

# TRAJETÓRIAS DA QUALIDADE AMBIENTAL E DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL

Márcia J. Diniz  
UFPA  
Marcelo B. Diniz  
UFPA

## Resumo

A motivação deste artigo se baseia na controvérsia existente na literatura recente sobre crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e proteção ambiental, gerada a partir da evidência empírica mostrada inicialmente por Grossman e Krueger (1995, 1996), onde a relação entre PIB *per capita* e emissão de poluentes toma a forma de um U-invertido, denominada na literatura como Curva Ambiental de Kuznets (CAK). Este artigo se distingue por contribuir com a explicação de fatores ligados ao desenvolvimento econômico. Como essa relação tem sido recentemente contestada, muitas interpretações estruturais da CAK têm permanecido fortemente sob o amparo ad hoc. A questão sobre tal fato estilizado é se o crescimento econômico gera por si só uma proteção automática ao meio ambiente, vis a vis ao desenvolvimento sustentável. A partir de dados em painel para países, verifica-se que as variáveis que denotam desenvolvimento sustentável apresentam uma relação fraca com o PIB *per capita*, quanto a sua representação para uma EKC. Há evidências para curvas ambientais com formato cúbico, rejeitando-se assim as EKC originais, além de a maioria dos indicadores de desenvolvimento selecionados apontarem para divergências entre países.

Palavras Chave: Desenvolvimento Sustentável, Curva Ambiental de Kuznets, Países.

## Abstract

The motivation of this article bases on the existent controversy in the recent literature about economic growth, sustainable development and environmental protection, started with the empirical evidences presented by Grossman and Krueger (1995, 1996), where the relationship between per capita GDP and emission of pollutants takes the shape of an inverted-U, denominated in the literature as Environmental Kuznets Curves (EKC). This article differs from others by contributing with further explanation stemming from economic development indicators. Despite being contested by many authors, several structural interpretations of EKC have been strongly sustained under ad hoc shield. The concern about such stylized fact is whether or not the economic growth itself generates an automatic protection to the environment, consequently to the maintainable development. Based upon panel data for countries, it is verified that the variables that denote sustainable economic development present a weak relationship with per capita GDP to support an EKC representation. There are also evidences for environmental curves in cubic format, which means rejection of EKC, besides most of the development indicators pointing out for divergences among countries.

Key Words: Sustainable Economic Development, Environmental Kuznets Curve, Countries.

JEL: Q01, O57, O15

## 1. Introdução

A relação entre crescimento econômico e distribuição da renda pessoal em formato de “U-invertido”, observada inicialmente por Kuznets (1955) para os EUA, Grã-Bretanha e Alemanha, tem sua explicação fundamentada essencialmente no diferencial de rendimentos na transição de uma economia agrícola para uma economia industrial, como reflexo da diferença dos produtos marginais do trabalho entre os dois setores. A idéia básica era que a distribuição de renda tem que ser pensada como uma combinação da distribuição de renda da população rural e urbana, onde esta última, apesar de deter uma renda média mais alta, apresenta maior concentração do que a primeira. Além do mais, quando a renda cresce o diferencial de renda per capita entre as áreas rural e urbana persistiria ou mesmo se alargaria, uma vez que o crescimento da produtividade na área urbana seria maior que na área rural.

Entretanto, Kuznets acreditava que a desigualdade eventualmente seria levada para baixo, por três motivos (Grossman, 2000). Primeiro, por que os indivíduos com altas habilidades seriam também aqueles com altos níveis de renda, de modo que não haveria razão para que seus descendentes tivessem talento o bastante para terem altos ganhos. Segundo, por que a população urbana nova, imigrante vinda da zona rural ou do estrangeiro teria condições de tirar menos vantagem das possibilidades da vida na cidade e, portanto, de se apoderar de uma maior parcela da renda, do que foi possível para a população que imigrou inicialmente. Terceiro, acreditava Kuznets que em sociedades democráticas haveria uma demanda crescente para redistribuição da renda quando a economia cresce, especialmente por que essas sociedades experimentariam o crescimento do poder político dos grupos urbanos de baixa renda.

