



CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS: UMA ANÁLISE MACROECONÔMICA ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E IMPACTO AMBIENTAL DE 2005 A 2010

**Luciana Cristina Romeu Sousa¹
David Silva Pereira Sousa²
Ricardo Bruno Nascimento Santos³**

RESUMO

O presente estudo tem o objetivo de analisar, através de uma estrutura de dados em painel, a Curva Ambiental de Kuznets para 51 países com diferentes níveis de desenvolvimento e de cultura no período de 2005 a 2010, tendo como variável dependente a emissão de CO₂ per capita e como variáveis explanatórias o PIB per capita, a expectativa de vida e o percentual de manufatura pelo PIB. Observou-se na pesquisa, que a relação entre o PIB per capita e a emissão de CO₂ per capita apresenta uma Curva Ambiental de Kuznets na forma de N. Os resultados demonstraram a importância da América Latina para a redução de emissão de CO₂ no mundo, além de demonstrar que o PIB per capita constitui a variável explanatória com menor impacto sobre a emissão de CO₂ per capita, e que o impacto ambiental cresce em função do desenvolvimento das economias.

PALAVRAS-CHAVE: Curva Ambiental de Kuznets, Crescimento Econômico, Meio Ambiente e Efeito Estufa.

¹ Economista pela UFPA e Mestra em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia - PPGE/UFPA. E-mail: luci_romeu@yahoo.com.br

² Economista pela UFPA e Mestra em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia - PPGE/UFPA. E-mail: d_sps@hotmail.com

³ Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV – MG). Professor Adjunto I na UFPA. E-mail: ricadobnn@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Em meados dos séculos XIX e XX o fenômeno do aquecimento global começou a chamar a atenção de vários estudiosos, e experimentos como os de Fourier (1824 e 1827), Tyndall (1859 e 1861), Arrhenius (1896) e Callendar (1938) levaram a análise da emissão de CO₂ como principal variável contribuinte para o efeito estufa.

Dessa forma, a pesquisa desenvolvida neste estudo teve como estabelecer as relações de impactos existentes entre emissão de dióxido de carbono (CO₂), com a renda (PIB per capita) de diversas nações – incluindo o Brasil – e com diversos fatores exógenos, ou seja, um estudo da chamada Curva Ambiental de Kuznets (CAK). Este estudo mostra a relação entre o crescimento econômico e a poluição ambiental.

Neste sentido, foi estruturado um modelo de dados em painel, no qual a variável emissão de CO₂ per capita foi a variável dependente, e como variáveis explanatórias foi considerado o PIB per capita, a expectativa de vida e o percentual de manufatura pelo PIB. O estudo foi realizado em 51 países, dentre os quais encontraram-se países desenvolvidos, subdesenvolvidos e em desenvolvimento, além de apresentarem diversidades culturais e religiosas diversas. O período analisado foi de 2005 a 2010, pois apenas para esses anos foi possível encontrar os dados completos para todas as variáveis.

Os resultados obtidos no estudo demonstraram que o crescimento do PIB per capita constituiu a variável explanatória com menor impacto sobre o crescimento da emissão de CO₂ per capita, apesar de termos constatado no ajuste do modelo uma curva ambiental de Kuznets, na forma de N. Constatou-se, ainda, por meio dos resultados obtidos no estudo, que o impacto ambiental cresce em função do desenvolvimento das economias: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e qualidade de vida.

Outro resultado importante obtido foi a importância dos países da América Latina para a contribuição da redução de emissão de CO₂ no mundo, pois neste continente há muitos países com grandes áreas florestadas.

Diante disto, o estudo foi organizado em quatro partes: (i) a discussão sobre economia e meio ambiente; (ii) a metodologia utilizada na pesquisa; (iii) apresentação e análise dos resultados; e (iv) a conclusão do estudo.

2 ECONOMIA E MEIO AMBIENTE

O século XX foi uma época de grandes transformações. A população mundial ultrapassou a marca dos seis bilhões de pessoas, surge o mercado de massa, bem como o estouro da produção para acompanhar e satisfazer às necessidades dos consumidores. Tais fatos resultaram no crescimento econômico¹ realizado de forma “descontrolada”, sem atentar para a questão ambiental, que cada vez mais se manifestava como um problema mundial, desta forma, tornou-se este o caminho para se chegar ao desenvolvimento² (PEATTIE; CHARTER apud BAKER, 2005).

No início do século XXI, as consequências de um “desordenado” crescimento econômico despertaram na sociedade uma preocupação com a utilização exagerada dos recursos naturais. Neste sentido, o desafio do século atual é descobrir processos mais sustentáveis e equitativos de produzir, consumir, lucrar e viver, destacando-se as questões ambientais, que estão sendo reveladas de forma desastrosa pelo meio ambiente.

Neste sentido, o crescimento econômico foi visto por muito tempo como o vilão do meio ambiente, pois os recursos para criação de mercadorias eram e serão sempre provenientes da natureza, tendo em vista que a preocupação das empresas era apenas com a eficiência e produtividade para a geração de lucros, não se importando de que forma os recursos eram extraídos da natureza.

