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

RAFAEL BAPTISTON TANAKA

ATIVIDADE ECONÔMICA E EMISSÕES DE CO2 INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Rio Grande
2018

RAFAEL BAPTISTON TANAKA

ATIVIDADE ECONÔMICA E EMISSÕES DE CO2 INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel pelo curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Vinicius Halmenschlager

Rio Grande

2018

AGRADECIMENTO

Agradeço a cima de tudo a minha família, pois sem eles eu não teria a estrutura física, econômica, intelectual e espiritual que me permitiram estar aqui. Minha mãe Assunta por estar sempre ao meu lado, me apoiar nos momentos mais difíceis e ser sempre o meu melhor amparo. Ao meu pai Júlio que nunca mediu esforços para proporcionar aos filhos uma boa qualidade de vida e a minha irmã Carina por me servir de inspiração de dedicação e conquistas.

A todos os amigos que criei, pois eles foram meu alicerce em todos esses anos que vivi em Rio Grande. Contribuíram para minha sanidade e para meus momentos de alegria.

Gratulo a Universidade Federal de Rio Grande (FURG) pelo total acolhimento e por oferecer um ambiente agradável para minha trajetória acadêmica e aos professores que foram fundamentais para meu amadurecimento, ampliaram meu conhecimento e são inspirações profissional. Registro seus nomes para que no futuro possa lembrar de cada um de vocês e do quanto cada um agregou em minha vida; Audrei Cadaval, Cassius Oliveira, Cristiano Oliveira, Fernanda Johston, Paola Braga, Rodrigo Ávila, Rogerio Piva, Tiaraju de Freitas, Vinicius Halmenschlager.

A todos e a tudo que esta cidade me proporcionou; a experiencia de vida, meu amadurecimento, minhas dificuldades e conquistas, as oportunidades de estágio, oportunidades de trabalho, pessoas que levarei em meu coração por toda a eternidade.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo verificar hipótese da curva de Kuznets ambiental para o Estado do Rio Grande do Sul a fim de compreender a relação entre o crescimento econômico mensurado pelas emissões de CO2 industriais equivalentes. A teoria evidência que no estágio inicial do desenvolvimento de uma região há um maior interesse no aumento de renda e emprego, decorrente da industrialização, mesmo que por consequência isto produza um aumento nas degradações ambientais. Contudo, após a região atingir um certo nível de renda, há uma inflexão nos níveis de degradação ambiental que permitem o decréscimo do nível de poluição concomitante com o aumento de renda, este acontecimento pode ser explicado por aspectos como interesse de preservação ambiental e aumento tecnológico. Seguindo a proposta original de Grossman e Krueger (1991) que se constitui na relação entre a emissão de CO2 industrial e o produto interno bruto (PIB), será estimado por meio do modelo de vetor autorregressivo (VAR) um processo estocástico com dados trimestrais de 1994 a 2012. Segundo resultados obtidos, fica evidente a existência da teoria do CKA e sua hipótese de “U” invertido para o estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-Chave

Curva de Kuznets Ambiental; Rio Grande do Sul; Vetor autorregressivo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de Kuznets.....11
Figura 2 - CKA, Hipótese do "U" Invertido.....12
Figura 3 - CKA, Hipótese de "N" 14

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Impulso Resposta 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série de Dados.....20
Tabela 2 - Teste De Raiz Unitária Para Emissão de CO2 Industrial 26
Tabela 3 - Teste de Raiz Unitária para o PIB 26
Tabela 4 - Seleção De Defasagem 27
Tabela 5 - Teste do Traço 28
Tabela 6 - Teste do Máximo Autovalor.....28
Tabela 7 - Decomposição da Variância para emissões de CO2 industrial 30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 8
2. REVISÃO DE LITERATURA 10
2.1. CURVA DE KUSNETZ AMBIENTAL, CONCEITOS E PRINCIPIOS 10
2.2. REVISÃO DE LITERATURA EMPIRICA 15
2.1. TEORIA NEOCLASSICA POLUIÇÃO 17
3. METODOLOGIA 20
3.1. ESTACIONARIDADE DA SÉRIE 22
3.2. TESTE DE COINTEGRAÇÃO 23
3.3. FUNÇÃO IMPULSO-RESPOSTA 24
3.4. DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA 25
4. RESULTADOS 26
4.1. TESTES DE DICKEY-FULLER AUMENTADO 26
4.2. SELEÇÃO DE DEFASAGEM 27
4.3. TESTE DE COINTEGRAÇÃO 28
4.4. IMPULSO-RESPOSTA 28
4.5. DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA 29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 31
REFERÊNCIAS 32

1. INTRODUÇÃO

Os agentes econômicos se caracterizam pela maximização do lucro com a minimização de custos, essa busca pelo crescimento econômico muitas vezes se relaciona ao uso indiscriminado dos recursos naturais sem levar em conta seu impacto ambiental. A degradação ambiental teve início junto ao crescimento industrial, quando o homem aperfeiçoou o processo de dominação e transformação da natureza elevando em alta quantidade a produção de bens e a utilização de insumos. Porém o uso indiscriminado desses recursos tende levar a uma insustentabilidade econômica, ambiental e social (CARDOSO, 2011).

E desta forma a teoria de Simon Kuznets (1955) serve como base dos estudos ambientais. Sua teoria que relaciona a distribuição de renda e o crescimento econômico implica que nos primeiros estágios de crescimento de um país há uma relação direta entre seu crescimento econômico e a desigualdade social, ou seja, inicialmente há uma concentração da renda, mas que após um certo nível de crescimento econômico e modernização dos meios de produção ocorrerá um ponto de inflexão configurando uma diminuição da desigualdade conjunto a um aumento da renda, caracterizando a teoria do “U” invertido (MOREL, 2016). Então na década de 90 é apresentada a tese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA), adaptando o estudo da Curva de Kuznets com as degradações ambientais, Grossman e Krueger (1991), Shafik e Bandyopadhyay (1993) e outros economista mensuraram a qualidade do ar em áreas urbanas de diversos países a fim de evidenciar a teoria do “U” invertido, decorrente do crescimento na degradação ambiental atrelado ao crescimento econômico até o ponto que ocorrera a inflexão e a degradação ambiental passa a decair conforme a economia cresce (CARVALHO, 2010).

A teoria ainda evidência que grande parte da degradação ambiental está relacionado ao processo de industrialização, uma vez que a indústria é responsável pelo alto nível de emissão de dióxido de carbono (CO2) através da queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão, a fim de geração de energia (PACHECO, 1990). Contudo, a cada ano uma quantidade da ordem de 10 Gt de carbono na forma de CO2 e de outros gases são liberados para a atmosfera através de processos das atividades humanas (HALL, 1989, p. 175), sendo que nos últimos 200 anos a concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou 27% do qual metade deste aumento ocorreu nos últimos 30 anos. As consequências ambientais

pelo excesso de emissão de CO2 são sentidas a longo prazo, sendo capazes de ocasionar danos em escala mundial como alterações climáticas, modificações nas vegetações, aumento da biomassa terrestre e oceânica, elevação do nível dos oceanos e aumento na incidência de algumas doenças (PACHECO, 1990).