A despeito da explicação dada por Kuznets ser bem intuitiva e mesmo recorrente para explicação do percurso histórico de alguns países em desenvolvimento, na década de 90 surgiram várias evidências empíricas em contrário ensejando, por sua vez, explicações teóricas que sustentavam formatos da relação entre desigualdade e crescimento diferentes daquela prevista por Kuznets. Apesar dessa controvérsia, também na década de 90, a Curva de Kuznets passou a ser referência para explicar a relação de como a poluição ambiental em suas várias formas evolui em razão do crescimento econômico. O formato da curva é explicado através de dois argumentos. A porção ascendente reflete o progresso natural do desenvolvimento econômico, passando-se de uma economia agrária “limpa” para uma economia industrial “poluída” e para uma economia de serviços “limpos” (Arrow et al, 1995). Enquanto a porção descendente seria o mecanismo de as economias desenvolvidas exportarem processos de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas (Suri; Chapman, 1998). Daí, alguns autores, como Beckerman (1992), defenderem que ao longo do processo de crescimento a melhor, senão a única, maneira para se atingir qualidade ambiental na maioria dos países é tornando-se rico.

Não obstante, da constatação inicial de Grossman e Krueger (1993) para os EUA, recentemente tem-se buscado evidências empíricas sobre se a interação entre crescimento econômico e problemas ambientais guarda uma certa regularidade e exhibe, também, uma relação de “U-invertido” ou Curva Ambiental de Kuznets (CAK) como assim passou a ser denominada. Algumas evidências têm dado suporte à existência da CAK; por exemplo, enquanto Grossman; Krueger (1995), Hilton; Levinson (1998), Khan (1998) sustentam a comprovação do tradicional formato em U-invertido, por outro lado, Jones; Manuelli (1995) se baseiam em modelos de geração superpostas que, dependendo de decisões institucionais o formato da curva poderia ser monotonicamente crescente ou até senoidal. Já Stokey (1998) defende a hipótese da existência, ao longo do crescimento econômico, de um ponto limite a partir do qual somente tecnologias “limpas” são usadas, demonstrando o formato da CAK como V-invertido, sendo o ápice tal ponto limite.

Destarte que o interesse despertado pela Curva de Kuznet Ambiental em estudos “cross-country” ou em dados em painel, esta no fato de seu formato revelar uma tendência a convergência, especialmente dos países em desenvolvimento, a gerar indicadores ambientais similares aos dos países em desenvolvimento, cujas leis e regulamentações ambientais, bem como a consciência ambiental dos seus cidadãos estaria em um patamar muito mais adiantado que esses primeiros. Afinal, se existe um processo de “convergência ambiental” em curso, então, os esforços multilaterais empreendidos, especialmente pela ONU, Banco Mundial, estariam no caminho certo de resolver a “crise ambiental” vislumbrada desde da década de 1980.

No entanto, assim como a relação que lhe deu origem não é plenamente aceita, as explicações teóricas e evidências empíricas entre crescimento e poluição ambiental também estão longe do consenso. A nível teórico, as explicações que sustentam a Curva de Kuznets não poderiam aqui ser aplicadas, sendo especialmente difícil de se explicar sua porção descendente.

Assim, oriundo da discussão dos fatores causais que levam a existência de um relacionamento entre problemas ambientais e crescimento econômico é que este trabalho volta-se para dois objetivos. O primeiro é apresentar para uma análise cross-country, novas evidências empíricas que confirmam a curva de Kuznet ambiental, e o segundo é verificar se essa evidência se replica para outras “variáveis ambientais”, pelo menos do ponto de vista das proposições do desenvolvimento sustentável como: saneamento, abastecimento de água, taxa de mortalidade, expectativa de vida, alfabetização de adultos e dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>. A intenção é verificar diferentes dimensões ambientais e sua forma de relação com o crescimento.

O artigo se encontra dividido em sete seis seções, incluindo esta introdução. A segunda a relação entre “poluição e crescimento”, a terceira discute brevemente o elementos envolvidos no desenvolvimento sustentável e as suas dimensões a serem testadas, a quarta discute o modelo utilizado, a quinta faz referência a base de dados utilizada, a sexta apresenta os resultados empíricos e a sétima verifica o comportamento da dispersão ao longo do tempo de alguns indicadores e a oitava apresenta conclusões.