É neste contexto que a questão ambiental passa a se destacar no mundo todo somente a partir da década de 1970, onde os problemas ambientais ganham verdadeiro *status* de problema econômico. A chamada “onda verde” ou “revolução ambiental”, iniciada no final da década de 1960 e início da de 1970, foi motivada por fatores sociais, culturais, histórico, institucional e principalmente econômico, pois a

¹ Considerou-se o crescimento econômico a partir da ótica de Kindleberger. Para ele, o crescimento econômico significa maior produção, como também mais insumos e eficiência, ou seja, aumento na quantidade produzida por unidade de tempo (KINDLEBERGER, 1967).

² Considerou-se o desenvolvimento econômico como o próprio crescimento econômico alinhado com a questão da preservação ambiental.

poluição e a exaustão dos recursos naturais tornaram-se problemas visíveis na estrutura industrial das economias, principalmente a dos países desenvolvidos (DINIZ, 2008). Um dos marcos do despertar da consciência ecológica mundial foi a Conferência sobre a Biosfera, realizada em Paris em 1968.

Em junho de 1972 ocorre a primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo na Suécia, que foi marcada pela discussão sobre as ocorrências de poluição ambiental que colocaram em risco a saúde humana e a sadia qualidade de vida. A partir desta Conferência o setor público e privado, bem como a sociedade em geral, pôde concluir que não existe perspectiva futura de desenvolvimento econômico sem a preocupação em preservar o ambiente, sendo assim, o conceito de desenvolvimento econômico deve estar interligado ao contexto de sustentabilidade, ou seja, a necessidade de manter o meio ambiente e os recursos naturais para que as gerações futuras tenham condições de sobrevivência, sem deixar de satisfazer suas necessidades atuais.

Em 1987 a Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), em seu relatório, cujo título conhecido mundialmente por “Nosso Futuro Comum”, realçou a importância da proteção do ambiente na realização do desenvolvimento sustentável.

Na década de 1990, os discursos sobre o tema voltaram à tona outra vez na Conferência Mundial do Meio Ambiente, no Rio de Janeiro – o chamado Rio 92, nesta Conferência mais uma vez foi debatido normas que procuravam resolver os problemas econômicos e ambientais, destacando-se a edição da Agenda 21³, que foi criada com o objetivo de preparar o mundo para os desafios do próximo século, refletindo um consenso global e um compromisso político.

Em 2002 foi realizada a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – a denominada: Rio+10 em Johannesburgo, na África do Sul, tendo como objetivo principal discutir soluções já propostas na Agenda 21 na Rio 92, para que pudesse ser aplicada de forma coerente não só pelo governo, mas também pelos cidadãos, realizando uma Agenda 21 local, e implementando o que fora discutido em 1992.

No ano de 2012, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD) ou como é conhecida: Rio+20, que marca o

³ A Agenda 21 é um programa de ação, baseado num documento de 40 capítulos, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (ECOLNEWS).

20º aniversário da Rio 92, e o 10º aniversário da Rio+10. Esta conferência teve como principal objetivo garantir o compromisso político internacional para o desenvolvimento sustentável, baseada nos três pilares: econômico, social e ambiental. A Conferência tratou dos seguintes temas: a “economia verde” no contexto da erradicação da pobreza e a estrutura de governança para o desenvolvimento sustentável no âmbito das Nações Unidas.

Abaixo segue elencado um quadro com resumo histórico dos pontos mais relevantes da evolução da preocupação ambiental no mundo:

Quadro 1: Resumo histórico dos pontos mais relevantes da evolução da preocupação ambiental no mundo (1962 – 2012).

Ano	Evento	País
1962	Publicação de "Silent Spring" de Rachel Carson	EUA
Década de 1960	Criação da Agência de Proteção Ambiental (EPA)	EUA
1970	Reunião do Clube de Roma	Itália
1972	Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente	Estocolmo
Década de 1970	Crise do petróleo e do modelo energético vigente	
Décadas de 1970 e 1980	Desastres ambientais como o de Seveso, Bhopale Chernobyl	Itália e Ucrânia
1986	A Câmara Internacional de Comércio (ICC) estabeleceu diretrizes ambientais para a indústria mundial	
1987	Lançamento do manifesto "Nosso Futuro Comum" (Relatório Brundtland) pelo Conselho Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente da ONU	
1991	Publicação da "Carta Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável", pela ICC. E lançamento do documento "Mudando o Rumo: Uma Perspectiva Empresarial Global sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente" pelo BCDS (Business Council on Sustainable Development)	
1991	A ISO (International Organization for Standardization) constitui o Grupo Estratégico Consultivo sobre o meio ambiente (SAGE)	Suíça
1992	Realização da conferência do Rio de Janeiro ECO-92– Cúpula da	Brasil

	Terra	
1996	A norma ISO 14000 é aprovada e publicada como norma internacional	Suíça
1997	Protocolo de Kyoto à Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Kyoto	Japão
2001	Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes em Estocolmo	Estocolmo
2002	Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (também conhecida como Rio+10), em Joanesburgo	África do Sul
2012	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD) ou como é conhecida – Rio+20	Brasil

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Neste sentido, o tema sustentabilidade, ao longo dos últimos anos, tem adquirido notável destaque no meio social e empresarial, em consequência da propagação das problemáticas que envolvem a sociedade e seus efeitos sobre as gerações futuras.