Em constante evolução, a humanidade aprimora suas capacidades produtivas a mais de um século, contudo, é recente o interesse por um desenvolvimento sustentável economicamente atrelado a não degradação ambiental. Romeiro (2012) caracteriza este interesse como um modo de atender as necessidades do presente sem comprometer as das gerações futuras com o objetivo de atingir um nível de bem-estar econômico-social adequado e equitativamente distribuído, e utilizar os recursos naturais de maneira a se garantir a integridade ecológica (MUELLER, 2007).

Sendo assim, com o decorrente aumento das preocupações relacionadas a degradação ambiental e a crescente ideia de um desenvolvimento sustentável, o presente trabalho tem como objetivo testar a hipótese da CKA para o estado do Rio Grande do Sul que é o quarto maior produtor e o quinto estado mais populoso do Brasil. Em 2016 obteve um PIB de 410 milhões, sua produção tem base na agricultura, pecuniária e industrial, destacando-se em soja, trigo, arroz, milho, couro, calçados, têxtil, madeireira, metalúrgica, química e gado. Seus municípios mais produtivos são Porto Alegre, Caxias do Sul e Gravataí (IBGE, 2018).

Através de um processo estocástico para os períodos trimestrais de 1994 a 2012 do estado do Rio Grande do Sul foi calculado por meio de um modelo de Vetores Auto Regressivos (VAR) a relação entre o nível de renda, utilizando como variável o produto interno bruto (PIB), e a degradação ambiental, adotando como variável a emissão de gás carbônico industrial (CO2). Com a finalidade de identificar a proporção da variação da poluição industrial com a variação da renda do estado e analisar sua característica de “U” invertido ou “N”. Sendo assim, através dos resultados obtidos, fica evidente a existência da teoria do CKA e sua hipótese de “U” invertido para o estado do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho divide-se em cinco seções, sendo elas: 1. Introdução, 2. Revisão literária, 3. A metodologia, apresentando o método, os dados e o modelo utilizado e por fim, 4. Resultados e 5. Considerações finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

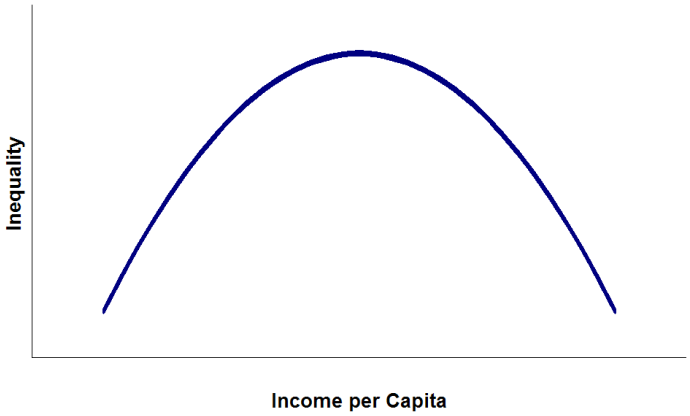
2.1. CURVA DE KUSNETZ AMBIENTAL, CONCEITOS E PRINCIPIOS

Por volta do século XVIII, dando primícias a revolução industrial, iniciou-se uma transição dos métodos de produções artesanais para a produção por máquinas, estas por sua vez proporcionaram novas técnicas de produção e fabricação de produtos, crescente e mais eficiente uso de insumos, além da substituição da geração de energia por madeira para o carvão (CARVALHO, 2014). Foi cada vez mais perceptível que com o crescimento industrial a utilização dos recursos naturais deixou de ter o objetivo de subsistência para dar espaço a criação de riqueza. O uso indiscriminado dos recursos a fim de sustentar o mercado econômico somados a falta de preocupação com as consequências ambientais faz com que seja crescente o estudo sobre o impacto do desenvolvimento econômico na degradação do meio ambiente.

No ano de 1955 o economista de origem russa Simon Kuznets apresentou a tese que correlacionava a distribuição de renda e o crescimento econômico. Seu estudo baseou-se em um sistema de produção simples para os EUA, Grã-Bretanha e Alemanha que analisava a diferença no rendimento em uma transição da economia agrícola para a industrial usando como parâmetro a diferença dos produtos marginais do trabalho entre ambos os setores, o que tornou capaz de se observar que conforme expandia-se o setor industrial tem-se uma transição de mão de obra para este setor, que gerava altos retornos porem concentrava-se a renda (MOREL, 2016).

A hipótese de Kuznets tem como característica o formado de “U” invertido (figura 1). Em estágios iniciais da transição do setor agrícola para o industrial há uma especialização do setor e qualificação da mão-de-obra. A medida que há um aumento no desenvolvimento econômico há um aumento em conjunto na concentração de renda. Entretanto, com a modernização dos meios de produção e a maturidade econômica a curva atinge um ponto de máximo, ou ponto de inflexão, configurando o início da diminuição da desigualdade concomitante com o aumento da renda (LINHARES, 2012).

Figura 1 - Curva de Kuznets



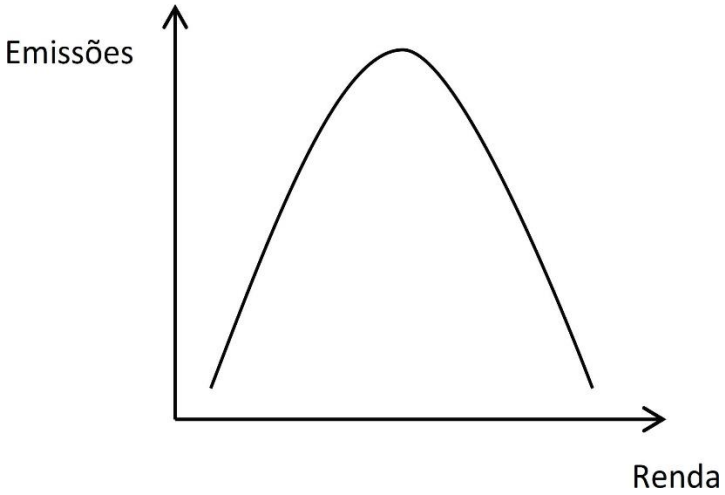
Fonte: http://www.scielo.br/

De acordo com Grossman (2000), este evento é explicado por três motivos. Primeiro; indivíduos com maiores níveis de habilidade são também os de maiores níveis de renda, de modo que não haveria necessidade de transferir esta habilidade aos seus descendentes a fim de auferirem altos ganhos. Segundo; A segunda geração de imigrantes, procedentes da zona rural, teriam menores oportunidade de tirar vantagem da zona urbana e consequentemente de se apropriar de uma maior parcela da renda em comparação a população imigrante inicial. Terceiro; Kuznets tinha a crença de que em sociedades democráticas a medida que a economia crescesse haveria uma crescente demanda na redistribuição de renda, uma vez que estas sociedades experimentariam a ampliação do poder político dos grupos urbanos de baixa renda (ARRAES, 2006).