## **2. Meio Ambiente e Crescimento**

O estudo da relação entre crescimento econômico e meio ambiente não é novo na literatura de crescimento econômico e remonta o final da década de 1960 e início da década de 1970. Por um lado, o impacto do crescimento sobre o meio ambiente foi observado por Mishan (1969), Solow (1972) e Commoner (1972). De outro, a forma como o crescimento econômico se desenvolve considerando diferentes aspectos das limitações impostas pelo meio ambiente, foi discutido por Forster (1973), Gruver (1976) com relação à presença de efeitos ambientais indesejáveis e a consequente introdução do controle da poluição no modelo de crescimento neoclássico; quanto ao efeito da geração de resíduos em D’Arge (1971), D’Arge e Kogiku (1973); e quanto à utilização dos recursos naturais Heal e Dasgupta (1975), Stiglitz (1975), Smith (1976), Anderson (1972) e Kamien Schwartz (1978).

A primeira evidência empírica da existência de uma Curva de Kuznets Ambiental foi apresentada por Grossman e Krueger (1993), os quais mostraram evidências para os EUA de que a poluição do ar urbano teria um ponto de inflexão da renda ao qual os poluentes: material particulado em suspensão (SPM) e dióxido sulfúrico (SO<sub>2</sub>) tornavam-se a partir daquele ponto função decrescente da renda.

De lá para cá, outros estudos empíricos podem ser citados como sustentando a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. Assim, Selden e Song (1993) mostraram usando emissões de poluentes do ar (óxido de nitrogênio – NO<sub>x</sub> e monóxido de carbono – CO) que existe substancial suporte para assegurar a hipótese de “U-invertido”, mesmo considerando

medidas de poluição mais agregadas, em contraponto às medidas concentrações atmosféricas urbanas. Similarmente, Hettige et al (1992) já havia demonstrado resultado similar considerando medidas de emissões tóxicas mais abrangentes. Além desses, outros estudos empíricos como Shafik (1994), Cropper e Griffiths (1994), Hilton e Levinson (1998) podem ser citados para corroborar a hipótese da Curva de Kuznets ambiental. As explicações para essa evidência é que parecem não ser objeto de consenso entre os economistas.

Mais recentemente, Harbaugh et al. (2000), usando a mesma base de Grossman e Krugger (1993), com algumas modificações, chegaram a resultados contraditórios a esses, de forma que evidenciaram que existe pouco suporte empírico para a sustentação da Curva de Kuznets Ambiental.

Apesar dessas evidências empíricas, vale aqui citar a observação de Ros (2000), segundo o qual a Curva de Kuznets é baseada num controverso fenômeno empírico sem uma boa e geralmente aceita explicação teórica. De fato, essa observação, pode em certo grau ser estendida a relação entre crescimento e poluição, desde que também não existe consenso quanto às experiências dos países principalmente em desenvolvimento replicarem a relação côncava da curva de Kuznets, ao mesmo tempo, que as explicações teóricas, conseguem uma boa aceitação para a fase ascendente da curva de Kuznets ambiental, mas não para sua fase descendente, em que pese os fatores causais que a determinem.

Em termos teóricos, Andreoni e Levinson (1998) mostraram que a Curva de Kuznets Ambiental pode ser derivada simplesmente da característica tecnológica do esforço gasto para se diminuir a poluição. Assim, se a produção para diminuir a poluição exibir retornos crescentes de escala, essa seria uma condição suficiente para que economia possa apresentar uma relação entre crescimento e poluição na forma de um “U” invertido.

Em termos mais gerais, pode-se pensar que à medida que os países vão passando de uma fase de uma economia essencialmente agrícola para uma fase de industrialização e modernização da agricultura haveria uma correlação positiva com o aumento da emissão de poluentes. Entretanto, outros fatores são apontados como amortecedores ou compensadores desse processo, tal que a partir de um certo ponto observa-se uma inflexão para baixo dessa relação. Segundo Selden e Song (1994, 1995) esses fatores seriam: i) elasticidade-renda positiva para qualidade ambiental; ii) mudanças na composição da produção e consumo; iii) aumento do nível educacional e consciência ambiental; e iv) sistemas políticos mais abertos. Em suma, segundo esses autores, a trajetória da relação entre desenvolvimento e poluição parece tanto refletir forças de mercado quanto a regulamentação ambiental mais exigente, como nos países de renda alta (países desenvolvidos), mas poderia ser acrescentado o próprio desenvolvimento tecnológico que tem se caracterizado pela utilização de uma menor quantidade insumos por unidade de produto, como também pela adoção de tecnologias cada vez mais “limpas”, em parte, é bem verdade, pela imposição de leis ambientais e exigências do mercado externo.

