

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS –
ICEAC
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MÁRCIO ARAÚJO DA GAMA

CRESCIMENTO E POLUIÇÃO: A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA O
BRASIL.

RIO GRANDE
2014

MÁRCIO ARAÚJO DA GAMA

**CRESCIMENTO E POLUIÇÃO: A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA O
BRASIL.**

*Monografia apresentada a Universidade Federal
do Rio Grande, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em Ciências
Econômicas.*

Orientador: Prof Dr. Cassius de Oliveira

**RIO GRANDE
2014**

**CRESCIMENTO E POLUIÇÃO: A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA O
BRASIL.**

*Monografia apresentada à
Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Econômicas.*

BANCA EXAMINADORA

Cassius Oliveira – Orientador – Universidade Federal do Rio Grande

Gibran Teixeira - Membro – Universidade Federal do Rio Grande

Patrizia Raggi Abdallah – Membro – Universidade Federal do Rio Grande

Resumo

Este trabalho tem como objetivo verificar se no Brasil exista a relação da hipótese da curva ambiental de Kuznets, onde atividades que degradam o meio ambiente vão diminuindo após certo ponto de renda *per capita* atingido. Essa teoria será verificada através de um modelo estimado por mínimos quadrados ordinários com as variáveis de emissão de CO₂ e a renda *per capita* e seus termos ao quadrado e ao cubo. Segundo os resultados obtidos, o Brasil ainda não apresenta este padrão de curva de Kuznets.

Palavras-Chave

Curva ambiental de Kuznets, emissões de CO₂, Mínimos Quadrados Ordinários

Sumário

Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
Lista de Abreviaturas e Siglas	9
1 Introdução	10
2 Revisão de Literatura Teórica	12
3 Revisão de Literatura Empírica	22
4 Metodologia	26
5 Análise dos resultados.....	30
6 Conclusão	34
7 Bibliografia.....	36

Lista de Figuras

Figura 01 - Curva Ambiental de Kuznets em forma de U invertido - 9

Figura 02 - Alterações na curva causadas por políticas de proteção ambiental - 14

Figura 03 – Curva Ambiental de Kunet em forma de N - 15

Figura 04 – Diferentes possibilidades para renda per capita e emissões de CO₂ – 20

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Resultados do modelo.....	24
---------------------------------------	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

CAK – Curva ambiental de Kuznets

CO₂ – Dióxido de Carbono

MQO – Mínimos quadrados ordinários

NO_x – Termo genérico para monóxido e dióxido de nitrogênio

PIB – Produto interno bruto

SO₂ – Dióxido de Enxofre

1 Introdução

O mundo inteiro, hoje, se preocupa com a situação climática do planeta. Diversos países têm vivido mudanças climáticas significativas nos últimos anos. Estas mudanças que vem ocorrendo são frutos da própria evolução da humanidade, que é afetada por estas mudanças que ela mesmo causa. Este efeito é causado pela emissão de gases poluentes, provenientes das diversas atividades presentes no cotidiano do mundo. Para alguns, esta poluição está causando o aumento da temperatura do planeta.

As emissões de gases estufa por mais prejudiciais que sejam, são essenciais para as atividades humanas, principalmente as atividades econômicas. Agricultura, indústria, energia e transporte, apesar de serem os principais motores da atividade econômica, ao mesmo tempo são os maiores poluidores. Não se sabe muito sobre até onde será suportável essas emissões de poluentes, o que causa grande preocupação, para alguns, pois ainda não se vê muita movimentação para mudar os padrões de produção atuais.

Carvalho et al. (2008) explica que nos anos 70 acreditava-se que o crescimento econômico de um país era o maior responsável pela maioria dos problemas ambientais. Porém nos anos 90, começou a surgir entre os economistas uma ideia contrária a essa, que foi julgada muito pessimista, pois não considera que o crescimento econômico traz mudanças na educação, desenvolvimento de novas tecnologias e políticas de desenvolvimento, que podem reduzir os impactos no meio ambiente.

Estudos desenvolvidos no começo dos anos 90 evidenciaram que as emissões de poluentes realmente diminuíam em relação ao crescimento da renda (Grossman e Krueger, 1991; Panayotou, 1993). Estas se assemelham à teoria apresentada por Kuznets (1955), onde foi sugerido a hipótese de que nos primeiros

estágios do crescimento, enquanto o país cresce a desigualdade social aumenta, mas após certo ponto de renda, a desigualdade começa a diminuir numa relação de uma curva em formato de U invertido, a chamada curva de Kuznets. A mesma relação foi levantada para a degradação do meio ambiente e o crescimento econômico, e por isto, esta relação foi chamada de Curva ambiental de Kuznets.

O Brasil aumentou seu parque industrial consideravelmente nos últimos anos, o que acarreta numa maior emissão de gases poluentes na atmosfera. Também se observa o cenário de desmatamento de áreas florestais para aumentar a área de plantio, outra atividade que contribui para as emissões de gases poluentes. O gás carbônico (CO₂) é o principal gás estufa que é emitido pela produção industrial e queimada de combustíveis fósseis. Este gás que além de causar problemas para as pessoas que vivem em áreas muito poluídas, ainda tem chance de causar o aquecimento global devido ao efeito estufa.

Este trabalho tem o objetivo de verificar se no Brasil pode-se observar um caso de Curva Ambiental de Kuznets. Os dados utilizados serão as emissões de CO₂ *per capita* no Brasil e a renda *per capita* (R\$ 2013) no período de 1960 até 2009, e serão testados por um modelo econométrico de mínimos quadrados ordinários a fim de verificar a relação entre os parâmetros e com os resultados analisar esta relação e verificar em qual estágio dentro da curva o Brasil se encontra, ou se ainda nem começou a apresentar um comportamento de Curva de Kuznets.

O trabalho está dividido em quatro partes, sendo a primeira uma revisão da literatura teórica e empírica, a segunda a apresentação da metodologia usada, a terceira os resultados encontrados e a última parte as considerações finais sobre o trabalho.

2 Revisão de Literatura Teórica

2.1 Panorama ambiental

As mudanças climáticas atuais ainda são um assunto controverso, pois ainda não se sabe ao certo se estas mudanças são apenas um fenômeno natural ou se este fenômeno é ampliado pela ação humana. Segundo Molion (2008), a mais de mil anos atrás a temperatura da terra era superior a dos dias de hoje, passando por um período de queda na temperatura média global e a partir de 1850, voltando a subir lentamente desde então. A pergunta proposta pelo próprio autor da citação acima é se este aumento da temperatura é natural ou antropogênico.

Molion (2008) explica a forma como ocorre o aquecimento da superfície terrestre. A maior fonte de energia da terra é o sol, que emite energia eletromagnética, que incide na terra e é refletida de volta ao exterior da atmosfera, em torno de 30% de toda energia recebida. Essa energia é chamada de radiação por ondas curtas. Essas ondas curtas após serem absorvidas pelo planeta, a parte refletida é chamada de radiação por ondas longas. As ondas longas são absorvidas por gases presentes da atmosfera como vapor d'água (H_2O), gás carbônico (CO_2) e outros. Molion(2008) ressalta que após serem absorvidas pelos gases, as ondas longas podem ser refletidas tanto para o exterior quanto de volta para a superfície, e este fenômeno é chamado de efeito estufa. O vapor d'água é o gás com a maior concentração na atmosfera e é o maior responsável pelo efeito estufa. O segundo gás responsável pelo efeito estufa é o CO_2 , porém este apresenta uma concentração muito menor do que a do vapor d'água. Porém sua concentração na atmosfera vem crescendo nos últimos 50 anos.