Em 1970 surgiu a crença de que o crescimento econômico de uma nação estaria diretamente relacionado aos problemas ambientais, ou seja, haveria uma relação positiva entre o crescimento econômico e a degradação do meio ambiente (Fonseca; Ribeiro, 2005). Este pensamento fez com que o estudo de Kuznets seja utilizado como referência para explicar esta relação, denominada de Curva de Kuznets Ambiental (CKA) (TEIXEIRA, 2011). Foi então na década de 1990 que os economistas Grossman e Krueger (1995) tornaram-se pioneiros a trabalhar esta relação com evidências empíricas. Seu artigo mostra as consequências da redução das barreiras comerciais sobre a degradação ambiental. Baseando-se na qualidade do ar, além do CO2, foi coletado dados de concentração de dióxido de enxofre, matéria escura e partículas em suspenção de 42 países afim de mensurar o impacto da degradação.

Aplicando como variáveis explicativas o PIB *per capita*, a densidade populacional, as diferentes áreas dos países e a intensidade do comércio foi possível evidenciar que a concentração de poluentes aumenta com níveis de renda baixos, e reduz com níveis mais altos, salientando a hipótese de Kuznets de U-invertido entre emissão de poluentes e os níveis de riqueza dos países (GROSSMAN, 1995; CARVALHO, 2010; MOREL, 2016).

Figura 2 - CKA, Hipótese do "U" Invertido



Fonte: http://www.revistaespacios.com

No ano de 1992 Shafik e Bandyopadhyay, produziram um artigo com dados de 149 países em um período de 40 anos utilizando dez indicadores de qualidade ambiental com o propósito de testar o CKA. Os resultados não foram uniformes, devido as diferentes naturezas dos indicadores. Contudo, os indicadores de poluição como qualidade de ar e água, confirmaram a hipótese da CKA (CARVALHO, 2010; TEIXEIRA, 2011; MOREL, 2016).

No Brasil, a maioria dos estudos utilizam como indicador de degradação ambiental o desmatamento na Amazônia legal. Barros (2000), Caldas (2003) e Prates (2008), correlacionam variáveis de renda, nível educacional, crescimento populacional e outras variáveis relacionadas ao setor agrário como consumo, investimento e produtividade, para testar a CKA (PEREIRA, 2016). Cunha (2008) segue o mesmo raciocínio do trabalho de Grossman e Krueger (1995), e utilizando-se da estimação por Mínimos Quadrados Ordinários para uma série estocástica nos períodos de 1980 a 2004, chegou ao resultado de que há um aumento proporcional entre a renda e a emissão de CO2, ou seja, seu trabalho chegou ao resultado de que o aumento de 1%

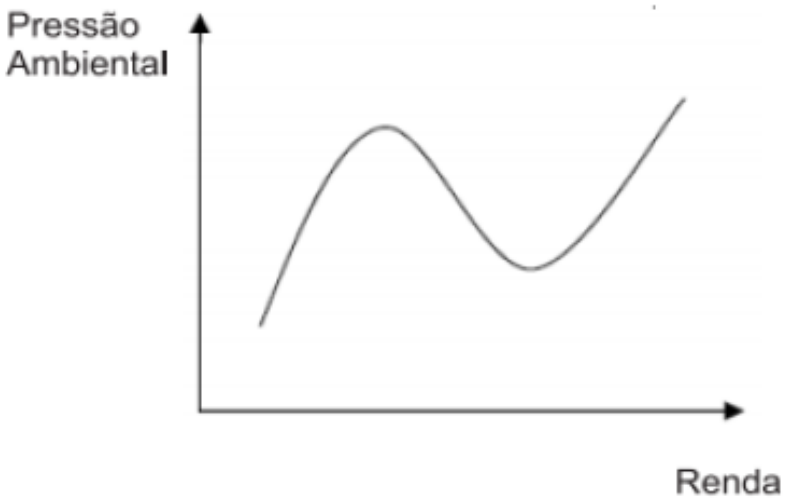
da renda *per capita* gera um aumento de 1,68% da emissão de CO2 (SERRANO, 2014). Indo além, Fonseca e Ribeiro (2005) diferenciaram-se ao estimarem o CKA para os estados brasileiros utilizando como variável dependente um indicador direto de preservação ambiental, fugindo dos testes usuais que utilizavam medidas de poluição. Sendo assim, mantendo as rendas *per capita* e acrescentando algumas variáveis de controle como variável independente, os autores chegaram ao resultado de que a renda juntamente com as variáveis de controles que refletem na escolaridade da população de cada estado alcançam uma relação positiva entre o crescimento econômico e a proteção ambiental de um país, e comprovou que sociedades rurais interagem mais com a manipulação de recursos naturais enquanto na indústria são demandadas por qualidade da água, som e ar (CARVALHO, 2010; SERRANO, 2014).

No artigo de 1991, Grossman e Krueger supõe que a caracterização da curva viria de 3 efeitos principais. O primeiro é um efeito escala, responsável pela parte ascendente da curva, em que países de baixo nível industrial priorizam a melhoria do nível de emprego e de renda a um investimento ambiental. Por segundo um efeito tecnológico, uma vez que a modernização estaria atrelada a uma otimização do nível de produto e uma minimização na degradação ambiental. O terceiro efeito é a composição, que está relacionada com mudanças estruturais da própria economia, em que há maior demanda por serviços e melhor qualidade ambiental e governos mais proativos na defesa do meio ambiente (TEIXEIRA, 2011).

De uma maneira geral, as explicações sobre a caracterização ascendente da curva se assemelham. Kenneth Arrow (1995) descreve o processo como um progresso natural do desenvolvimento econômico, marcado pela transição da economia agraria “limpa” para uma economia industrial “poluída” e em seguida uma economia de serviços “limpos”. Contudo, a caracterização descendente da curva apresenta diferentes explicações, para Suri; Chapman, 1998, ela seria o mecanismo das economias desenvolvidas exportarem o processo de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas. Beckerman (1992) defende que a qualidade ambiental é dada através da riqueza do país. Outros economistas como Selden e Song (1994) e Shafik e Bandyopadhyay (1992) defendem que o processo é caracterizado pela maturação da sociedade e da infraestrutura industrial, sendo assim, uma vez atendida as atividades básicas, o setor voltado a preservação ambiental e dos recursos naturais seria priorizado e por fim não haveria relação entre degradação ambiental e crescimento econômico (TEIXEIRA, 2011; MOREL, 2016).

De Bruyn et al. (1998) seguiu uma outra vertente e apresentou uma teoria diferente, para ele o CKA em formato de “U” invertido era uma característica de um estágio inicial que não se sustentava no longo prazo. Sendo assim, após um determinado nível de renda a trajetória voltaria a ascender em um novo ponto de inflexão, assimilando-se a um “N” o que indicaria que em altos níveis de crescimento a degradação do ambiente voltaria a aumentar (TEIXEIRA, 2011; MOREL, 2016).