No Brasil, por exemplo, Santos (1998) *apud* PORDEUS et al (s/d), afirma que durante as décadas de 1950 e 1960 o país recebeu incentivos em grande escala para formação de sua indústria nacional, entretanto, não houve nenhuma preocupação adequada com o meio ambiente, conseqüentemente as indústrias geraram uma grande degradação ambiental, levando o Estado a gerar leis referentes a poluição e uso dos recursos naturais, é a partir de então que emerge a preocupação com a problemática ambiental no Brasil⁴. Nas empresas começaram a surgir os gerentes ambientais, com a função de observar a obediência às novas Leis.

A partir da década de 1980 foram criados, no Brasil, vários programas e instituições governamentais para atender a crescente demanda por soluções dos problemas ambientais (LITTLE, 2003):

- I. A criação de órgãos como o IBAMA em 1989;
- II. Implantação do programa Nossa Natureza, também em 1989;

⁴ Essa preocupação se manifesta através da criação da Lei de Proteção a Fauna e o Código de Pesca em 1967.

- III. Estabelecimento do Fundo Nacional do Meio Ambiente como parte do Programa Nacional do Meio Ambiente, em 1990, para financiar projetos ambientais com base nas solicitações das organizações governamentais e não-governamentais;
- IV. O Ministério do Meio Ambiente em 1993, antes Secretaria do Meio Ambiente (criada em 1973).

Diante disso, percebe-se que a importância que o governo do Brasil deu à questão ambiental estava sempre interligada com as problemáticas ambientais mundiais, onde as Conferências realizadas durante todos esses anos tinham como objetivo central discutir soluções para os problemas ambientais que o mundo inteiro tem sofrido.

2.1 O EFEITO ESTUFA

São três os mais importantes gases de absorção da radiação de ondas longas (radiação infravermelha) que se refletem e são absorvidos pelos chamados gases de efeito estufa: o principal é o vapor d'água (H₂O), seguido pelo gás carbônico (CO₂) e por último o metano (CH₄).⁵

O aquecimento global foi percebido já no século XIX e XX, primeiro por Fourier (1824 e 1827), quando comparou o aquecimento da temperatura global com o aquecimento provocado em uma estufa de plantas exposta à luz solar. Após isso, Tyndall (1859 e 1861) provou que gases como o vapor d'água, o CO₂ e o CH₄ absorviam a radiação solar infravermelha e que o vapor d'água e o CO₂ eram os principais responsáveis pela retenção de calor.

Arrhenius em 1896 publicou um estudo que iria introduzir a teoria do efeito estufa, ele verificou que o aumento dos níveis de gases de CO₂ emitidos na atmosfera levaria ao aumento de temperatura da superfície terrestre. No entanto, Wood (1909) contestou ser o CO₂ o principal gás responsável pelo efeito estufa, para ele o provável responsável do aquecimento seria o fato do ar quente da superfície terrestre não se misturar a outras camadas da atmosfera.

Já Callendar (1938) acreditava que a emissão de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera, por meio da queima de combustíveis fósseis nas termelétricas, seria o responsável pelo aumento da temperatura da terra.

⁵ O óxido nítrico (N₂O), o ozônio (O₃) e os compostos de clorofluorcarbono (CFC) também são responsáveis pelo efeito estufa, porém suas influências são bem menores, devido seus baixos níveis de concentração na atmosfera.

Dessa forma, a hipótese referente ao efeito estufa afirma que o aumento da concentração na atmosfera, de gases refletoras de ondas longas provocam o aquecimento global, e tendo em vista que a emissão de CO₂ na atmosfera encontra-se entre os principais absorvedores, será considerado nesse estudo a emissão de CO₂ como a variável dependente do modelo empírico utilizado para estimar a CAK.

2.2 A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS E O PROBLEMA AMBIENTAL

O conceito de Curva Ambiente de Kuznets (CAK) surgiu na década de 1990 com o objetivo de descrever a trajetória de evolução no tempo da poluição de um país, como resultado do desenvolvimento econômico. A CAK é um dos principais instrumentos para se analisar os impactos que o crescimento econômico causa no meio ambiente dos países e do mundo.

De acordo com a concepção da CAK, quando o crescimento econômico ocorre em um país subdesenvolvido, os níveis de poluição tendem a crescer também, em função do crescimento da produção que geram emissões de poluentes no ar, mas isso acontece especialmente porque os países subdesenvolvidos, inicialmente, não priorizam o controle da degradação ambiental, em função de sua pobreza. No entanto, quando o país atinge certo nível de crescimento, a preocupação ambiental do mesmo começa a aumentar, e conseqüentemente, aumenta-se a proteção com o meio ambiente.