O efeito estufa é um fenômeno essencial para a vida na terra, pois torna a temperatura do planeta ideal para a vida humana (MOLION, 2008). O aumento da concentração destes gases na atmosfera aumentaria o nível de radiação que volta para a superfície, conseqüentemente, aumentando a temperatura. Apesar disso, estimativas feitas por modelos de simulação de clima previram aumentos de temperatura entre 0,5°C a 2°C, mas na realidade o aumento real constatado foi de apenas 0,7°C (SPM/AR4/ IPCC, 2007 apud MOLION, 2008).

Quanto à intensificação do aquecimento global pela atividade humana, não se sabe ao certo, porém a emissão de gases poluentes não possui apenas este revés. Pode-se citar diversas externalidades causadas, como a formação de ilhas de calor, qualidade reduzida do ar, mudanças nos ecossistemas.

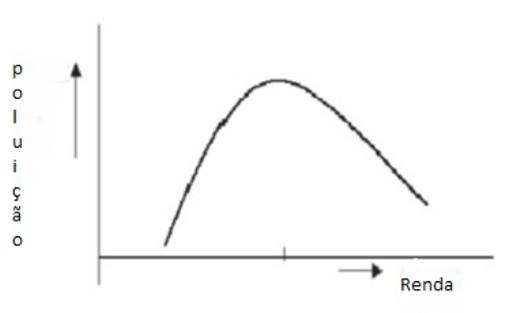
Para prevenir problemas futuros, diversos encontros entre os países foram feitos para encontrar uma solução para o problema da poluição. Foram destacadas diversas medidas para conter os níveis de emissão ao longo destes encontros pelos anos. Porém, muitas destas medidas ainda não são altamente eficazes e causaram poucas mudanças nas matrizes de produção dos países.

2.2 A curva Ambiental de Kuznets

Foi teorizado por Kuznets (1955) uma relação entre crescimento econômico e desigualdade social, onde esta relação apresentaria uma forma de U invertido. Esta relação implica que, em um primeiro momento, enquanto a economia cresce, a desigualdade social também aumenta e após certo ponto de crescimento atingido, esta relação se reverte e a desigualdade começa a diminuir enquanto o crescimento continua.

A partir desta relação, foi evidenciado um padrão semelhante em relação à renda *per capita* e a degradação do meio ambiente, por Grossman e Krueger (1991), que onde a qualidade ambiental decai rapidamente nos estágios primários de crescimento econômico e depois começa a reduzir a velocidade em relação ao crescimento do PIB, em níveis mais altos de desenvolvimento (Dinda, 2004). Segundo Rasgupta et al. (2002), nos primeiros estágios de crescimento, a poluição cresce demasiadamente devido ao maior interesse das pessoas em emprego e renda do que em qualidade ambiental. Assim, com uma renda maior, as pessoas começam a dar mais valor ao meio ambiente e as instituições reguladoras se tornam mais efetivas e as empresas se tornam mais limpas. Esta relação é evidenciada pela figura 1.

Figura 1: Curva Ambiental de Kuznets



Fonte: Dinda (2004)

A grande questão levantada para esta teoria é que, afinal de contas, o crescimento econômico é ou não é um inimigo do meio ambiente (Dinda, 2004). Analisando cada lado destas possibilidades, Panayotou (2003) argumenta que, por

um lado, a degradação dos recursos naturais eventualmente acabaria com a economia, sendo a solução acabar com o crescimento econômico e o mundo inteiro passar para um estado estacionário. Pelo outro lado, o crescimento econômico é o caminho para salvar o meio ambiente, com o aumento da demanda por bens e serviços intensivos em informação, maior demanda por melhorias na qualidade ambiental, que levaria a maior proteção do meio ambiente.

As pessoas, com as mudanças nos padrões desejados de vida, irão demandar melhorias na qualidade ambiental. Com o crescimento econômico, a produção vai cada vez aumentar mais, e enquanto as tecnologias não avançam para retardar este efeito, a produção poluidora trará inúmeros problemas para a sociedade, que com isso perderá bem-estar. Segundo Vasconcellos (2011), as variações no bem-estar pessoal não são determinadas apenas pelas escolhas pessoais, mas também pelas escolhas de outras pessoas ou empresas. A poluição causa uma externalidade negativa para a sociedade. Segundo Motta (1999, p.224), “As externalidade estão presentes sempre que terceiros ganham sem pagar seus benefícios marginais ou percam sem ser compensados por suportar o malefício adicional”.

As poluições claramente trazem problemas para a sociedade, por serem prejudiciais à saúde, acionarem os efeitos estufa e a destruição da camada de ozônio. O grande problema destas poluições, não compensadas para a sociedade, é decorrente do fato de grande parte do meio ambiente não possuir um caráter de propriedade privada (Motta, 1999). O ar, que recebe quantidades enormes de poluentes prejudiciais à saúde todos os dias, possui um caráter de bem público, ou seja, um bem que não exclui ninguém de seu consumo (Varian, 2000). Por isso, as poluições continuarão a serem emitidas sem controle, considerando a presença de instituições reguladoras ambientais pouco efetivas, e a sociedade continuará sofrendo das consequências desta externalidade negativa. Sob um ponto de vista do Teorema de Coase, uma solução poderia ser alcançada atribuindo o direito de propriedade a uma das partes envolvidas, sociedade ou empresas, onde via negociações, um equilíbrio de emissão de poluentes seria alcançado (Motta, 1999).

Os primeiros testes empíricos desta teoria foram feitos para medir a relação entre concentração de dióxido sulfúrico (SO₂) e renda per capita. Os resultados mostraram que, de fato, alguns aspectos da qualidade de vida primeiramente

diminuem, mas depois aumentam (Grossman e Krueger, 1991). A lógica por trás desse movimento é simples. Em economias pré-industriais, onde a maior parte da produção ainda se concentra no campo, é de se esperar que o meio-ambiente seja pouco afetado. Quando ocorrer a transição do campo para as cidades e a produção industrial começar a surgir de fato, o impacto ambiental será crescente, pois cada vez mais se consome mais recursos naturais, se polui mais graças a tecnologias sujas e pouco eficientes e descompromisso, ou falta de conhecimento, com os impactos da produção no meio-ambiente.

Este crescimento traz mudanças para a sociedade. As pessoas começam a desejar por outros bens e serviços, e com a evolução tecnológica e do pensamento científico, descobrem malefícios que os produtos despejados pelas indústrias e outras formas de produção podem causar e por isso, aumentou-se a demanda por maior expectativa de vida, água limpa e ambiente limpo (Yandle et al., 2002).

Dinda (2004) ressalta que esta teoria não faz nenhuma referência ao tempo. A hipótese da CAK resume um processo basicamente dinâmico de mudanças, enquanto o produto da economia cresce, os níveis de emissões aumentam até atingir um pico e começam a diminuir a partir de certo nível de renda. O melhor fator para explicar essa redução nas poluições é através da elasticidade renda da demanda por qualidade ambiental, onde um ambiente limpo é tido com um bem de luxo (Dinda, 2004). Varian (2000) definindo a elasticidade renda da demanda como a resposta da demanda a um aumento da renda em que os bens de luxo são bens onde esta elasticidade é maior do que 1, ou seja, um aumento da renda leva a um aumento maior ainda da demanda por tal bem. Ruttan (1971 Apud Yandle et al., 2002) afirma que em economias de alta renda, a elasticidade renda da demanda de *commodities* e serviços de sustento é baixa, enquanto a elasticidade renda da demanda para efetivo descarte de resíduos e amenidade ambiental aumenta ao mesmo tempo que a renda aumenta.