Figura 3 - CKA, Hipótese de "N"



Fonte: http://www.scielo.br/

Já a hipótese dos paraísos de poluição apresenta uma solução contrária ao CKA, esta hipótese prevê países desenvolvidos optam em deslocar suas indústrias de maior nível poluidor para países de baixa renda. Uma vez que esses países apresentam políticas ambientas menos severas. É o caso de industrias manufatureiras de base como o aço e produtos químicos. Alguns países em desenvolvimento utilizam-se desta manobra a fim de reforçar suas taxas de crescimento econômico e tendem a atrair essas empresas poluidoras com promessas de baixa regulamentação ambiental. Ou seja, para esses países, o custo benefício de deslocamento da indústria poluidora é maior do um aumento tecnológico, uma vez que a medida em que as rendas de um país aumentam, aumenta também a rigidez das regulações ambientais. De acordo com Cole (2004) isso motivaria uma significativa transferência de atividades econômicas poluidoras para as economias periféricas, logo a elasticidade-renda por produtos manufaturados, em particular

aqueles intensivos em poluição, deverá ser negativa quando se atinge um alto nível de renda (SERRANO, 2014).

Em características gerais pode-se observar que a maioria dos estudos evidenciam que em estágios iniciais do processo de desenvolvimento econômico do país a sociedade opta por um aumento de renda e emprego ainda que para que isso ocorra haverá um aumento do nível de poluição e emissão de resíduos. Esse aumento de poluição em geral é consequência de uma intensiva atividade produtiva industrial, que demandará de grandes quantidades de insumo gerando altos níveis de poluição (SERRANO, 2014). O ponto de inflexão da curva CKA varia entre cada país, fatores como a desigualdade social e níveis de pobreza podem alterar o tamanho da curva, ou seja, uma população de baixa renda prefere demandar um maior nível de poluição a fim de satisfazer suas necessidades básicas de sobrevivência antes de se preocupar com fatores ambientais, enquanto um país de alta renda já teria essas necessidades atendidas. Contudo, com um crescimento da renda há dois fatores com capacidade de reduzir o nível de poluição, sendo elas a tecnologia e a composição. Uma vez que um desenvolvimento tecnológico na indústria permite o incremento de equipamentos mais modernos, a diminuição do uso de recursos, a quantidade poluição e resíduos gerados, atrelado a um aumento na conscientização e educação ambiental da sociedade e de instituições regulatórias mais competentes que implementem políticas de proteção ambiental eficientes.

2.2. REVISÃO DE LITERATURA EMPIRICA

Como visto anteriormente, os pioneiros do estudo do CKA foram os economistas Grossman e Krueger (1995) e através de um estudo em dados em painel coletaram dados da concentração de CO2, SO2 e SPM de 52 cidades em 42 países nos períodos de 1977, 1982, 1988. Aplicaram como variáveis explicativas o *PIB per capita* (quadrático e cúbico), além de *dummys* de densidade populacional, tendência de tempo e a intensidade do comércio a fim de mostrar as consequências da redução das barreiras comerciais sobre a degradação ambiental. Sendo assim foi possível evidenciar que a concentração de poluentes aumenta com níveis de renda baixos, e reduz com níveis mais altos, salientando a hipótese de Kuznets de U-invertido entre

emissão de poluentes e os níveis de riqueza dos países, os resultados do trabalho demonstram que o ponto de inflexão está em níveis de renda entre US$4.000 a US$5.000 (GROSSMAN, 1995; CARVALHO, 2010; TEIXEIRA, 2011).

Ainda na mesma linha de raciocínio, Shafik e Bandyopadhyay (1992), também se utilizaram de uma série em dados em painel com dados de 149 países no período de 1960 a 1990 onde utilizaram-se dos indicadores de qualidade ambiental; Ausência de água limpa, de saneamento urbano, SPM, óxido de enxofre, mudanças nas áreas florestais, oxigênio dissolvido em rios, coliformes fecais em rios, resíduos municipais *per capita* e emissões de carbono *per capita*. Juntamente com as *dummys* de densidade populacional, tendência de tempo e a intensidade do comércio. Embora os resultados tenham sido variados os indicadores de poluição como qualidade de ar e água, confirmaram a hipótese da CKA com pontos de inflexão da ordem de US$3.000 a US$4.000. Algumas variáveis como abastecimento de água potável e saneamento básico tiveram uma relação negativa com o nível de renda, do contrário, emissão de carbono e produção de lixo revelaram uma relação positiva (ARRAES, 2006; CARVALHO, 2010).

Outros autores como Selden e Song (1994), Kaufmann *et al.* (1998) e Stern (2002) também se utilizaram das séries em painel a fim de estudar as emissões e concentrações de SO2 em mais de 20 países, em um período que variou entre 1973 a 1990, respectivamente foram utilizadas outras variáveis como a densidade populacional, as exportações/PIB e progresso tecnológico. Contudo, no geral, todos conseguiram provar a hipótese do “U” invertido da teoria do CKA com pontos de inflexões que variam de $8.709 a $14.730 (STERN, 2001; CARVALHO, 2010; AVILA, 2011). Já o economista Panayotou (1993) utilizou-se do modelo cross-section e fez um levantamento de 68 países no período de 1987 a 1988 a fim de calcular a relação das emissões de SO2, NOx, SPM, e desflorestamento, alcançando o resultado favorável ao CKA e pontos de inflexões nos valores de $3.000 para SO2, $5.500 para NOx e em torno de $ 4.500 para SPM (CARVALHO, 2010).

No Brasil, autores como Lucena, fizeram o estudo das emissões de CO2 em série temporal para os períodos de 1970 a 2003 onde não encontrou resultados favoráveis ao CKA (LUCENA, 2005). Para estudos em painel de dados temos Fonseca e Ribeiro (2005) que utilizaram variáveis de preservação da natureza para os estados brasileiros nos anos de 1985, 1990, 1995 e 2000 e encontraram diferentes relações entre a poluição e o crescimento econômico dependendo do tipo de poluente,

do tamanho da amostra e da forma funcional utilizada. Gomes e Braga (2008) calcularam a relação com a taxa de desmatamento nos anos de 1990 a 2004 e concluíram que para renda inferior a 6 mil reais a estimação da função cúbica apresenta evidência estatística favoráveis a teoria do CKA, mas para valores acima de 6 mil reais observa-se uma tendência crescente do desmatamento (AVILA, 2011). E Santos *et al.* (2008) relacionou a área de desmatamento de 792 municípios da Amazônica Legal entre os anos de 2000 a 2004, chegando a um resultado totalmente favorável a teoria, aceitando a hipótese da existência de relação entre a renda e o desmatamento (CARVALHO, 2010; AVILA, 2011).