Com o crescimento econômico dos países, a sociedade amadurece e a consciência ambiental surge, de forma que agora a sociedade preocupa-se com as conseqüências da degradação ambiental. O estágio final da análise de Kuznets é o desligamento entre crescimento econômico e a pressão ambiental, dessa forma, o crescimento não implicará mais no aumento dos níveis de degradação ambiental, nesse estágio os países já teriam chegado ao desenvolvimento econômico.

Esse processo evolucionário de impacto ambiental dos países é representado por uma função da renda per capita, na forma de “U” invertido, a chamada CAK. A CAK possui dois aspectos: a parte ascendente e a descendente, na primeira parte a curva reflete o processo natural do desenvolvimento econômico, ou seja, a medida que a economia cresce, cresce também a pressão sobre o meio ambiente; a segunda parte da curva reflete o mecanismo pelo qual as economias desenvolvidas exportam processos de produção intensivos em poluição para

economias menos desenvolvidas e ficam com a parte de serviços e de tecnologia da informação, nesse estágio as economias se desenvolveriam em função do crescimento de setores menos intensivos em recursos naturais e poluição. Neste sentido, seriam esses dois aspectos formariam a CAK com formato de “U” invertido.

Entretanto, autores como De Bruyn (1997) e De Bruyn et al. (1998) acreditam que esse modelo de CAK não se sustenta no longo prazo, pois o formato de “U” invertido seria apenas um estágio inicial da curva, pois após certo nível de renda, haveria um novo ponto de inflexão que tornaria a trajetória ascendente novamente, tornando a CAK com um formato similar ao de um “N”, sugerindo que a degradação ambiental voltaria a aumentar em altos níveis de crescimento quando os países já estivessem em estado de desenvolvimento econômico.

Desta forma, a CAK forma a seguinte função polinomial:

$$Y_{it} = \beta_i + \beta_{1i}X_{1i} + \beta_{2i}X_{it}^2 + \beta_{3i}X_{it}^3 + \gamma_{ni}Z_{nit} + \epsilon_{it}, \text{ com } n = 1, 2, 3, \dots, N$$

(1)

onde, Y_{it} é a variável dependente que representa uma medida da condição ambiental, X_{1i} a variável explanatória renda, Z_{nit} é um vetor de fatores explanatórios específicos que influenciam a variável dependente (no caso de um modelo de painel, todas estas variáveis evoluem no país i e/ou no tempo t).

Os parâmetros β_i são os termos interceptos (no caso mais geral, países com características distintas apresentam interceptos distintos), os β_{1i} , β_{2i} e β_{3i} são os coeficientes de inclinação nas variáveis explanatórias caracterizadas pela renda, γ_{ni} é o vetor de coeficiente dos fatores exógenos Z_{nit} , ϵ_{it} o termo de erro estocástico, i é o subscrito que indica um país específico da economia em análise e, finalmente, t o subscrito que indica o ano.

Os sinais dos parâmetros β_{1i} , β_{2i} e β_{3i} na Equação 1 determinam a relação entre degradação da qualidade ambiental (no caso desse estudo, emissão de CO_2) e renda, possibilitando determinar a forma da relação da CAK que pode apresentar vários possíveis resultados, dependendo do desempenho de cada economia. Conforme Li et al. (2007), a CAK pode ser categorizada, essencialmente, nos seguintes tipos: (i) crescimento monotônico, com β_{1i} positivo, e β_{2i} e β_{3i} estatisticamente iguais a zero, (ii) decréscimo monotônico,

com β_{1i} negativo, e β_{2i} e β_{3i} estatisticamente iguais a zero, (iii) curva-U invertida, com β_{1i} positivo, β_{2i} negativo e β_{3i} estatisticamente igual a zero, (iv) curva-U, com β_{1i} negativo, β_{2i} positivo β_{3i} estatisticamente igual a zero, (v) curva N, com β_{1i} positivo, β_{2i} negativo e β_{3i} positivo.

O comportamento da CAK é complexo, pois os efeitos que fazem com a renda interfira nos níveis de poluição pode ser decomposto em: (i) efeito escala da produção, (ii) efeito de composição da produção e (iii) efeitos de níveis tecnológicos usados nos processos produtivos. Grossman e Krueger (1991), argumentam que a pressão sobre o meio ambiente aumenta conforme o aumento da produção (efeito escala de produção), essa maior pressão, entretanto, pode ser anulada pelos outros dois efeitos, o efeito de composição da produção e efeitos de níveis tecnológicos utilizados no processo produtivo.

Diante disso, o presente estudo usou o modelo de CAK para analisar a realidade atual da conjuntura ambiental, utilizando como variável dependente o CO₂ per capita e um conjunto de variáveis explanatórias que integram como indicadores exógenos como: PIB per capita, expectativa de vida e percentual de manufatura pelo PIB, para 51 países, no período de 2005 a 2010, para isso será usado o modelo de dados em painel, afim de buscar respostas e analisar os resultados.

3 METODOLOGIA

Foi executado o modelo de dados em painel para a verificação da viabilidade da CAK através do software Stata. Dados em painel são dados combinados que têm uma dimensão de corte transversal (espacial ou de espécie), e outra temporal, eles proporcionam maior grau de liberdade e, em consequência, mais variabilidade entre as variáveis e menos colinearidade, o que reduz o viés nas estimativas (BALTAGI, 2005).