Porém, a mudança da demanda por melhores condições ambientais é uma consequência indireta do crescimento. Mas o crescimento também causa efeitos diretos no meio-ambiente. Para Grossman e Krueger (1991), o crescimento econômico afeta as condições ambientais por 3 canais: Escala, tecnologia e composição. Por escala, o efeito no meio ambiente vai ser negativo, pois para a

expansão da produção será necessário o emprego de cada vez mais insumos. Isso implica em maiores níveis de poluição e emissão de resíduos. A tecnologia com o crescimento vai sendo inovada, e as velhas máquinas são substituídas por um maquinário moderno menos poluidor. A composição refere às mudanças estruturais da economia, como maior demanda por serviços e melhor qualidade ambiental, governos mais proativos na defesa do meio ambiente e à própria economia em si, mudando seu funcionamento.

Podem ser consideradas as fontes do crescimento econômico, a acumulação de capital e o avanço tecnológico (Blanchard, 2011). Esta busca por acumulação de capital vai aumentar cada vez mais a produção, onde um número maior de insumos serão empregados, logo causando maior poluição (Dinda, 2004). E como já diz a teoria, em primeiros estágios de crescimento não se tem uma preocupação geral com o meio-ambiente, e sim se tem maior interesse pelo aumento da produção. Então, enquanto a economia cresce, segundo a hipótese da CAK, a demanda por qualidade ambiental aumentaria. Porém, como Blanchard (2011) coloca, que a acumulação de capital não pode sustentar o crescimento no longo prazo, e que para que a economia cresça é necessário que haja progresso tecnológico. O progresso tecnológico vai impulsionar novos modos de produzir, e com o aumento da renda que aumenta a demanda por melhores condições ambientais, as novas tecnologias tenderão a implementar meio de produção mais ecológicos.

Segundo Dinda (2004), com o aumento da renda, a estrutura da economia tende a mudar gradualmente para uma produção que polui menos. A degradação do meio-ambiente aumenta na transição do campo para as cidades, porém, uma próxima transição seria uma mudança de uma produção intensiva em energia para uma produção intensiva em serviços e conhecimento. O aumento da renda vai ser repercutido em melhores condições para a população, como melhor educação, fator fundamental para o avanço tecnológico, e possibilitando maior investimento em pesquisas para meio de produção mais ecológicos. Beckerman (1992 Apud Payanotou, 1995), diz que a forte correlação entre renda, e a extensão onde as proteção ambientais são adotadas, mostra que no longo prazo, o melhor jeito de melhorar o meio ambiente é ficando rico. Ainda argumenta que a redução do crescimento econômico pode, na verdade, piorar a qualidade ambiental (Barlett, 1994 Apud Panayotou, 2003).

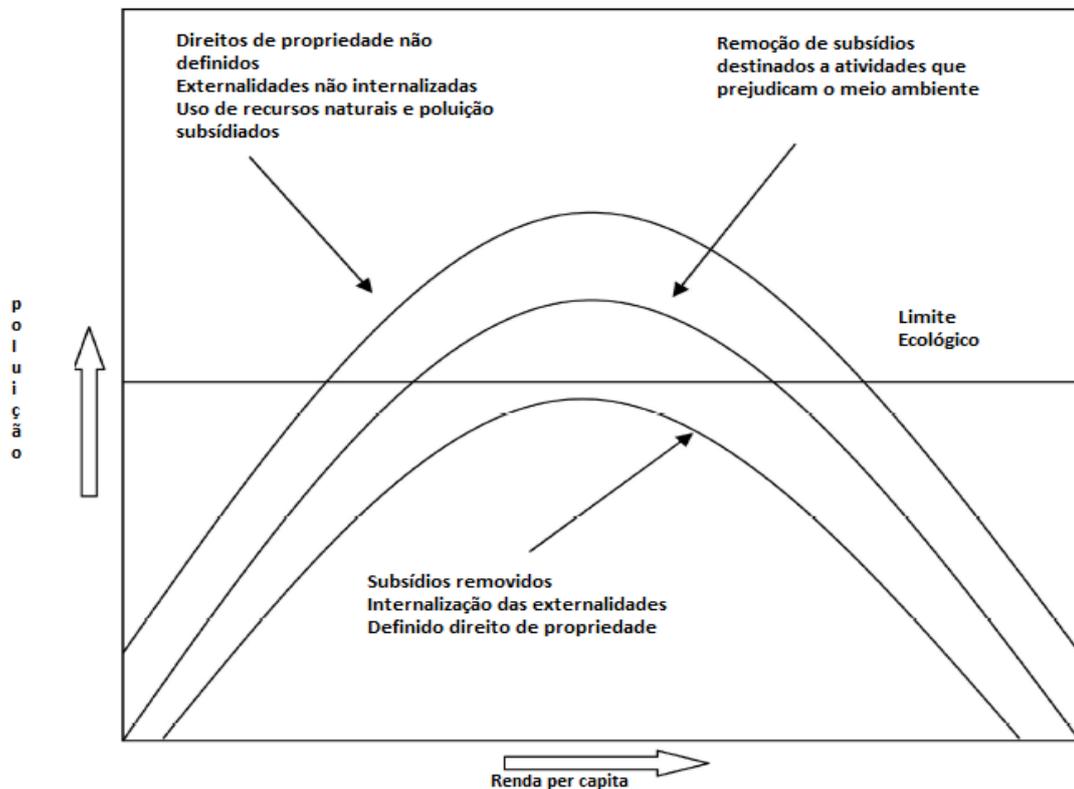
Pode se concluir então, sob estas condições, que o processo de crescimento econômico será um processo que cada vez mais contribuirá para a redução da degradação do meio ambiente, presumindo que com este aumento da renda seja possível a criação de tecnologias cada vez mais eficientes na redução de poluição e com a conscientização das pessoas e das entidades governamentais em relação ao meio-ambiente.

A evolução dos meios de informação contribuem para esse fato. Com o crescimento econômico e o surgimento de novas tecnologias, o mundo está cada vez mais conectado, facilitando assim a disseminação de fatos, que ocorrem no mundo todo, de depredação das áreas ecológicas. As pessoas começam então a ter mais consciência sobre as condições do meio-ambiente e adotar medidas de protesto a práticas que prejudicam a preservação do meio-ambiente. Isso também facilita a divulgação de empresas que seguem padrões de produção menos aceitáveis pelos consumidores que podem deixar de consumir seus produtos, quando agentes de mercado recompensam empresas mais limpas e pune as sujas, assim como políticas sociais dependem fortemente a acessibilidade de informação sobre o padrão da economia e da qualidade ambiental (Dinda, 2002). Com desenvolvimento da economia, as instituições se tornam mais fortes, o que será de grande importância para a preservação do meio ambiente. Com acesso à informação sobre poluição, danos aos ecossistemas, qualidade ambiental local, as instituições podem melhorar sua capacidade de regular e impor padrão ambiental (Dinda, 2004).