A relação positiva entre crescimento da renda e poluição é muito intuitiva. Indivíduos com maior renda consomem mais e, portanto, criam proporcionalmente mais poluição; pois geram mais resíduos sólidos *per capita*, mais poluentes atmosféricos, devido a maior utilização de eletro-domésticos, veículos entre outros. Por seu turno, com o crescimento da demanda as firma produzem mais e, conseqüentemente na média, produzem mais poluentes atmosféricos e da água, assim como, uma maior quantidade de resíduos industriais. Entender a fase declinante da curva de Kuznets é que menos intuitiva, a não ser que se aceite a priori que a cada tecnologia nova tem a característica de ser menos poluente. Mas, isto não acontece de forma homogênea em todos setores e em todas as economias. Ou como sugerem Suri e Chapman (1998), as economias avançadas exportariam seus processos de produção intensivos em poluição para os países menos desenvolvidos.

O problema para essa segunda explicação é como observam Andreoni e Levinson (1998): esse processo de melhora ambiental não seria indefinidamente replicável, uma vez que os países mais pobres ao se desenvolverem não poderiam utilizar desse artifício.

Uma explicação alternativa para que os países desenvolvidos possam exibir a fase decrescente da Curva de Kuznets Ambiental foi buscada no campo institucional por Jones e Mannueli (1995). De fato, esses autores mostraram que as instituições tomadoras de decisões na área ambiental, nos países desenvolvidos seriam as responsáveis pela internalização das externalidades ambientais, e, portanto, responsáveis pela diminuição da poluição gerada nesses países. A qualidade dessas instituições poderia, inclusive, gerar um formato contrário que fosse diferenciado do representado pela Curva de Kuznets Ambiental.

Um artigo que busca a conexão entre a evidência empírica e a teoria da mudança tecnológica e crescimento econômico, num contexto do modelo “quality leader” de Grossman e Helpman (1991) é apresentado por Smulder e Bretschger (2001). Nesse artigo, a CKA é explicada em um modelo de crescimento endógeno a partir de três elementos chaves. Primeiro, a mudança tecnológica como capaz de permitir reduções na poluição; segundo, a mudança intra-setorial para acompanhar a introdução de tecnologias redutoras de poluição; terceiro, mudanças técnicas intra-setoriais como decorrentes de mudanças políticas e tomada de consciência ambiental. Nesse contexto, é, então, possível de se distinguir quatro fases na formação da Curva de Kuznets Ambiental. A primeira fase é chamada pelos autores de “fase verde”, no qual a produção usa uma tecnologia geral que não causa poluição. Na segunda fase, entra em ação uma tecnologia geral que permite a produção a um custo de trabalho mais baixo é gradualmente adotada na economia. Esta nova tecnologia é poluidora, mas a poluição causada pelas firmas não é ainda de conhecimento público. Esta fase é denominada pelos autores de “fase de confiança”. A terceira fase se inicia após ter sido revelado, isto é, se tornar de conhecimento público que a nova tecnologia é prejudicial em termos ambientais. Assim, com o crescimento da poluição, começa a fase denominada de “fase de alarme”. Nessa fase o governo começa a taxar a poluição gerada pelas firmas, o que leva a conformação de uma nova tecnologia geral que seja não poluidora. Com a invenção dessa nova tecnologia, se inicia a última fase denominada de “fase limpeza”. Dessa forma, a tecnologia limpa é gradualmente introduzida em diferentes setores da economia e a poluição decresce no curso do tempo. A partir da segunda fase, existem subfases em que a pesquisa é primeiramente utilizada para gerar uma tecnologia nova e depois se desloca para a melhoria da variedade dos produtos existentes.

### **3. Desenvolvimento Sustentável**

A idéia do desenvolvimento sustentável foi originalmente pensada pela União Internacional para a Conservação da Natureza - UICN em 1980, e depois consagrada internacionalmente pelo Relatório “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1986 e Agenda 21 (1992), esse último documento já em caráter mais normativo e multilateral.