A equação básica utilizada para a verificação empírica da CAK é especificada na forma seguinte:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_{1i}X_{it} + \beta_{2i}X_{it}^2 + \beta_{3i}X_{it}^3 + \gamma_{ni}Z_{nit} + \epsilon_{it}$$

(2)

onde Y_{it} representa a variável dependente. No modelo da CAK, o impacto ambiental é explicado pelo crescimento econômico e outras variáveis de cunho econômico e social. Portanto, a variável a ser explicada será a missão de CO₂ per capita. A variável explanatória X_{it} é a medição de crescimento econômico, caracterizada pelo PIB per capita e o vetor de variáveis explanatórias Z_{nit} representa outros fatores sociais e econômicos, no caso a expectativa de vida e percentual de manufatura pelo PIB de cada país.

A base de dados foi retirada dos Indicadores de Desenvolvimento Mundial (World Development Indicators, WDI), compilado pelo Banco Mundial (2014). Foram selecionados 51 países⁶, dentre eles, países desenvolvidos, subdesenvolvidos e em desenvolvimento, por todos os continentes com diferentes padrões culturais e religiosos. Foi tomado como intervalo de tempo o período de 2005 a 2010, devido o mesmo possuir informações completas de todos os países e variáveis selecionadas.

As variáveis selecionadas para a pesquisa fazem parte de indicadores ambientais – emissão de CO₂ em milhares de toneladas de CO₂ per capita; econômicos – PIB per capita; industriais – percentual de manufatura pelo PIB; e de saúde – expectativa de vida ao nascer, em média de anos.

3.1 TESTES

O primeiro teste feito para o modelo foi o de heterocedasticidade. A suposição básica na teoria clássica de regressão é a de que as variâncias dos erros sejam homocedásticas, quando isso não ocorre é necessário fazer alguma transformação nos dados, buscando torná-los erros homocedásticos. A heterocedasticidade normalmente ocorre devido à amostra ser de dimensão reduzida.

Dessa forma, a estruturação de um modelo de regressão de painel passa, primeiramente, em diagnosticar se a condição de homoscedasticidade é violada no problema. Como resultado do teste, obtivemos o valor da estatisticidade estimada for muito grande, então, existe heteroscedasticidade.

⁶ Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Peru, Paraguai, Uruguai, Venezuela, México, Áustria, Austrália, Bulgária, China, Chipre, Alemanha, Dinamarca, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grão Betânia, Grécia, Hungria, Israel, Itália, Japão, Lituânia, Luxemburgo, Letônia, Malta, Holanda, Noruega, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia, Eslováquia, Slovenia, Suécia, EUA, África do Sul, Canadá, Arábia Saudita, Índia, Egito, Tailândia, Turquia, Korea do Sul, Hong Kong.

Os testes de significância de heteroscedasticidade são estabelecidos para cada variável incluída no modelo de painel, com a hipótese nula de homoscedasticidade nos resíduos da variável em análise. Aplicamos como critério para rejeição da hipótese nula, a condição $p\text{-valor} < 0,05$. No intuito de corrigir a heteroscedasticidade no modelo foi utilizado a técnica de Mínimos Quadrados Generalizado (Feasible Generalized Least Square, FGLS), por meio da função `xtgls` do STATA.

Tabela 1: Teste de Heteroscedasticidade

CO2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
PIBPC	.0002906	7.29e-06	39.86	0.000	.0002763	.0003049
PIBPC2	-3.08e-09	1.05e-10	-29.48	0.000	-3.29e-09	-2.88e-09
PIBPC3	8.31e-15	3.71e-16	22.40	0.000	7.58e-15	9.04e-15
DAL	-.109839	.0567792	-1.93	0.053	-.2211243	.0014463
EXPEC	.0332216	.0073374	4.53	0.000	.0188406	.0476025
MANUF	.0814017	.0036673	22.20	0.000	.0742139	.0885896
CONS	-2.253.824	.4648752	-4.85	0.000	-3.164.962	-1.342.685

Fonte: Resultados da pesquisa, 2014.

O modelo de efeitos fixos apresenta muitos parâmetros, que são estimados, em função da introdução das variáveis *dummies*, que causa a perda de graus de liberdade, para evitar a perda de graus de liberdade pode ser introduzido o modelo de efeitos aleatórios, ao invés do modelo de efeitos fixos.

No modelo de efeitos aleatórios, as variáveis omitidas irão representar fatores peculiares, tanto para as unidades individuais (grupos) como nos períodos de tempo que fazem com que (Equação 2) assumam comportamento aleatório. Algumas das variáveis irão refletir as diferenças individuais que tendem afetar as observações para alguns indivíduos e ao longo do tempo. Outras variáveis também podem refletir fatores peculiares em períodos de tempo específicos, mas que também afetam as unidades individuais.

Diante disso, uma vez constatada a presença de heteroscedasticidade no modelo, foi feito os testes de efeito fixo e efeito aleatório para verificar qual deles deveria ser considerado para correção do modelo. Segundo os testes aplicados, o

modelo que melhor descreve (com menor nível de erro) o comportamento global da emissão de CO₂ per capita foi o modelo de efeitos aleatórios (constatado através do teste de Hausman).