Estes órgãos reguladores são essenciais para a redução efetiva das emissões de poluentes. É possível criar impostos para taxar a produção a fins de reduzir as emissões de poluentes, como um imposto pigouviano, que visa corrigir as externalidades negativas com a cobrança, pelo Estado, da diferença entre o custo marginal privado e o social (Cánepa, 2003). Segundo Yandel et al. (2002), políticas reguladoras de poluição mais efetivas ajudam a diminuir o ponto de renda necessária onde ocorre a mudança de crescimento para a redução da poluição, como internalizar as externalidades, cortar subsídios a produção industrial poluidora e definir direito de propriedade, que contribui fortemente para a redução das poluições, pois torna mais fácil para as instituições reguladoras agirem legalmente contra os poluidores. Ou seja, políticas de defesa do meio ambiente reduzem o

custo que se tem no crescimento para atingir melhores níveis de qualidade ambiental. Este padrão pode ser melhor visto no gráfico a seguir.

Figura 02: Alterações na curva causadas pelas políticas de proteção ambiental.

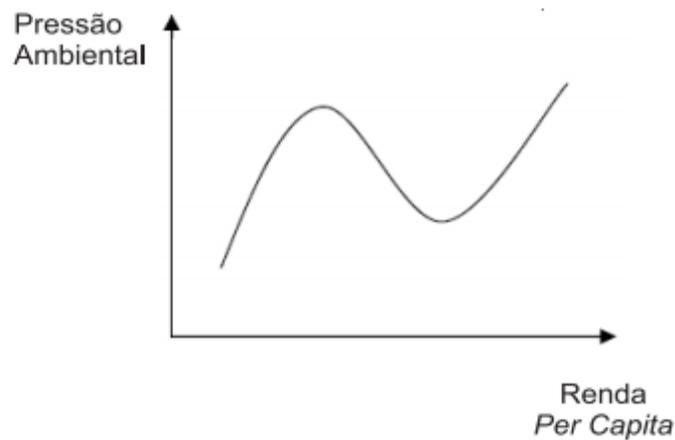


Fonte: Yandle et al. (2002)

Com o crescimento da economia e o aumento da demanda por melhorias ambientais reduzindo a poluição, surge a dúvida de que, será que estas mudanças podem sustentar as melhorias ambientais no longo prazo? A hipótese da CAK prevê que o aumento da poluição nos primeiros estágios é apenas temporário e que a redução subsequente das emissões são permanentes (Dinda 2004). Porém, e se os avanços tecnológicos não conseguirem acompanhar o crescimento econômico em algum momento, ou se a redução das emissões ocorre apenas durante um período onde a tecnologia de produção não é avançada suficiente para uma grande produção que pode aumentar o nível de poluição novamente (Dinda et al., 2000). A curva ambiental de Kuznets então teria a forma de um “N”, como foi evidenciado em

vários testes empíricos, como em Grossman e Krueger (1995 Apud Dinda, 2004). A forma da curva de “N” é apresentada no gráfico a seguir.

Figura 03: Curva Ambiental de Kuznets de “N”.



Fonte: Almeida e Carvalho (2008)

Pode ser então que o crescimento econômico não garanta as melhorias do meio ambiente para sempre. No caso da produção estar estagnada em um ponto onde não consegue produzir o suficiente para degradar o meio ambiente, uma nova tecnologia que permita a saída deste estado causaria aumentos na poluição novamente. Dessa forma, pode se concluir que no caso na hipótese da Curva Ambiental de Kuznets apresentar um formato de “N”, este efeito será cíclico. Logo, aconteceria momentos de alta e baixa na qualidade ambiental. Como Dinda et al. (2000) sugere, a possibilidade indicativa do fato de que existem limites tecnológicos para métodos de produção não poluidores, em um certo ponto da renda não será possível continuar crescendo sem degradação ambiental.

Não se pode descartar o fato de que a abertura das economias internacionalmente pode contribuir para a redução da poluição. Com a economia aberta, a produção vai crescer para também atender a demanda externa, com isso, gerando mais poluição. Com as economias dos países interligadas, o efeito sobre a produção será cíclico. O aumento da renda externa vai causar um aumento da demanda externa pelos bens nacionais, que vendendo mais, gera um aumento na renda nacional e conseqüentemente aumentando a demanda por bens externos (Blanchard, 2011). Desse modo, uma economia alavanca a poluição do outro. Mas,

como já foi discutido anteriormente, logo o crescimento econômico irá mudar os paradigmas da sociedade, que vai demandar melhor qualidade ambiental, novas tecnologias serão criadas e há o reforço das instituições reguladoras.

O maior problema, talvez, da abertura econômica, sejam os investimentos diretos que os países fazem. Com a abertura do mercado de fatores, que segundo Blanchard (2011) permite as empresas escolherem onde localizar sua produção, os países mais ricos vão internacionalizar sua produção. Estes países mais desenvolvidos vão ter leis reguladoras mais fortes sobre a poluição, e para não reduzir seus ganhos, vão se alocar em países menos desenvolvidos, onde estas leis serão mais lenientes (Copeland e Taylor, 1995 Apud Dinda, 2002). Estes países pobres se encontram nos estágios da curva ambiental de Kuznets onde ainda se preza mais pelo aumento da produção do que melhores padrões de qualidade ambientais. Estes países menos desenvolvidos podem até reduzir suas regulamentações ambientais, a fins de atrair investimento estrangeiro (Dinda, 2004).

Outro questionamento quanto a curva ambiental de Kuznets, é que ela apenas capta uma redução das emissões de poluentes em alguma localidade específica, e não no mundo inteiro. Ou seja, as pessoas podem estar satisfeitas com as melhorias ambientais de sua região às custas da degradação ambiental de outro país. Porém, a produção poluidora, que emite gases estufa, tem efeito no planeta inteiro, prejudicando a todos.

3 Revisão de Literatura Empírica

Grossman e Krueger (1991) analisaram níveis de concentração de SO_2 , partículas suspensas na atmosfera e concentração de fumaça, ao analisar os níveis de poluição causados pelo comércio entre o Estados Unidos e o México. Foram analisados os níveis de SO_2 observados em 47 cidades espalhados por 28 países no ano de 1977, 52 cidades em 32 países em 1982 e 27 cidades em 14 países em 1988. As medidas das partículas suspensas foram observadas em 21 cidades em 11 países em 1977, 36 cidades em 17 países em 1982 e 26 cidades em 13 países em 1988. Os valores de renda per capita foram medidos em dólares de 1985. Para a fumaça os dados são de 18 cidades em 13 países em 1977, 13 cidades em nove países em 1982 e sete cidades em quatro países em 1988. Os países observados são tanto países em desenvolvimento como desenvolvidos, com representação dos diversos tipos de condições geográficas.

A metodologia usada no trabalho foi uma estimação em dados de painel, com a inclusão de dummies para diferentes localidades, renda, tendência de tempo e variável de comércio. Os resultados comprovaram a relação de “U” invertido e “N” entre os níveis de poluição e renda per capita, para os dados de concentração de SO_2 e fumaça, com os pontos de inflexão se encontrando entre 4 mil e 5 mil dólares, esta renda que seria o momento onde aumentaria a pressão por melhores políticas de proteção ambiental e talvez uma mudança no comportamento dos consumidores. Para os dados de níveis de partícula suspensas, a relação se mostrou crescente em relação aos níveis de renda per capita. Os resultados também mostraram que o crescimento econômico só melhora as condições ambientais em níveis médios de renda, o crescimento em níveis altos de renda, é prejudicial.

