patologias. Além disso, a presença de poluentes atmosféricos tem sido correlacionada com a incidência de diversas doenças (MARCOS ABDO et al, 2012).

Este trabalho teve como objetivo verificar a relação entre poluição do ar e desenvolvimento, utilizando variáveis econômicas. Buscou estabelecer além desta relação a possível presença de uma curva semelhante a CAK na relação das variáveis com o nível de AQI em solo brasileiro.

A teoria estabelecida pela CAK é um processo de longo prazo, onde o crescimento da Renda *per capita* não mais tende a aumentar os níveis de poluição. Isso pode ser relacionado com o avanço tecnológico e o aumento da conscientização da população através de políticas do governo, a depender destes fatores o formato de “U” invertido pode ser atingido em períodos diferentes.

Verificou-se, portanto, que as variáveis PIB per capita, PIB Industrial e População são variáveis que incorrem no nível da poluição do ar assim como proposto no estudo inicialmente. Quanto a CAK, a primeira instância e assim como estabelecido, após determinado período os níveis de poluição atingem o ponto máximo, sendo possível verificar a existência dos dois estágios da curva.

Foi possível verificar através do estudo que, as variáveis econômicas municipais estão sim relacionadas com os níveis de poluição e qualidade do ar, ao mesmo tempo encontrou-se um ponto máximo para a evolução da poluição em relação ao PIB mesmo que este ainda não tenha sido alcançado na série temporal analisada, aquém deste estudo é possível analisar

Deve-se levar em consideração que para determinante de AQI foi utilizado o nível de MP10 como proxy, não sendo analisado os demais poluentes que compõem o índice (O₃, SO₂, NO₂, CO).

Os dados coletados neste estudo através da plataforma de qualidade do ar (IEMA) apresentavam poucos dados em relação aos municípios do norte do país, a série temporal analisada utilizou-se de um período relativamente curto (2015 a 2020) visto que a coleta destes dados pelo IEMA encontra-se paralisada até o momento, além disso os centros de monitoramento não apresentam um padrão visto que as regiões do sul não apresentavam dados suficiente para análise dos demais poluentes que compõem o índice AQI.

Por fim uma análise aprofundada desta relação com mais informações quanto aos poluentes poderia fornecer mais detalhes quanto a relação do índice de AQI e o desenvolvimento dos estados brasileiros.

Referências

- ARBEX, Marcos Abdo et al. **A POLUIÇÃO DO AR E O SISTEMA RESPIRATÓRIO. JORNAL BRASILEIRO DE PNEUMOLOGIA**, v. 38, p. 643-655, 2012. <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/sD3cLkXqQwmDFpgzsyj7gBm/?lang=pt>
- ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia JT. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, p. 525-547, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032006000300008>
- ARROW, K., BOLIN, B., COSTANZA, R., DASGUPTA, P., FOLKE, C., HOLLING, C. S., JANSSON, B.-O., LEVIN, S., MÄLER, K.-G., PERRINGS, C., & PIMENTEL, D. (1995). **Economic growth, carrying capacity, and the environment. Ecological Economics**, 15(2), 91–95. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(95\)00059-3](https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00059-3)
- ÁVILA, E. S. DE, & DINIZ, E. M. (2015). **Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. Estudos Econômicos (São Paulo)**, 45(1), 97–126. <https://doi.org/10.1590/0101-4161201545197ese>
- BACHMANN, J. (2007). **Will the Circle Be Unbroken: A History of the U.S. National Ambient Air Quality Standards. Journal of the Air & Waste Management Association**, 57(6), 652–697. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.6.652>
- BAGOLIN, IZETE PENGO; GABE, JOÃO; RIBEIRO, EDUARDO PONTUAL. Crescimento e desigualdade no Rio Grande do Sul: uma revisão da curva de Kuznets para os municípios gaúchos (1970-1991). **Encontro de Economia Gaúcha**, v. 2, 2004. <https://www.ufrgs.br/ppge/wp-content/uploads/2021/06/2004-06.pdf>
- BARBIER, E. B. (2019). **Natural Resources and Economic Development. Cambridge University Press**. <https://doi.org/10.1017/9781316875681>

BARRO, Robert J.; SALA-I-MARTIN, Xavier. **Economic growth and convergence across the United States.** 1990. <https://www.nber.org/papers/w3419>

BENNEAR, L. S., & COGLIANESE, C. (2004). **Evaluating Environmental Policies.** SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.619901>

BILOTTA, G. S., MILNER, A. M., & BOYD, I. (2014). **On the use of systematic reviews to inform environmental policies.** *Environmental Science & Policy*, 42, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.05.010>

BRUSSEAU, M. L., MATTHIAS, A. D., COMRIE, A. C., & MUSIL, S. A. (2019). **Atmospheric Pollution.** In *Environmental and Pollution Science* (pp. 293–309). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00017-3>