O teste de Hausman suporta que as estimativas obtidas pelo modelo de efeitos aleatórios são eficientes (ou seja, é um estimador de variância mínima) sob H_0 e inconsistente sob H_1 . Portanto, podemos resumir que o modelo de efeitos aleatórios prevalece sob H_0 , pois se trata de um estimador de variância mínima e sob a hipótese H_1 .

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados do modelo são apresentados na Tabela 2, onde se verificam diferentes interpretações para a comprovação ou não de uma curva de Kuznets. É relevante verificar que todas as variáveis denotam um déficit ou algo negativo para o desenvolvimento sustentável de modo que o sinal positivo da variável PIB e negativo para PIBC², seguido ou não de um sinal positivo para a variável PIBC³, é a evidência necessária para a existência da curva de Kuznets. Nesse caso, é possível evidenciar as variáveis PIB per capita e CO₂, no qual essa última variável é considerada dependente. Todas as demais variáveis apresentaram evidências para a forma de "U" e não "U-invertido", com exceção para a variável expectativa de vida.

Os resultados para dados em painel, para as variáveis selecionadas, confirmam aqueles do modelo *cross-section*, tanto em relação às regressões do modelo com efeito fixo Tabela 2, quanto para o modelo com efeito aleatório Tabela 3. Isto denota que a introdução da dimensão tempo, conduz a uma modificação do CO₂ sendo influenciada pelo PIB *per capita*. Nesse caso, os países sustentam um crescimento e depois um decréscimo com o PIB *per capita* que, ao longo do tempo, faz essa tendência se inverter, tal que se evidencia uma queda e depois um aumento do CO₂ em função do crescimento do PIB *per capita*. Além disso, é possível confirmar com destaque também o comportamento do R² em todas as regressões nos modelos de efeito fixo e efeito aleatório, refletindo na significância das regressões via o teste F, conforme as tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Resultado das Regressões em painel com Efeito Fixo.

CO ₂	Coef.	Std.	Err.	T	P> t	[95% Conf. Interval]
PIBPC	.0000695	.0000229	3.04	0.003	.0000245	.0001145
PIB ²	-1.06e-09	2.88e-10	-3.67	0.000	-1.62e-09	-4.89e-10
PIB ³	3.22e-15	8.87e-16	3.63	0.000	1.47e-15	4.97e-15
DAL						
EXPC	-.0373596	.0569667	-0.66	0.513	-.1495554	.0748361
MANUF	.0813521	.0139798	5.82	0.000	.0538189	.1088854
_CONS	84.695	4.318.454	1.96	0.051	-.0356886	1.697.469

Sigma u	50.397.071
Sigma e	.52009544
Rho	.98946209

Fonte: Resultados da pesquisa, 2014.

Tabela 3: Resultado das Regressões em painel com Efeitos Aleatórios.

CO ₂	Coef.	Std.	Err.	Z	P> z	[95% Conf. Interval]
PIBPC	.0000889	.0000231	3.85	0.000	.0000436	.0001341
PIB ²	-1.17e-09	2.89e-10	-4.05	0.000	-1.74e-09	-6.04e-10
PIB ³	3.41e-15	8.97e-16	3.80	0.000	1.65e-15	5.17e-15
DAL	-5.476.723	1.364.946	-4.01	0.000	-8.151.968	-2.801.479
EXPC	-.0093628	.0526696	-0.18	0.859	-.1125934	.0938678
MANUF	.0801798	.0140642	5.70	0.000	.0526145	.1077451
_CONS	7.074.112	4.027.483	1.76	0.079	-.8196092	1.496.783

Sigma u	36.541.585
Sigma e	.52009544
Rho	.98014447

Fonte: Resultados da pesquisa, 2014.

A inspeção acerca do melhor modelo, se com efeito fixo ou com efeito aleatório, é realizada mediante a aplicação do Teste de Hausman (Tabela 3). Assim, considerando os resultados obtidos do teste para cada variável dependente,

apresentados na Tabela 3, pode-se inferir que o melhor modelo de ajuste é aquele com efeito aleatório para todas as variáveis. Foi verificado que no modelo de efeito aleatório apresentou alto nível de significância para todas as variáveis, com exceção para a variável expectativa de vida.

A variável *dummy*, que representa a America Latina, apresentou alta significância com a relação negativa na emissão de CO₂. De acordo com o coeficiente apresentado na Tabela 3 a America Latina tem contribuído na redução de CO₂ na atmosfera. Tal informação é ratificada por Villanueva (2011) em que é observado alguns fatores que ajudam a diminuição na emissão de CO₂ como: a prevalência de grandes áreas florestais, além de uma frota de veículos automotivos que é menor do que a dos países desenvolvidos.

Entretanto, segundo o Banco Mundial (2013) a região da America Latina tem aumentado a emissão de CO₂ nos últimos anos. O processo de organização industrial, cada vez mais intenso na região e o aumento de práticas extensivas, como as queimadas; ainda tem sido fatores que destacam a preocupação no papel da America Latina na emissão de CO₂.