Kaufman et al. (1998) também testa a existência da curva de Kuznets para níveis de concentração de SO_2 para 23 países no período de 1974-1989. Neste modelo foram incluídas duas variáveis extras para medir outros efeitos, que foi uma

variável para atividade econômica no local avaliado dividido pela densidade demográfica do mesmo, que se mostrou significativa ao modelo, e outra variável da atividade econômica do local dividida pelo PIB do mesmo. Esta já não apresentou o resultado positivo da outra. Porém, apesar das duas variáveis adicionais, o modelo apresentou um resultado positivo de curva ambiental de Kuznets para as duas variáveis. Os resultados mostraram que no nível de 3 mil dólares per capita seria um ponto de inflexão para a concentração do gás, porém, a partir de 12 mil dólares de PIB per capita foi constatado que a concentração volta a aumentar.

O SO_2 é muito escolhido para a realização dos modelos pelo fato de ser o gás poluente que causa maior dano aparente rapidamente à população. Porém, ao contrário de alguns trabalhos que estudam o modelo em relação à concentração de SO_2 , outros testam para os níveis de emissão do gás, por causa das emissões estarem mais diretamente ligadas aos níveis de produção econômica (Carvalho e Almeida, 2008).

Panayotou (1993) testou a hipótese, para 68 países uma CAK para os dados de desflorestamento e 52 países para amostras de poluição no período de 1987-1988, com uma análise em cross-section. Para a poluição foram avaliadas as emissões de SO_2 , NO_x e partículas suspensas. Para o teste do desflorestamento foi usado uma variável para densidade da população e uma dummy para países tropicais. Os resultados comprovaram a hipótese com pontos de inflexão em três mil dólares para SO_2 , 5500 dólares para NO_x e 4500 dólares para as partículas suspensas. Para o desflorestamento os valores variaram entre 800 e 1200 dólares. O trabalho conclui que a primeira mudanças na matriz econômica acontece na faixa dos 1000 e 3000 dólares per capita, onde acontece a mudança do setor rural para o urbano, e a partir dos 10000 dólares de renda per capita aconteceria a transição de uma produção intensiva em energia para uma produção intensiva em informação e tecnologia. O autor acredita que diversos fatores devem ser postos em prática para que a teoria funcione na prática. Políticas governamentais, que favorecem as indústrias, dificultam as mudanças necessárias, por isso devem ser voltadas para reduzir a declividade da curva de Kuznets.

Stern (2001), estimou um painek com mais de 70 países, sendo 23 deles da OECD e 51 os demais, e rodou modelos com apenas os países da OECD, apenas os

subdesenvolvidos e um modelo com todos os países juntos. Com todos juntos, o ponto de inflexão da renda encontrado foi muito superior a renda que os países possuíam, este valor por volta de 80000 dólares per capita. Quando testado apenas os países da OECD separadamente o ponto encontrado foi bem inferior, na faixa de 9000 dólares. Já o modelo com os países que não fazem parte da OECD, foi encontrado um ponto muito superior ao modelo global no valor de 131867 dólares, chegando a conclusão de que a curva ambiental de Kuznets é monotônica para estes países. Um fator que leva a este resultado é que os países mais ricos levam suas produções para os países mais pobres. O autor indica que para encontrar melhores resultados no modelo seriam necessários ou achar uma nova variável que se ajuste melhor aos níveis de crescimento dos países da OECD ou então alguma outra variável individual para cada país, que capte as individualidades de cada um, e ainda acrescenta que uma análise qualitativa histórica ajudaria em encontrar melhores resultados.

O estudo da teoria com dados sobre SO₂ tiveram em grande parte resultados positivos (Halkos, 2003; Perman e Stern, 2003). No Brasil não há trabalhos sobre o SO₂ devido à falta de dados disponíveis para o estudo.

Já os estudos feitos com CO₂ já são mais controversos, pois diferentemente do SO₂, o CO₂ apresenta efeitos mais globais e por isto, para reduzir suas emissões seria necessário um esforço em conjunto dos países (Carvalho e Almeida, 2008).

Cole et al. (1997) estimou um modelo para o CO₂ para sete regiões do mundo no período de 1960 até 1991 e encontrou que o aumento da renda não tem se mostrado suficiente para reduzir as emissões de CO₂ globalmente. Moomaw e Unhruh (1997), que estimaram um modelo para 16 países entre 1950 e 1992, também não encontraram a relação de “U” invertido nem a de “N”. Dijkgraaf e Vollebergh (1998) fizeram um painel com diversos países e encontraram diversos resultados diferentes. Países apresentaram uma relação linear, algum apresentarem uma curva em “U”, outros em “U” invertido e ainda tiverem resultado da curva em forma de “N” e o resultado global do modelo apresentou a curva em forma de “U” invertido. Os autores concluíram que não existe resultados significativos suficientes para afirmar a existência da curva ambiental de Kuznets para emissões de gás carbônico. Em Dijkgraaf e Vollebergh (2001), os autores repetem a pesquisa com

uma nova base de dados e afirmam que seria improvável a existência da curva ambiental de Kuznets para o CO₂ devido a somente alguns países apresentarem resultados positivos, enquanto países como França, Inglaterra e Japão, que possuem alta renda per capita, não apresentam os resultados esperados.

Entre os modelos que tiveram sucesso em encontrar a Curva Ambiental de Kuznets para o CO₂, pode-se citar os trabalhos de Agravas e Chapman (1999) e Arraes et al. (2006). O primeiro estimou para 34 países, entre 1971-1989, emissões de CO₂ e consumo de energia e usou uma variável para o comércio. Os dois modelos encontraram a curva de “U” invertido, com os pontos de inflexão em \$62.000 dólares para a curva de energia e 13.630 dólares para a curva de CO₂. Arraes et al. (2006) usou os dados de diversos países usando os dados anuais de cinco em cinco anos (1980, 1985, 1990, 1995 e 2000), tanto em modelos cross-section e dados de painel. O trabalho estimou a curva para diferentes variáveis, como saneamento básico, expectativa de vida, alfabetização de adultos, abastecimento de água, taxa de mortalidade e emissões de CO₂, para medir o nível de desenvolvimento sustentável nestes países. As únicas variáveis que apresentaram a curva em “U” invertido foram as de CO₂ e a taxa de mortalidade no modelo cross-section e apenas de CO₂ no modelo em dados de painel.

No Brasil, Lucena (2005) estimou a curva para emissões de CO₂ e consumo de energia e acrescentou uma variável de volume de comércio. A curva de Kuznets só foi evidenciada no modelo para consumo de energia, já o CO₂ apresentou uma relação linear positiva. Andrade (2009) estimou o modelo para o CO₂ no Brasil como uma série histórica que inicia em 1903 e vai até 2009. O modelo também só encontrou uma relação linear para as emissões de gás carbônico.

Outra vertente de pesquisa sobre Curva Ambiental de Kuznets no Brasil é a estimativa da curva com dados de desmatamento florestal. Gomes (2008) usou dados dos estados da Amazônia Legal nos anos entre 1990-2004. O resultado mostrou que, para rendas menores que seis mil reais a curva de “U” invertido existia, porém em rendas acima desta marca, o desmatamento apresentava uma relação crescente com a renda. Sousa et al. (2008) usou a área desmatada em hectares de 792 municípios da Amazônia Legal no período de 2000-2004 para sua pesquisa, e os resultados foram positivos para a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets.