2.1. TEORIA NEOCLASSICA POLUIÇÃO

Em estudos econômicos primários não se reconhecia a interferência da poluição ambiental no mercado produtivo, este era estudado como se os insumos e energias fossem inesgotáveis, a produção fosse inteiramente convertida em produto sem deixar resíduos e o consumo fosse total e desaparece inteiramente (MUELLER, 2007). A teoria Neoclássica iniciou seus estudos de problemas ambientais visados na escassez dos recursos naturais, o esgotamento de fontes naturais como o petróleo e os insumos de produção predominaram os estudos da teoria econômica ambiental. Em 1970 o choque do petróleo causou euforia na economia mundial com o fato de uma possível escassez generalizada da principal fonte de energia produtiva pudesse impor sérias restrições a expansão econômica. Por outro lado, em meados dos anos 80, dá-se iniciou aos problemas causados pela poluição e degradação caracterizados pelo sistema econômico, onde os resíduos de produção pudessem interferir no bem-estar da sociedade (MUELLER, 2007).

Pigou em 1932 denominou o elemento de poluição ambiental como “externalidade” e na década de 1960 se tornará evidente que externalidades ambientais são parte normal e inevitável dos processos econômicos. Ayres e Kneese, (1969, p. 284) definiram os insumos como as matérias-primas, os combustíveis e os alimentos de um sistema econômico, que por sua vez, parte deles são convertidos em bens finais e a outra parte se torna resíduos e rejeitos. Desta forma, os bens que foram consumidos fornecem apenas certos serviços, contudo sua substância material

permanece a existir e caso não sejam reaproveitados serão descartados no meio ambiente. No entanto, em uma economia fechada, onde não há importações ou exportações e que não haja acumulo de estoque, a quantidade de resíduo agregado ao meio ambiente é próxima ao peso dos combustíveis primários, matérias-primas e alimentos que integraram o sistema produtivo, adicionando ainda o oxigênio retirado da atmosfera. A partir deste momento os estudos econômicos incorporaram a poluição como uma variável na equação de produção e baseado no modelo de equilíbrio geral a teoria neoclássica busca mensurar os impactos das externalidades da produção sobre o bem-estar dos indivíduos. (MUELLER, 2007).

Baseando-se em um sistema simples de trocas, a teoria do economista Léon Walras tem por objetivo demonstrar o comportamento individual dos agentes econômicos que operam em mercados de bens e serviços e de fatores de produção, cada um esforça-se para maximizar seu nível de satisfação e bem-estar ou seu lucro, conduzindo o sistema econômico a uma conjuntura de equilíbrio geral eficiente. Levando em consideração que os agentes econômicos, ou consumidores, correspondem a demanda, e a indústria representa a oferta de bens e serviços. A teoria tem como princípio a concorrência perfeita, ou seja, ausência de monopólio, a livre concorrência e a não existência de externalidade, a fim de resultar o nível de satisfação e utilidade do indivíduo. Contudo, a essência da teoria da poluição se dá quando a condição de não existência de externalidade é descumprida. Em geral, externalidade pode ser classificada como o efeito que a ação de um indivíduo irá causar a um terceiro indivíduo. No caso de poluição, o indivíduo gerador impõe, em sua maioria de forma involuntária, um custo a outros indivíduos. Uma indústria que emite CO2 na atmosfera sem um tratamento específico pode provocar doenças respiratórias nos indivíduos que convivem ao redor desta indústria, além de toda uma alteração ambiental em relação a clima do ambiente, e quanto maior o nível de emissão de poluente desta indústria, maiores serão os custos externos que ela provoca aos agentes econômicos. Modelos de equilíbrio geral que estudam as externalidades de poluição evidenciam que ela afeta o funcionamento do livre mercado não conduzindo a eficiência da economia (MUELLER, 2007).

Sendo assim, os estudos neoclássicos têm por objetivo determinar a solução pareto-eficiente para o modelo, ou seja, encontrar o nível ótimo de poluição, maximizando a utilidade dos agentes econômicos e minimizando os custos da externalidade. Dada que a poluição gerada pela indústria é considera um insumo no

processo produtivo, e que em *ceteris paribus* a emissão de poluição é diretamente proporcional a produção, ou seja, um aumento da poluição irá gera um aumento de mesma proporção na produção. E que, em caráter de bem público, para a indústria não há custo de emitir a fumaça, o que cria um estimulo ao aumento de poluição e obriga aos agentes econômicos a consumirem mais poluição do que em seu nível ótimo natural. Faz-se necessário atribuir um preço a está externalidade. Sendo assim, a solução seria introduzir um imposto por unidade de poluição capaz de onerar a indústria que emite poluição e obrigando a indústria arcar com partes dos custos desta emissão de poluente (MUELLER, 2007).

3. METODOLOGIA

Tomando como base o trabalho realizado por Grossman e Krueger (1991), o presente trabalho irá se utilizar do modelo de Vetores Auto Regressivos (VAR) para uma série estocástica, com objetivo de estimar a teoria de Kuznets sobre o “U” invertido e sua relação entre a expansão do setor industrial e o aumento na renda para o estado do Rio Grande do Sul. Para isso, foram utilizados como variável de degradação ambiental, os dados de CO2 industrial coletados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) para os períodos trimestrais de 1994 a 2012, concomitante com os dados do PIB através do Fundação de Economia e Estatística (FEE) como variável de crescimento econômico.

Tabela 1 - Série de Dados

ano	CO2 TOT (em ton)	PIB TOT (em mil R$)
1994	15,589,388	567,336
1995	15,303,760	611,218
1996	14,170,900	676,079
1997	15,121,686	700,175
1998	15,524,153	743,259
1999	15,791,930	753,812
2000	22,409,105	745,876
2001	22,196,691	721,731
2002	57,035,770	679,243
2003	64,890,637	659,530
2004	66,005,088	613,387
2005	64,720,467	557,906
2006	65,255,979	567,971
2007	66,221,061	626,654
2008	70,592,068	751,904
2009	51,556,507	722,593
2010	51,485,761	775,410
2011	44,291,850	793,448
2012	46,558,369	811,666

Fonte: Elaborado pelo Autor

O uso da metodologia do VAR possibilita analisar as relações dinâmicas entre variáveis endógenas de uma estrutura econômica, sem definir a ordem de determinação e causalidade. Esta metodologia foi apresentada por Christopher Sims (1980), seus estudos contribuíram para fazer com que os modelos de equações

simultâneas se tornassem propícios a analisar as relações entre as variáveis macroeconômicas e seus efeitos gerados por “choques” que ocasionam ciclos na economia, ou seja, estes modelos são capazes de analisar a relativa importância de cada inovação sobre as variáveis do sistema macroeconômico, sendo assim possibilitando uma maior compreensão de como as variáveis macroeconômicas reagem a estes “choques” simultaneamente. Propõe-se ainda que a aplicação do modelo VAR ocorra com o intuito de três efeitos: ajuste de modelos realísticos para processos econômicos; mensurar a relação entre a emissão de CO2 e a renda no tempo e estimativa (MACHADO, 2016).