A curva de Kuznets apresentou o formato de N cíclico. O coeficiente do *PIB*³ foi significativo de acordo com a Tabela 3. E, então, o formato de "U" invertido seria apenas um estágio inicial da relação entre crescimento econômico e pressão ambiental. Após certo nível de renda, haveria um novo ponto de inflexão que tornaria a trajetória ascendente novamente, e o formato da CAK seria similar ao de um "N", no qual sugere que a degradação ambiental voltaria a acompanhar os níveis ascendente do crescimento econômico.

A decomposição dos efeitos (efeito escala, efeito composição e efeito técnico) que regem a relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental, descrita por Grossman e Krueger (1991), é bastante útil para estudar as causas que estão por trás da CAK. É de se esperar que a pressão sobre o meio ambiente aumente conforme haja um aumento de produção, ou seja, acontecendo um efeito de escala entre poluição e crescimento. Essa maior pressão, entretanto, pode ser anulada pelo resultado dos outros dois efeitos. Pode ser que o crescimento econômico se dê primordialmente em setores que poluem menos (efeito composição) ou que os avanços tecnológicos na produção compensem o nível de produto maior (efeito técnico) (GROSSMAN E KRUEGER, 1991; GOMES, 2008).

Portanto, não há motivos, a priori, para a qualidade ambiental piorar com o crescimento econômico. Nos países industrializados, em que a taxa de crescimento econômico é baixa, o efeito escala pode ser compensado pelos outros dois efeitos. Isso não ocorre, porém, nos países em desenvolvimento, onde as taxas de crescimento são mais altas. Nesses países, o efeito técnico e o efeito composição não conseguem se sobressair ao efeito escala (TORRAS; BOYCE, 1998; STERN, 2004).

No entanto, afirmam que a mudança na composição da produção não é suficiente para compensar o efeito escala de forma a criar uma trajetória similar à CAK. Desconsiderando o efeito técnico, isso só seria possível se os setores intensivos em poluição diminuíssem em termos absolutos - o que implicaria que os bens produzidos por eles fossem inferiores (isto é, cuja demanda cai conforme a renda aumenta) - ou se a sua produção fosse substituída por importações. Sendo a primeira opção improvável, o que se observa no efeito composição é apenas o deslocamento das atividades nocivas ao meio ambiente para outros países, em geral, países em desenvolvimento (TORRAS E BOYCE 1998; COLE (2004).

5 CONCLUSÃO

Estruturou-se um modelo de painel de efeitos fixos para simular a CAK, analisando a diferença entre os países na emissão de CO₂, em função de seus desenvolvimentos, medidos em função de um conjunto de variáveis explanatórias, compreendido, além do PIB *per capita*, por: (i) expectativa de vida; (ii) percentual de manufatura pelo PIB.

Pode se concluir que a relação entre crescimento econômico (PIB *per capita*) e poluição ambiental (Emissão de CO₂ *per capita*) se comporta, segundo a previsão da Curva Ambiental de Kuznets na forma de N, ajustando os dados adequadamente para o período considerado (2005-2010) e para os países analisados. O modelo conduziu a uma função cúbica para a CAK, com um único ponto de inflexão, definindo uma região de altos impactos do PIB *per capita* sobre a emissão de CO₂ *per capita*; e uma região de baixa taxa marginal de emissão de CO₂ *per capita*. Esse comportamento demonstra que o nível de emissão de CO₂ *per capita* é crescente, independente do nível do PIB *per capita*, conseqüentemente, não havendo o

turning-point, para o qual os níveis de emissão de poluentes tornam decrescentes para níveis de renda *per capita* maiores, como conjecturados pela curva Ambiental de Kuznets clássica. Assim, não se confirmou o conceito estabelecido pela curva ambiental de Kuznets, no qual a poluição, primeiro, aumenta, e então decresce com o crescimento da renda, o que induz a crença preexistente de que países em desenvolvimento são “muito pobres para serem verdes”.

Em função das conclusões apresentadas anteriormente, imagina-se não haver razão para se acreditar que a melhoria na qualidade ambiental seja algo que ocorra naturalmente, à medida que as nações se tornem mais ricas. No entanto, entende-se que, a partir da prosperidade econômica, a sociedade tende a dedicar-se mais aos aspectos não econômicos como, por exemplo, com uma demanda social de proteção ambiental com base em leis mais severas e efetivas, que por sua vez, afetam a adoção de novas tecnologias. Com o incremento na renda, os países tendem a diminuir a produção de bens intensivos na emissão de poluição e passam a importá-los de países com leis ambientais menos restritivas. Imbuídos nessa idéia de redução de produção de bens intensivos em poluição, os países desenvolvidos têm transferido plantas produtivas, intensivas em poluição para os países menos desenvolvidos. Nesse processo, as políticas públicas sobre questões ambientais de âmbito global tendem a não gerar, de forma igualitária para todas as nações, resultados efetivos na diminuição dos níveis de poluição.