4 Metodologia

Esse trabalho fará uso de uma regressão múltipla por mínimos quadrados ordinários (MQO), que tem sido o padrão para trabalhos que buscam encontrar a relação entre poluição e crescimento econômico segundo a hipótese ambiental da curva de Kuznets. A maioria dos trabalhos, por abordarem dados de diversos países, utilizam dados em painel para estimar o modelo. Como este trabalho só testará o modelo para apenas um país, o modelo será feito por séries temporais. A equação do modelo é a seguinte:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2 + \beta_3 X_t^3 + \mu_t$$

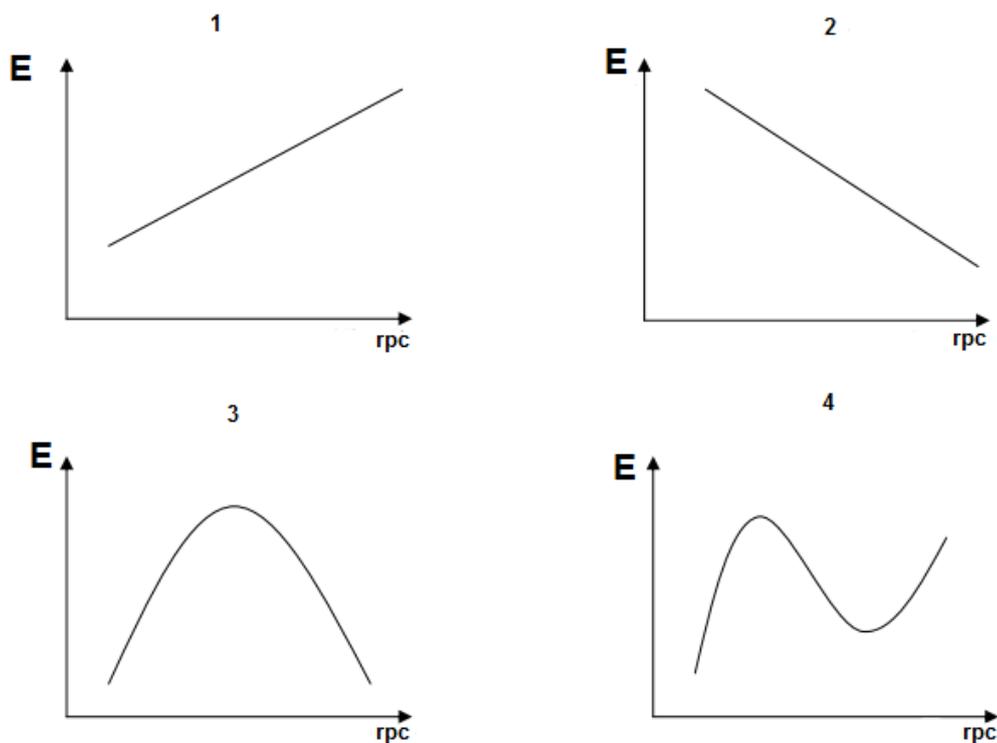
onde Y representa as emissões de CO_2 , α é uma constante; X é a renda per capita; μ é o erro estocástico; o subscrito t representa o tempo.

Com este modelo será possível concluir qual a relação entre a emissão de CO_2 e a renda per capita. Essa relação será evidenciada de acordo com os resultados dos sinais dos coeficientes estimados, com diferentes tipos de combinação mostrando uma relação diferente (Lucena, 2005). As combinações possíveis são:

- (i) Se $\beta_1 > 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$, a relação entre a renda per capita e a emissão de CO_2 é positiva e linear, onde um aumento da primeira leva a um aumento constante da segunda (figura 4-1);
- (ii) Se $\beta_1 < 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$, a relação entre renda per capita e emissão de CO_2 é negativa e linear (figura 4-2);
- (iii) Se $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 = 0$, a relação entre renda per capita e emissão de CO_2 é a relação da hipótese da curva ambiental de Kuznets em formato de “U” invertido (figura 4-3);

- (iv) Se $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 > 0$, esta relação é referente a hipótese da curva ambiental de kuznets na forma de “N” (figura4-4).

Figura 4 – Diferentes possibilidades para a Renda per capita e Emissões de CO₂.



Fonte: Lucena (2005) E- Emissões de CO₂; RPC- Renda per capita.

A regressão por mínimos quadrados ordinários, segundo Gujarati e Porter (2012), é suficiente para estimar parâmetros de um modelo, porém análise de regressão não é suficiente para inferir informações sobre o modelo. Por isto, os modelos de regressão devem seguir sete hipóteses básicas.

- O modelo de regressão é linear nos parâmetros, não necessariamente será linear nas variáveis. Modelos assumem forma de uma equação linear $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{1i} + \beta_3 X_{2i} + \dots + \beta_{n+1} X_{ni} + u_i$.
- Valores da variável X são independentes do erro, ou seja, a covariância de X e o erro é igual a 0 ($\text{Cov}(X_{1i}, u_i) = \text{Cov}(X_{2i}, u_i) = 0$). Desta forma é possível avaliar os efeitos individuais de cada variável X e o erro na variável Y.
- A média do erro u_i é zero ($E(u_i) = 0$). Isto implica que não existe viés na especificação do modelo.
- O erro possui variância constante ($\text{var}(u_i) = \sigma^2$). Isto quer dizer que a variância do erro é sempre a mesma independente dos valores do X.
- Ausência de autocorrelação entre os termos do erro ($\text{cov}(u_i, u_j) = 0$ para todo i diferente de j). Em outras palavras, para diferentes valores de X as diferenças de Y e o Y estimado não apresentarão nenhuma forma de padrão entre si.
- O número de observações deve ser superior ao número de parâmetros estimados.
- Os valores de X devem apresentar variabilidade.
- As variáveis X não apresentam colinearidade exata entre si. Isso significa que os regressores não podem ser expressos com uma combinação linear exata dos demais regressores do modelo.
- Ausência de Viés de especificação.

Estas hipóteses garantem a especificação correta do modelo. Assim o método escolhido para o projeto pode ser usado para estimar os valores dos parâmetros do modelo e verificar a hipótese da curva de kuznets. É necessário que o parâmetro β_1 seja significativo e positivo e o parâmetro β_2 seja significativo e negativo para que o modelo apresente a forma de “U” invertido. Para a curva em forma de “N” ainda é necessário que o parâmetro β_3 seja significativo e positivo.

O modelo usado para este trabalho será um modelo de regressão polinomial, que possibilita encontrar as relações em forma de “U” invertido e “N”. Esse tipo de modelo só possui uma variável explicativa, mas ela aparece repetidamente a várias potências, o que a torna uma regressão múltipla (Gujarati e Porter, 2012). Os

mesmos ressaltam que, apesar de parecer lógico existir colinearidade no modelo pelo fato das variáveis serem as mesmas, só que elevadas a diferentes potências, esse tipo de estimação continua não apresentando multicolineariedade, pois as variáveis X elevadas são todas funções não lineares de X , ou seja, não desrespeitam a hipótese de multicolinearidade.

5 Análise dos resultados

Esta parte do trabalho tem o objetivo de estimar o modelo apresentado na parte anterior. Primeiro, apresentaram-se os dados escolhidos para o modelo e as medidas utilizadas para utilizá-los, depois a análise dos dados e a verificação dos devidos testes estatísticos que validarão o modelo.

Os dados utilizados para a estimação do modelo são as emissões de CO₂ *per capita* no Brasil, retirados do World Bank Data, e o PIB per capita em reais de 2013 retirado do IPEADATA. Os dados utilizados abrangem os anos de 1960 até 2009.