De uma forma estrutural o modelo de vetor autoregressivo é explicado por Bueno (2011) da seguinte forma:

$$AX_t = B_0 + B_1 y_{t-1} + \cdots + B_p y_{t-p} + B\varepsilon_t \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

AX_t; vetor aleatório, K x 1

B_0; vetor constante, K x 1

B_1 e B_p; matrizes K x M

y_t; vetor de variável exógena, M x 1

B; matrizes K x K de desvios-padrões

ε_t; vetor dos distúrbios aleatórios do modelo, K x 1

É importante salientar que o modelo respeita as seguintes hipóteses:

a) Y_t contém somente séries estacionarias

b) ε_t são perturbações que assumem o comportamento de ruído branco (normais e não correlacionados)

c) a covariância das perturbações aleatórias é nula

Para o presente trabalho utiliza série temporal o estado do Rio Grande do Sul para o período de 2002 a 2016 que serão aplicados trimestralmente, a equação será descrita por;

$$CO2_{it} = \beta_0 PIB_{it} + \beta_1 PIB_{it}^2 + \beta_2 PIB_{it}^3 + \varepsilon_{it} \qquad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

CO2; emissão de gás carbono

PIB; produto interno bruto

3.1. ESTACIONARIEDADE DA SÉRIE

Para que um processo estocástico seja considerado estacionário é necessário que todas as características do comportamento do processo não sejam alteradas no tempo, ou seja, se ao dividirmos em intervalos de tempo suas várias seções do processo devem exibir as mesmas propriedades estatísticas (EISENCRAFT, 2010). De acordo com Enders (2010), a estacionariedade de um processo estocástico pode ser visualmente verificada através do seu correlograma e testada através de testes de raiz unitária. Isto é, a variância não condicional de um processo auto regressivo AR (1) é expresso da seguinte maneira:

$$var(y_t) = \frac{1}{1-\phi^2} \qquad \text{Eq. (3)}$$

Se o valor de $\emptyset$=1 a série será não estacionária, uma vez que a variância terá um valor muito alto. Esse resultado traz instabilidade ao modelo, dado que a variância é a dispersão dos dados em torno de sua média. Sendo assim, paga garantir maior confiabilidade ao modelo realiza-se o teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF), um teste de raiz unitária que utiliza as variáveis autorregressivas.

De acordo com Bueno (2011), o teste ADF utiliza-se da hipótese nula (H_0) da série ser não-estacionária e a hipótese alternativa (H_1) de apresentar estacionariedade, apresenta da seguinte forma:

$$\nabla y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i \nabla y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad \text{Eq. (4)}$$

Onde, ∇y_t é a série diferenciada da variável de interesse, α é o intercepto da regressão, β_t é um parâmetro de tendência, γ representa $\rho - 1$, ε_t é um parâmetro residual e $\sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i \nabla\gamma_{t-1}$, como explica Bueno (2011), representa as “k” defasagens necessárias para que o resíduo tenha aspectos de ruído branco.

O teste Dickey e Fuller (1979) consideram o erro como um ruído branco, já o ADF se difere do teste DF por considerar o erro como um processo estacionário qualquer e matematicamente é acrescentado os termos de defasagem (k) a fim de corrigir possíveis problemas de correlação serial tal como demonstrado por Wooldridge (2014). É importante salienta os testes são feitos com e sem presença de constante (α) e tendência (β_t). Dos testes que apresentarem estacionaridade será adotado o formato com o menor critério de informação pelas medidas de Akaike (AIC), Bayesiano (BIC) e Hanna-Quinn (HQC).

3.2. TESTE DE COINTEGRAÇÃO

A fim de estimar uma possível relação de longo ou curto prazo entre as variáveis foi utilizado o teste de cointegração de Johansen. Bueno (2011) apresenta a estimação de um Vetor Autoregressivo (VAR) com o propósito de verificar a presença desses vetores de cointegração. Portanto, o teste procura determinar o posto da matriz φ do seguinte modelo VAR com correção de erro:

$$\Delta Y = \varphi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Lambda_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad \text{Eq. (5)}$$

O modelo de correção de erros é assim chamado porque explica ΔY por dois componentes: os fatores de curto prazo, $\sum_{i=1}^{k-1} \Lambda_i \, \Delta Y_{t-1}$ e a relação de longo prazo φY_{t-1}, considerando que haja cointegração. É importante salientar que para a realização do processo é necessário que estejam estabelecidas as defasagens do modelo VAR de acordo com os critérios de informação considerados (AIC, BIC e HQC), concomitantemente em que não gere problema de autocorrelação residual.

Através do teste do traço são assumidas a hipótese nula (H_0) de r* vetores de cointegração e alternativa (H_1) de um posto maior que o atualmente considerado, ou seja, r > r*. Sendo assim o teste é representado por:

$$\lambda_{traço}(r) = -T \sum_{i=r+1}^{n} \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \qquad \text{Eq. (6)}$$

Desta forma é explicado por Bueno (2011) que caso não haja cointegração entre as variáveis a estatística do teste assume valores baixos que não permitem a rejeição da hipótese nula e configuram problemas de estabilidade ou processo de raiz unitária na matriz φ. Concomitantemente que os autovalores encontrados se tornam significativamente diferentes de zero, a estatística passa a acusar valores altos e suficientes para rejeitar a hipótese nula.

A proposta de Johansen ainda propõe o teste do Autovalor Máximo, utilizando-se a hipótese nula (H_0) de r* vetores de cointegração e a hipótese alternativa (H_1) de r*+1 vetores cointegrantes. Bueno (2011) representa a equação da seguinte maneira:

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -Tln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \qquad \text{Eq. (7)}$$

Em ambos os testes, $\hat{\lambda}$ representa o autovalor estimado da matriz φ dos vetores de correção de erro e T representa o tamanho da amostra. Segundo Bueno (2011), Assim como o teste do Traço, o teste do Autovalor Máximo é crescente, pois ao rejeitar a hipótese nula implica a existência de mais um vetor de cointegração. Do contrário, ao não rejeita-la, significa que o número de vetores é o que está sendo considerado, r*. No entanto, o diagnóstico ocorre pela verificação de qual o máximo autovalor capaz de gerar um vetor de cointegração.

3.3. FUNÇÃO IMPULSO-RESPOSTA

A analise da função impulso-resposta no modelo VAR tem como objetivo descobrir a reposta da variável dependente em relação ao choque administrado a uma ou mais equações no sistema. Ou seja, tem por objetivo a analise das respostas de todas variáveis endógenas diante a choques decorridos nos erros padrões delas e de outras variáveis analisadas no modelo. Sua importância é delinear a resposta da variável dependente aos choques nos termos do erro, uma vez que, na grande maioria dos casos não é simples a interpretação dos coeficientes individuais nos modelos estimados (GUJARATI, 2011).

3.4. DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

Com o mesmo intuito de analise do resultado do modelo estimado a decomposição da variância mostra em termos percentuais a variação do erro de previsão para cada variável do modelo ao longo do período de previsão (BUENO, 2011). Em outros termos, identifica-se a porcentagem de responsabilidade que cada variável tem sobre ela mesma ao explicar a variação depois de um choque, classificando a relativa importância de cada variável em se auto determinar e a determinar as outras variáveis do modelo (VARTANIAN, 2010).

4. RESULTADOS

A primeira parte inclui os testes necessários para estimação do modelo VAR. Dentre eles, o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) a fim de encontrar a estacionariedade da série, a seleção de defasagem e a cointegração das variáveis. Na segunda parte da seção serão expostos os resultados em si, através da análise do impulso-resposta e decomposição da variância da previsão.