Na última década sua difusão e conteúdo, entretanto, deveu-se em grande parte aos esforços do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, Banco Mundial, através do seu Departamento de Meio Ambiente, além de entidades não-governamentais como World Wild Fund – WWF e WorldWatch Institute. Assim a despeito da diversidade e abrangência que esse conceito tomou, inclusive, suscitando diferentes conotações e interpretações, pode-se dizer que ao falar de desenvolvimento sustentável, tem-se em conta, pelo menos dois eixos objetivos fundamentais:

1. Atingir um nível de bem-estar econômico-social adequado e equitativamente distribuído;

2. Utilizar os recursos naturais de maneira a se garantir a integridade ecológica, o que se significa seu uso racional intertemporal.

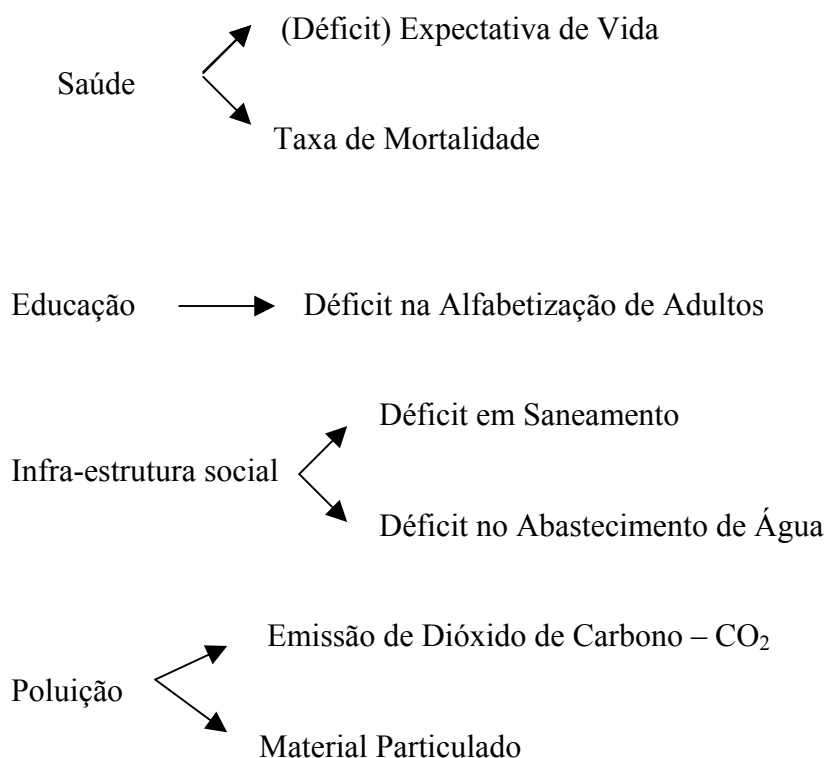
Esses dois eixos podem ser melhor especificados, tal que resultam em três objetivos críticos:

i) Melhoria da qualidade de vida da população, o que significa garantir a satisfação de suas necessidades essenciais como: alimento, energia, água, saneamento básico;

ii) Alcance da equidade social, o que implica garantir iguais oportunidades aos indivíduos de uma sociedade a serviços como educação, saúde, justiça entre outros;

iii) Garantir uma harmonia na exploração do meio natural entre as gerações presente e futura o que significa a adoção de um padrão tecnológico que respeite os limites da sustentabilidade ecológica, tanto com relação ao uso racional dos recursos naturais pelo processo produtivo, como também quanto aos efeitos ambientais gerados por esse processo;

Sob esses objetivos críticos, é que um conjunto de estudos comparativos entre países tem sido realizado, em especial, o Human Development Report, publicado anualmente pelo PNUD, tal que se pode inferir, através de alguns indicadores, entre eles, o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, como os países têm evoluído na direção do desenvolvimento sustentável. Sendo assim, procurou-se verificar como ocorre a relação entre o crescimento, medido pelo Produto Interno Bruto, e seu impacto sobre o desenvolvimento sustentável tomando as seguintes dimensões:



#### 4. Metodologia

A equação básica utilizada para verificação empírica da hipótese de Kuznets original e que foi depois modificada para se testar a curva de Kuznets ambiental é especificada na forma cúbica a seguir:

$$GINI_{ij} = \beta_0 + \beta_1 PIBC_{it} + \beta_2 PIBC_{it}^2 + \beta_3 PIBC_{it}^3 + DR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde,  $GINI$  = coeficiente de Gini;  $PIBC$  = PIB *per capita* expresso na paridade do poder de compra;  $DR$  = *dummy* regional, assumindo o valor “0” para os países da África-Subsahara e valor “1” para os demais;  $i$  e  $t$  referem-se ao país e o tempo, respectivamente;  $j$  denota o indicador de desenvolvimento econômico.