Foi optado por dados de emissão de CO₂, contra concentração de CO₂, pelo fato do primeiro estar mais ligado ao crescimento econômico (Almeida e Carvalho, 2008).

Primeiramente buscou-se verificar a estacionariedade das séries através de um teste de Dickey-Fuller aumentado. Este teste, segundo Gujarati (2010), testa se a série possui raiz unitária, o que indica a sua não estacionariedade. O mesmo afirma que uma série temporal, que possui raiz unitária, é conhecida com um passeio aleatório. A presença de séries com essa característica prejudicaria os resultados do modelo. O resultado dos testes das séries verificou que ambas não são estacionárias em nível. Feito o mesmo teste com a primeira diferença da séries, estas apresentaram o resultado desejado de estacionariedade, por isso o modelo será estimado usando as séries na sua primeira diferença.

Verificado a estacionariedade das séries, foi aplicado um teste de Engle-Granger, e os resultados mostraram que as séries cointegram. Em seguida, estimou-se o modelo usando o programa GRETL versão 1.9.90, e os resultados são apresentados no quadro 1.

Os resultados do modelo mostram que apenas a variável β_1 é significativa a uma taxa de 5% de significância. Os parâmetros do modelo são submetidos a um

teste para verificar sua significância. Para Gujarati (2010), um teste de significância verifica a validade ou a falsidade de uma hipótese nula com os resultados da amostra. Para os parâmetros, se procura valores de p menores que 0,05 para validar a significância no parâmetro. Com isso pode se observar que apenas o parâmetro β_1 é significativo no modelo.

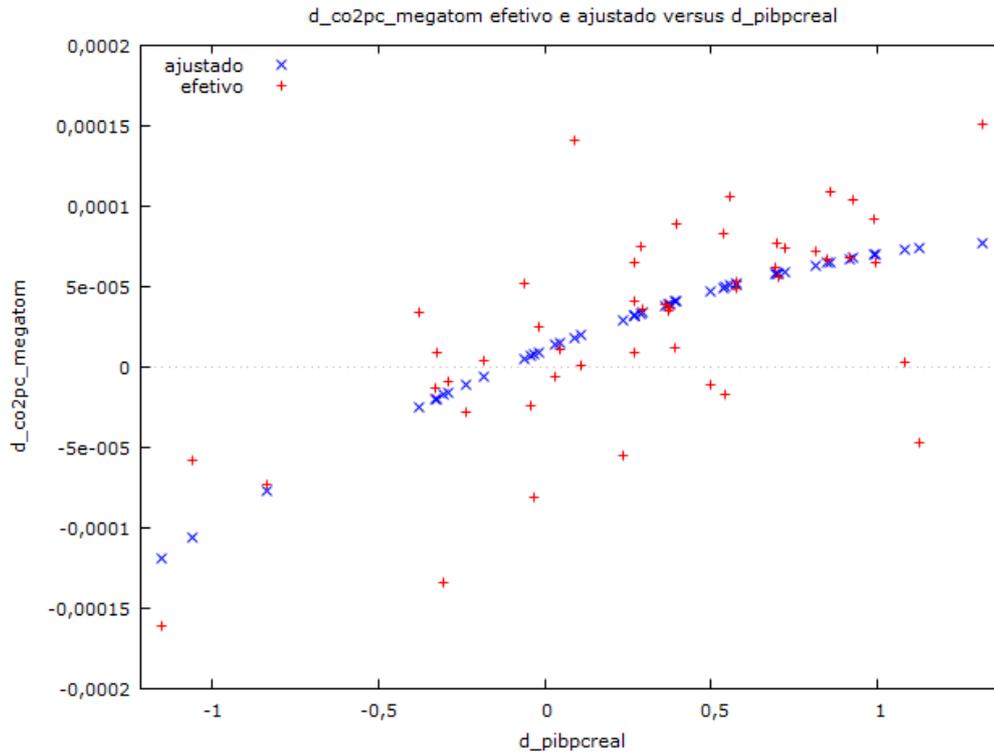
Tabela 1 – Resultados do Modelo

$Y_t = 0,0000856573X_t + \mu_t$					
Variável	Coefficiente	Erro-padrão	Razão-t	p-valor	
A	1,04568E-05	1,0121E-05	1,033	0,307	
β_1	8,56573E-05	2,6363E-05	3,249	0,0022	***
β_2	-2,49874E-05	1,8131E-05	-1,378	0,175	
β_3	1,23241E-06	2,6167E-05	-0,0471	0,9626	
F(3, 45)	13,0942				
r^2	0,466082	Teste de normalidade		0,11701	
r^2 ajustado	0,430487	Teste de autocorrelação		0,327999	
DW	1,505113				

Fonte: Resultados da pesquisa

Este resultado remete à hipótese da figura 4-1, onde $\beta_1 > 0$ e β_2 e $\beta_3 = 0$, demonstrando uma relação positiva e linear entre as emissões de CO₂ per capita e o PIB per capita. A relação entre as emissões de CO₂ per capita efetivo e ajustado contra o Pib per capita é apresentada na figura 05. O resultado encontrado aponta para uma tendência de redução nas emissões ao longo dos anos, podendo-se observar uma redução significativa da inclinação da reta. O comportamento dos dados faz referência ao trabalho de Grossman e Kruger(1991), onde foi colocado que a tendência da redução da inclinação da curva tendendo a zero, seria um comportamento esperado de um país em desenvolvimento, como o Brasil.

Figura 05 – Efetivo e ajustado CO₂ contra PIB



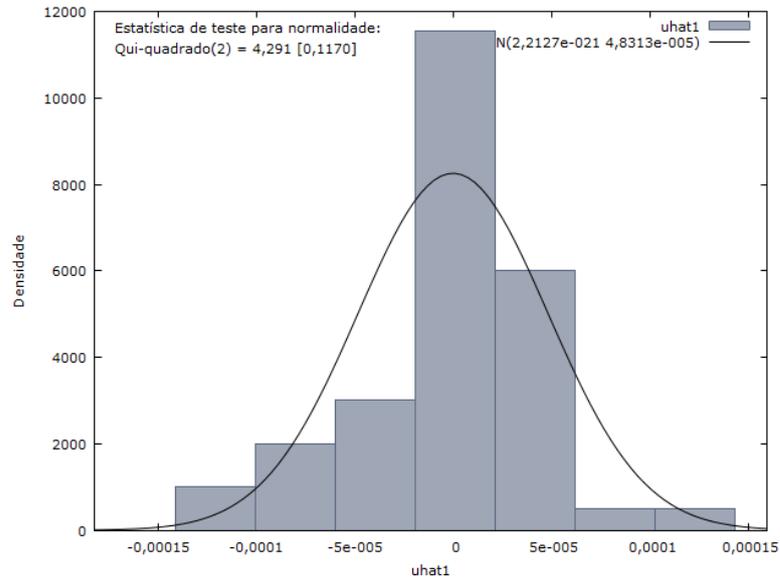
Fonte: resultado da pesquisa

O modelo não apresentou problema de normalidade dos resíduos, de acordo com o teste Jacque-Bera realizado, que aceitou a hipótese nula de distribuição normal do erro com um p-valor de 0.11701. Para Gujarati (2010), o fato do modelo possuir erros normais os parâmetros do modelo, serão não viesados, terão variância mínima e possuem consistência, ou seja, quanto maior a série mais próximo dos valores reais, os parâmetros se aproximarão. A suposição de que os erros apresentam distribuição normal espera que os erros apresentem:

- Média igual a 0 ($E(\mu_i) = 0$);
- Variância constante ($E(\mu_i^2) = \sigma^2$);
- Covariância igual a 0 ($E(\mu_i, \mu_j) = 0$).