CYPHER, J. (2014). **The Process of Economic Development.** Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203080580>

DE ANDRADE JACINTO, PAULO; TEJADA, CÉSAR AUGUSTO OVIEDO. Desigualdade de renda e crescimento econômico nos municípios da região nordeste do Brasil: o que os dados têm a dizer?. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 40, n. 1, p. 61-80, 2009. <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/338>

EHRlich, PAUL R.; EHRlich, ANNE H. **The population bomb revisited.** *The electronic journal of sustainable development*, v. 1, n. 3, p. 63-71, 2009. https://sites01.lsu.edu/faculty/kharms/wp-content/uploads/sites/23/2017/04/Ehrlich_Ehrlich_2009_EJSD_ThePopulationBombRevisited.pdf

FALLA, J., LAVAL-GILLY, P., HENRYON, M., MORLOT, D., & FERARD, J. (2000). **Biological Air Quality Monitoring: a Review.** *Environmental Monitoring and Assessment*, 64(3), 627–644. <https://doi.org/10.1023/A:1006385924945>

HEERINK, N., MULATU, A., & BULTE, E. (2001). **Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves.** *Ecological Economics*, 38(3), 359–367. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00171-9)

KATSOULAKOS, N. M., MISTHOS, L.-M. N., DOULOS, I. G., & KOTSIOS, V. S. (2016). **Environment and Development**. In **Environment and Development** (pp. 499–569). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62733-9.00008-3>

LE, T.-H., NGUYEN, C. P., SU, T. D., & TRAN-NAM, B. (2020). **The Kuznets curve for export diversification and income inequality: Evidence from a global sample**. *Economic Analysis and Policy*, 65, 21–39. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.11.004>

LUCAS, R. E. (1988). **On the mechanics of economic development**. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)

MAITRE, A. (2006). **Impact of urban atmospheric pollution on coronary disease**. *European Heart Journal*, 27(19), 2275–2284. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl162>

MAY, Peter; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria. **Economia do meio ambiente**. Elsevier Brasil, 2010.

https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=zgj43XNhYugC&oi=fnd&pg=PT26&dq=MAY,+T.+Economia+do+meio+ambiente:+teoria+e+pr%C3%A1tica.+Rio+de+Janeiro:+Campus,+2010.+379+p.&ots=IKwyl7kiG&sig=rETgHwo_RE3klnZUu3aoALB6zzk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

MOLINA, M. J., & MOLINA, L. T. (2004). **Megacities and Atmospheric Pollution**. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(6), 644–680. <https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470936>

SARRAT, C., LEMONSU, A., MASSON, V., & GUEDALIA, D. (2006). **Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution**. *Atmospheric Environment*, 40(10), 1743–1758. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.037>

SCHUMPETER, J. A. (2021). **The Theory of Economic Development**. **Routledge**. <https://doi.org/10.4324/9781003146766>

SINGH, S., DEEP SHARMA, G., RADULESCU, M., BALSALOBRE-LORENTE, D., & BANSAL, P. (2023). **Do natural resources impact economic growth: An**

investigation of P5 + 1 countries under sustainable management.

Geoscience Frontiers, 101595. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101595>

SLAMA, R., DARROW, L., PARKER, J., WOODRUFF, T. J., STRICKLAND, M., NIEUWENHUIJSEN, M., GLINIANAIA, S., HOGGATT, K. J., KANNAN, S., HURLEY, F., KALINKA, J., ŠRÁM, R., BRAUER, M., WILHELM, M., HEINRICH, J., & RITZ, B. (2008). **Meeting Report: Atmospheric Pollution and Human Reproduction. Environmental Health Perspectives**, 116(6), 791–798. <https://doi.org/10.1289/ehp.11074>

STERN, D. I. (2004a). **Environmental Kuznets Curve. In Encyclopedia of Energy** (pp. 517–525). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00454-X>

STERN, D. I. (2004b). **The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. World Development**, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>

STERN, D. I. (2018). **The Environmental Kuznets Curve ☆. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences.** Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09278-2>

TORRAS, M., & BOYCE, J. K. (1998). **Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. Ecological Economics**, 25(2), 147–160. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00177-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00177-8)

VÖLGYESI, P., NÁDAS, A., KOUTSOUKOS, X., & LÉDECZI, Á. (2008, April). **Air quality monitoring with sensormap. In 2008 International Conference on Information Processing in Sensor Networks (ipsn 2008)** (pp. 529-530). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IPSIN.2008.50>

WANG, R., TAN, J., & YAO, S. (2021). **Are natural resources a blessing or a curse for economic development? The importance of energy innovations. Resources Policy**, 72, 102042. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102042>