4.1. TESTES DE DICKEY-FULLER AUMENTADO

Seguindo a premissa para o teste VAR de que as variáveis sigam um processo estacionário será realizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), respeitando a hipótese nula (H_0) de que a série seja não estacionária, e a hipótese alternativa (H_1) da série apresentar estacionariedade. Desta forma a tabela 2 apresenta o resultado do procedimento para a variável CO2 industrial:

Tabela 2 - Teste De Raiz Unitária Para Emissão de CO2 Industrial

Formato	Diferença	p-valor
TESTE S/ CTE	0	0,79500
	1	0,01049
TESTE C/ CTE	0	0,01291
	1	0,09830
TESTE C/ CTE E TENDENCIA	0	1,00000
	1	0,01700

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desta maneira, o teste ADF nos demonstra que a variável em nível, não rejeita a hipótese nula para 1% de significância. Sendo assim, a série permanece no processo de raiz unitária. Portanto é realizada a primeira diferença da variável, também a 1% de significância, o que faz rejeitar a hipótese nula, atingindo a estacionariedade da série. Por sua vez a tabela 3 traz o resultado do teste para a variável PIB:

Tabela 3 - Teste de Raiz Unitária para o PIB

(continuação)

Formato	Diferença	p-valor
TESTE S/ CTE	0	1,0000000
	1	0,0001816
	0	1,0000000

TESTE C/ CTE	1	0,1079000
TESTE C/ CTE	0	0,9666000
E TENDENCIA	1	0,0078940

Fonte: Elaborado pelo Autor

Da mesma maneira, para variável PIB em nível, não há rejeição da hipótese nula de não-estacionariedade da série a 1% de significância. Sendo assim, executa-se o procedimento com a série na primeira diferença, tornando o resultado do teste ADF a rejeitar a hipótese nula, e por sua vez, aceitando a estacionariedade da série a 1% de significância.

Com o intuito de selecionar um melhor formato para as equações autoregressivas, considera-se os critérios de informação de cada teste que atribui a estacionariedade da série. Desta maneira, leva-se em conta as medidas de Akaike (AIC), Bayesiano (BIC) e Hanna-Quinn (HQC). Sendo assim verificado que o menor critério de informação para este formato é “teste com constante” para ambas as séries.

4.2. SELEÇÃO DE DEFASAGEM

Em sequência se faz necessário estabelecer o melhor número de defasagens para a realização do modelo. A análise se dá pelos critérios de informação Akaike (AIC), Bayesiano (BIC) e Hanna-Quinn (HQC). Apesar da recomendação de utilizar o mínimo de defasagens, o resultado do deste de defasagem indica que o modelo VAR se melhor ajusta a 5 defasagens, conforme a tabela 4:

Tabela 4 - Seleção De Defasagem

defasagens	AIC	BIC	HQC
1	-5,692,499	-5,431,753	-5,746,094
2	-5,653,450	-5,218,874	-5,742,775
3	-5,556,212	-4,947,805	-5,681,267
4	-5,652,461	-4,870,224	-5,813,246
5	-14,714270*	-13,758202*	-14,910785*

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3. TESTE DE COINTEGRAÇÃO

A fim da determinação dos vetores de cointegração é usado, para variáveis em nível, o teste de Johansen. Esta ferramenta consiste em subdividir em teste do traço e teste de máximo autovalor na busca do número de vetores cointegrantes a partir do posto da matriz. Desta maneira, os resultados do teste se expõem na tabela 5:

Tabela 5 - Teste do Traço

H0	H1	Autovalor	Teste do Traço	p-valor
r = 0	r > 0	0,99996	132,43	0,0000%
r ≤ 1	r > 1	0,10197	13,982	0,2370%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 6 - Teste do Máximo Autovalor

H0	H1	Autovalor	Teste do Traço	p-valor
r = 0	r = 1	0,99996	131,04	0,0000%
r = 1	r = 2	0,10197	13,982	0,2370%

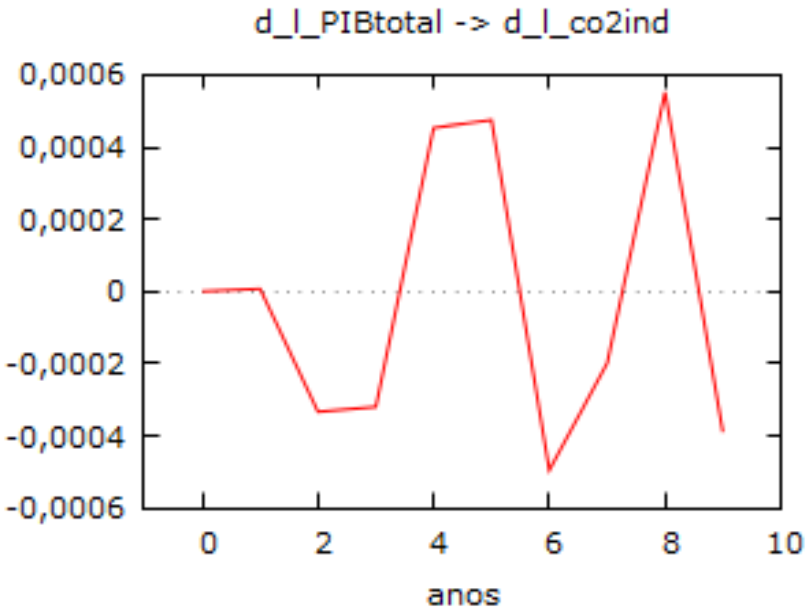
Fonte: Elaborado pelo Autor

O teste do traço aceita a hipótese nula (H_0), ou seja, r = 0, é aceita para 1% de significância. Diferente do que ocorre para a ordem um, onde o p-valor rejeita a hipótese nula de r ≤ 1. Da mesma forma no teste de máximo Autovalor, é observado que hipótese nula para a ordem zero é aceita para o nível de significância de 1%. Em seguida, na ordem um, a hipótese nula é rejeita para r = 1, no mesmo nível de significância. Tais resultados do teste de Johansen admitem que não há presença de vetor de cointegração nas diferenças, que garante segundo Bueno (2011), a existência de uma relação de curto prazo. A análise aponta para um caso de r = 0, visto que as hipóteses nula é significativa, o que permite considerar uma modelagem Vetorial Autoregressivo (VAR) em nível.

4.4. IMPULSO-RESPOSTA

O impulso-resposta tem a finalidade de traduzir como a variável se comporta ao choque sofrido pela outra variável. Neste trabalho, a análise concentra-se na reação da variável da emissão de CO2 industrial frente a um choque do PIB. Graficamente ela é expressa da seguinte maneira:

Gráfico 1 - Impulso Resposta



Fonte: Elaborado pelo Autor

Apesar dos testes que antecedem o modelo VAR apresentarem-se favorável a utilização do modelo, o impulso resposta não apresenta um retorno favorável a teoria do CKA e a hipótese do “U” invertido, demonstrando variações constantes de aumento de diminuição das emissões de CO2 ao passar do tempo.