A seguir é apresentado o gráfico de distribuição do erro e o teste de normalidade.

Figura 06 – Distribuição do erro



Fonte: resultados da pesquisa

A hipótese da ausência de autocorrelação também foi evidenciada através do teste Breusch-Godfrey. A ausência de auto-correlação é mais uma das hipóteses que garantem a mínima variância para os parâmetros, hipótese esta, que supõe que o termo de perturbação referente a uma outra observação qualquer não é influenciado pelo termo de perturbação referente a uma outra observação qualquer ($E(\mu_i, \mu_j) = 0 \text{ } i \neq j$) (Gujarati, 2010).

6 Conclusão

Assim como a desigualdade aumenta nos primeiros estágios de crescimento, os níveis de poluição também aumentam. De fato, a emissão de CO₂ está fortemente ligada à atividade industrial. O anseio por melhores condições de vida combinados com tecnologias poluidoras e ausência de uma consciência ecológica do todo são os causadores desse grande nível de poluição em estágios iniciais de crescimento de um país. Será, então, que o aumento do nível da renda conseguiria mudar esse quadro? Na teoria, este aumento da renda causaria uma mudança nas preferências dos consumidores, estes que agora teriam maior demanda por melhor qualidade do meio ambiente, que, conseqüentemente, faria uma pressão sobre as autoridades governamentais para criarem instituições mais fortes na proteção do meio ambiente.

A curva ambiental de Kuznets permite testar esta teoria para diferentes tipos de poluentes, como os diversos tipos de gases emitidos de diversas formas diferentes, poluição da água e desflorestamento. Existem diversas pesquisas na área que apresentam um resultado positivo referente a teoria de Kuznets. Quanto ao CO₂ ainda existe controvérsias devido ao fato do gás se espalhar muito rápido e ter um efeito mais global do que local, dificultando a medição dos impactos da renda no seu nível de emissão. Apesar disso, diversos trabalhos acharam a relação da curva de Kuznets para o CO₂.

O Brasil, de acordo com a pesquisa feita, não mostrou a relação esperada da curva ambiental de Kuznets. Outros trabalhos encontraram resultados semelhantes. A conclusão que se chega é de que o Brasil não atingiu ainda o nível necessário de renda per capita que causaria a mudança. Porém, o resultado mostrou uma tendência de que, o Brasil, poderia estar próximo de alcançar o nível de renda crítico da curva, o que pode ser pensado como, as mudanças já começaram a acontecer só que não são suficientes ainda. A mudança na preferência

dos consumidores por melhor qualidade ambiental já é bem visível e cada vez aumenta mais, no entanto, as instituições protetoras ainda não são totalmente eficientes para diminuir o nível necessário de renda para causar a redução da poluição em relação ao crescimento da renda.

7 Bibliografia

- AGRAS, Jean; CHAPMAN, Duane. A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. **Ecological Economics**, v. 28, n. 2, p. 267-277, 1999.
- ANDRADE, André. CO2 and economic growth: An analysis for emissions from burning fossil fuels in liquid form in Brazil. 2009.
- 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, n. 3, p. 525-547, 2006.
- BLANCHARD, Olivier. Macroeconomia. 5ª edição. 2011.
- CÁNEPA, Eugenio Miguel. Economia da poluição. **Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier**, p. 61-79, 2003.
- CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010.
- COLE, Matthew A.; RAYNER, Anthony J.; BATES, John M. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. **Environment and development economics**, v. 2, n. 4, p. 401-416, 1997.
- DASGUPTA, Susmita et al. Confronting the environmental Kuznets curve. **Journal of economic perspectives**, p. 147-168, 2002.
- DIJKGRAAF, Elbert; VOLLEBERGH, Herman RJ. **Environmental Kuznets revisited. Time-series versus panel estimation. The CO2-case**. Research Centre for Economic Policy OCfEB, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam (Netherlands), 1998.
- DIJKGRAAF, Elbert; VOLLEBERGH, Herman RJ. **A note on testing for environmental Kuznets curves with panel data**. Fondazione Eni Enrico Mattei, 2001.
- DINDA, Soumyananda; COONDOO, Dipankor; PAL, Manoranjan. Air quality and economic growth: an empirical study. **Ecological Economics**, v. 34, n. 3, p. 409-423, 2000.
- DINDA, Soumyananda. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. **Ecological economics**, v. 49, n. 4, p. 431-455, 2004.
- GOMES, SÉRGIO CASTRO. **Análise econométrica da produtividade total dos fatores na Amazônia Legal, 1990-2004**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.
- GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. **Environmental impacts of a North American free trade agreement**. National Bureau of Economic Research, 1991.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. **Economic growth and the environment**. National Bureau of Economic Research, 1994.

HALKOS, George E. Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models. **Environment and development economics**, v. 8, n. 04, p. 581-601, 2003.

KAUFMANN, Robert K. et al. The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 25, n. 2, p. 209-220, 1998.

KUZNETS, Simon. Economic growth and income inequality. **The American economic review**, p. 1-28, 1955.

DE LUCENA, André Frossard Pereira. ESTIMATIVIVA DE UMA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICADA AO CONSUMO DE ENERGIA E ÀS EMISSÕES DE CARBONO DO BRASIL1.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global: uma visão crítica. **Aquecimento global**, 2008.

MOOMAW, William R.; UNRUH, Gregory C. Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO₂ emissions. **Environment and Development Economics**, v. 2, n. 04, p. 451-463, 1997.

DA MOTTA, Ronaldo Seroa. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.

PANAYOTOU, Theodore. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development**. International Labour Organization, 1993.

PANAYOTOU, Theodore. Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. **Environment and development economics**, v. 2, n. 04, p. 465-484, 1997.

PANAYOTOU, Theodore; PETERSON, Alix; SACHS, Jeffrey D. Is the Environmental Kuznets Curve driven by structural change? What extended time series may imply for developing countries. 2000.

PANAYOTOU, Theodore. Economic growth and the environment. **Economic survey of Europe**, p. 45-72, 2003.

PERMAN, Roger; STERN, David I. Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 47, n. 3, p. 325-347, 2003.

SOUSA, Alexandre Gervasio et al. Sustentabilidade e meio ambiente no Brasil: uma análise a partir da curva de Kuznets. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL**. 2008.

STERN, David I.; COMMON, Michael S.; BARBIER, Edward B. Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. **World development**, v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996.

STERN, David I.; COMMON, Michael S. Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 41, n. 2, p. 162-178, 2001.

STERN, David I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. **World development**, v. 32, n. 8, p. 1419-1439, 2004.

VARIAN, Hal R. **Microeconomia-princípios básicos**. Elsevier Brasil, 2006.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica-5**. McGraw Hill Brasil, 2011.

DE VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval; DE OLIVEIRA, Roberto Guena; BARBIERI, Fabio. **Manual de microeconomia**. 2011.

YANDLE, B.; VIJAYARAGHAVAN, M.; BHATTARAI, M. The environmental Kuznets curve: a primer. PERC Research Study 02-1. **Center for Free Market Environmentalism**, Bozeman, MT.(<http://www.perc.org/publications/research/kuznets.html>), 2002.