Assim, se imagina que um mecanismo para tornar as políticas ambientais mais eficientes seria considerar os aspectos de políticas regionais e heterogeneidades das economias mundiais, para estabelecer políticas ambientais de nível global que causem resultados mais homogêneos para o conjunto das economias.

Portanto, diante do exposto e de acordo com os resultados obtidos no estudo, é bem possível que o comportamento heterogêneo entre as economias mundiais, no que tange aos níveis de emissão de CO₂, prevaleça por um longo período. Contudo, o crescimento econômico, não é por si só, a solução, apesar de o crescimento econômico ser uma das vias para que as inovações tecnológicas sejam difundidas para todas as economias mundiais. Com isso, as economias poderão apresentar estruturas industriais semelhantes, no que se refere às homogeneidades de tecnologia e dotação dos fatores e, em consequência, haverá homogeneidades relativas aos impactos nos níveis de poluição ambiental.

ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE: A MACROECONOMIC ANALYSIS BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF 2005 TO 2010

ABSTRACT

This study aims to analyze, through a structure of panel data, the Environmental Kuznets Curve for 51 countries with different levels of development and culture in the period 2005-2010, with the dependent variable CO2 emissions per capita and as explanatory variables GDP per capita, life expectancy and the percentage of manufacturing in GDP. It was noted in the survey, that the relationship between GDP per capita and CO2 emissions per capita presents an Environmental Kuznets Curve in the form of N. The results demonstrated the importance of Latin America to reduce CO2 emissions in the world, besides demonstrating that GDP per capita is the explanatory variable with less impact on the CO2 emissions per capita, and that the environmental impact grows with the development of economies.

KEYWORDS: Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Environment and Greenhouse.

REFERÊNCIAS

ARRHENIUS, S., **On the influence of carbonic acid upon the temperature of the ground**. London, Edinburgh and Dublin Philos. Mag. 5th Ser., 41, pp. 237-276, 1896.

BACKER, Paul de. **Gestão Ambiental: a administração verde**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**. 3th ed., John Wiley & Sons, 2005.

BANCO MUNDIAL, **Data The World Bank**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/>>. Acessado em: 13 jan. 2014. Banco de dados do Banco Mundial, 2014.

CALLENDAR, G. S. **The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature**. Quarterly Journ. Royal Meteorol. SOL. 64, p. 223, 1938.

DE BRUYN, S. M., 1997. **Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural Change and International Agreements in Reducing Sulphur Emissions**. Environment and Development Economics 2 (4): 485-503.

_____;VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. **Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves.** Ecological Economics, v. 25, p. 161-175, 1998.

ECOLNEWS. **Agenda 21.** Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/agenda21/>>. Acessado em: 07 de junho de 2012.

FOURIER, J. B. J. **Remarques Générales Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires.** Annales de Chimie et de Physique, Vol. 27, pp. 136–167, 1824.

_____. **MEMOIRE sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires.** Memoires de l'Académie Royale des Sciences, Vol. 7, pp. 569-604, 1827, source: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k32227.image.f808.tableDesMatières.langEN>.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement.** National Bureau of Economic Research Working Papers, Cambridge, n.3914, 1991.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. **Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLVI, 2008. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. Acre, 2008.

KINDLEBERGER, C. P.. International Economics. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, Inc., 1968, p. 82. IN: **O Mito do Desenvolvimento Econômico.** Disponível em: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/lgs-ens/29.htm>. Acessado em: 05 de junho de 2012.

KUZNETS, Simon. **Economic Growth and Income Inequality.** American Economic Review, v.45, p.1-28. 1955.

LITTLE, Paul E. (Org). **Políticas ambientais no Brasil, análises, instrumentos e experiências.** São Paulo: Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2003.

PEATTIE, K.; CHARTER, M. **Marketing Verde.** In: BAKER, Michael J. Administração de marketing: um livro inovador e definitivo para estudantes e profissionais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SANTOS, S. M. **Determinantes de investimentos em capacitação tecnológica nas empresas brasileiras.** Tese (Doutorado em Economia). Recife: PIMES/Universidade Federal de Pernambuco, 1998. PORDEUS, E. C. L.; ALMEIDA NETO, O. C; CRUZ, C. L. R.da. A Variável ambiental como fator competitivo : estudo de caso. João Pessoa , [20--?]. (Mimeo).

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

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

TYNDALL , J. **Note on the Transmission of Radiant Heat through Gaseous Bodies.** Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 10, pp. 37-39, 1859.

_____ **On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, Conduction.-The Bakerian Lecture.** The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 4, Vol. 22, pp. 169-194, 273-285, 1861.

VILLANUEVA, Italo Arbulu. **INTRODUÇÃO VARIÁVEIS institucional a CURVA AMBIENTAL KUZNETS (EKC): A AMÉRICA LATINA ESTUDO.** DESENROLAR DA INTERNACIONAL CONFERÊNCIA CIENTÍFICA ECO-TREND 2011, VII EDIÇÃO , 25-26 novembro de 2011, Targu Jiu, na Roménia, Casa Publisher Academ ica Brâncuși, ISSN 2248 -0889, ISSN 2248-L -0889