4.5. DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

Esta analise possibilita interpretar de que maneira um choque aleatório em uma determinada variável afetará, em termos de variância, a ela mesma e a outras variáveis. Desta maneira, a decomposição da variância da previsão busca apontar a importância relativa da emissão de CO2 sobre a o PIB, frente a um choque.

A tabela 7 apresenta esse diagnóstico que indica como a série do PIB é pouco significante para a variável de emissão do CO2 industrial. A análise torna-se mais evidente no último período, onde menos de 1% da variância das emissões de CO2 industrial são explicadas pelo PIB.

Tabela 7 - Decomposição da Variância para emissões de CO2 industrial

Período	l_co2ind	l_pib
1	1,000,000	0,0000
2	1,000,000	0,0000
3	999,947	0,0053
4	999,910	0,0090
5	999,857	0,0143
6	999,914	0,0086
7	999,933	0,0067
8	999,932	0,0068
9	999,953	0,0047
10	999,948	0,0052

Fonte: Elaborado pelo Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dispondo dos preceitos do estudo de Grossman e Krueger, este trabalho utilizou-se do modelo vetor autoregressivo (VAR) a fim de evidenciar a hipótese da CKA, relacionando a emissão de CO2 industrial e o PIB através de uma série estocástica para o estado do Rio Grande do Sul em períodos trimestrais de 1994 a 2012. O modelo VAR possibilitou a análise dos impactos entre variáveis endógenas diante de um choque assim como verificar a relação, mesmo que de curto prazo, entre as variáveis de degradação ambiental e crescimento econômico.

Desta forma, a partir do resultado encontrado pelo impulso-resposta, pode-se concluir que não houve relação com a teoria do CKA e a hipótese do “U” invertido, assim como uma relação não favorável entre a degradação da natureza e o nível de renda, uma vez que o teste de composição da variância evidência que menos de 1% das variações das emissões de CO2 industrial são explicadas pelo PIB. Fatores como o problema de micronumerosidade podem ter afetado o resultado dos testes.

Sendo assim não é concludente o fato de que as atividades industrias são as maiores emissoras de CO2, mas é sabido que para que haja uma diminuição nas emissões de gases poluidores é necessário haver avanços tecnológicos, criação ou fortalecimento de instituições e regulamentações ambientais assim como os efeitos de escala, o livre comércio e mudanças de comportamento dos agentes econômicos que com o aumento do nível de renda demandariam uma melhor qualidade do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 03, p. 525-547, jul/set 2006 – Impressa em setembro 2006.

ÁVILA, Ednilson S. de. Evidências sobre a curva ambiental de Kuznets e convergências das emissões.122p, Ribeirão Preto, 2011. Dissertação de mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto na Universidade de São Paulo.

CARDOSO, Estélio J.; SANTOS, Moacir José dos; CARNIELLO, Monica F. O Processo de urbanização brasileiro. In: As contribuições da ciência para a Sustentabilidade do Planeta. Taubaté – São Paulo, 2011.

CARVALHO, Terciane S.; ALMEIDA, Eduardo. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: Uma Perspectiva Econométrico-Espacial. Est. Econ., são Paulo, v. 40, n. 3, P. 587-615, Julho-setembro 2010.

CARVALHO, Joaquim F. de. Energia e sociedade. Estudos avançados 28 (82), 2014. Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EISENCRAFT, Marcio. EN2609 – Sinais Aleatórios. dezembro 2010. Universidade Federal do ABC. São Paulo.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. Série histórica (dezembro/2017). [online] Disponivel na internet via www.url: <<https://www.fee.rs.gov.br/indicadores/pib-rs/pib-trimestral/serie-historica/>>. Acessado em: 04/11/2018

GROSSMAN, Gene M.;KRUEGER, Alan B. The Quarterly Journal of Economics, The MIT Press, Vol. 110, No. 2, (May, 1995), pp. 353-377.

GUJARATI,Damodar N. Econometria Básica. 5ª ed., ed. Amgh, 2011

JACINTO, Paulo de A.; TEJADA, César Augusto O.; FIGUEIREDO, Erik A. Desigualdade de renda e crescimento econômico para o nordeste do brasil: evidências a partir de modelos semi-paramétricos. Paraíba, 2008.

LINHARES, Fabricio; FERREIRA,Roberto T.; IRFFI, Guilherme D.; MACEDO, Cecília Maria B. A hipótese de Kuznets e mudanças na relação entre desigualdade e crescimento de renda no Brasil. pesquisa e planejamento econômico | ppe | v. 42 | n. 3 | dez. 2012.

LUCENA, André F. P. de. Estimativa de uma curva de Kuznets ambiental aplicada ao uso de energia e suas implicações para as emissões de carbono no Brasil. Rio de Janeiro, 2005. VIII, 124 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc. Planejamento Energético, 2005); Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

MACHADO, Fábio Luiz V. Regressividade tributária: uma análise econométrica dos impactos da tributação direta no índice de pobreza no Brasil, no período 2004-2010. Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande do Sul, 2016.

MOREL, Blanca L. G.; TRIACA, Lívia M.; SOUZA, Osmar Tomaz de. Desenvolvimento econômico e a disposição de resíduos sólidos no Brasil: um teste da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CKA) para os municípios brasileiros . Revista ESPACIOS , Vol. 37 (Nº 17), 2016.

MUELLER, Charles C. Os Economistas E As Relações Entre O Sistema Econômico E O Meio Ambiente. 1ª ed., ed. UNB, 2007

PACHECO, Maria R. P. DOS S.; HELENE, Maria Elisa M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO2. Estudos Avançados, Universidade Federal de São Paulo, 1990.

PEREIRA, Frantiesca C.; MENEZES, Gabrielito R.; FEIJO, Flávio T. Desflorestamento no estado do mato grosso e a expansão da fronteira agrícola: uma análise econométrica. 2016.

SCHERRER, Isabella DE C. Política monetária sob o regime de metas de inflação: estimativa da função de reação do Banco Central do Brasil (2002 – 2015). Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2016.

SEEG Brasil, Banco de dados. Tabela geral de emissões. Disponível em:<< http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>>. Acessado em: 31 de outubro de 2018.

SERRANO, André Luiz M.; LOUREIRO, Paulo R. A.; NOGUEIRA, Jorge M. Evidência da curva de Kuznets ambiental no Brasil: uma análise do crescimento econômico e poluição. Revista Economia e Desenvolvimento, v. 13, n. 2, p. 304-314, 2014.

STERN, David I. Progress on the environmental Kuznets curve? .Environment and Development Economics / Volume null / Issue 02 / Maio de 1998, pp 173 - 196 DOI: null, Publicação online : 30 março 2001. Cambridge University Press.

TEIXEIRA, Rudolph Fabiano A. P.; BERTELLA, Mario Augusto; ALMEIDA, Luciana T. de. Curva de Kuznets Ambiental para o estado do Mato Grosso. Análise Econômica, Porto Alegre, ano 30, n 57, p 313-337, março de 2012.