A modificação básica para a inspeção da curva ambiental de Kuznets é feita na variável dependente, que é substituída por um índice ambiental, geralmente uma medida de poluição hídrica ou atmosférica. No caso específico deste estudo, assumem-se várias variáveis dependentes, cada uma relacionada com o desenvolvimento sustentável, seguindo as dimensões apresentadas na seção anterior. A variável independente chave, por seu turno, continua sendo o PIB *per capita*, acrescida da variável *dummy*, onde nesta definição está implícito o pressuposto que a região da África Subsahariana, por ser a região que apresenta o maior número de países com indicadores, inclusive o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, baixos, não teria esses países atingido os estágios mais avançados de proteção ambiental, como discutido em seção anterior.

A especificação na forma linear dos parâmetros permitiria, em primeira instância, o uso do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), tendo como sinais esperados positivo para  $\beta_1$ , negativo para  $\beta_2$  e, caso se confirme a rejeição da hipótese da curva ambiental de Kuznets, positivo para  $\beta_3$ .

A especificação adotada na equação (1) está sujeita ao problema da variável omitida do modelo, que pode trazer severos danos estatísticos às estimativas. Dessa forma, com o intuito de dirimir o possível problema da endogeneidade daí decorrente, uma solução que daria robustez ao modelo seria a utilização de dados em painel.

Na suposição de que as variáveis omitidas variam entre os países, mas não no tempo, o modelo mais adequado a ser adota é o do efeito fixo. Isto significaria que a variável omitida poderia ser tratada como um parâmetro a ser estimado em cada observação *cross-section*.

O modelo do efeito fixo parte do princípio que a variável omitida é não correlacionada com cada uma das variáveis explicativas em todos os períodos. Se isso não ocorre, então qualquer transformação que elimine a variável omitida, irar gerar estimativas deficientes. Todavia, se não existe correlação entre a variável omitida e qualquer das variáveis explicativas do modelo, então a estimação mais adequada é o modelo de efeito aleatório.

#### 4.1 Dados

Com o intuito de introduzir as dimensões ambientais especificadas na seção 3, que vão ao encontro da noção de desenvolvimento sustentável, foram testadas as seguintes variáveis: i) proporção da população sem abastecimento de água, isto é o déficit em seu fornecimento; ii) proporção da população sem acesso à rede sanitária, ou seja, o déficit em seu fornecimento; iii) déficit na expectativa de vida em relação a ideal; iv) déficit na alfabetização de adultos com relação ao ideal; v) emissão de dióxido de carbono per capita – CO<sub>2</sub>; vi) taxa de mortalidade.

As duas primeiras variáveis foram expressas como um déficit, isto é, considerando diretamente à proporção da população do país que não tem acesso àquele indicador desejável de desenvolvimento sustentável. As duas seguintes são definidas considerando a sua condição relativa, quanto à provisão do país com melhor indicador. As demais variáveis: dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, material particulado e taxa de mortalidade, se considerou a variável em termos absolutos, uma vez que ambas são expressas como uma taxa que reduz o bem-estar. Assim, a variável CO<sub>2</sub> descreve o total de toneladas métricas *per capita* emitida pela população residente do país. A variável material particulado é medida em termos de sua concentração, mas também é relativizada pela população, considerando a população média ponderada de todas as cidades do país com a população que excede a 100.000 habitantes. Por fim, a taxa de

mortalidade refere-se ao número de óbitos de crianças entre o nascimento e até completar 1 ano dentre mil nascidos vivos.

A variável expectativa de vida foi calculada a partir do país com a maior expectativa de vida para aquele ano (2000), modelo *cross section*, no caso o Japão, cuja longevidade média da população era de 81 anos. Assim, o déficit dos outros países foi calculado como a diferença à média atingida pelo Japão em termos proporcionais. De maneira semelhante o déficit de alfabetização de adultos, denota a diferença do percentual de adultos alfabetizados do país em relação a 100%.

Com relação à extensão para dados em painel, em todos os anos: 1980, 1985, 1990, 1995 e 2000, o Japão continuou sendo o país de maior longevidade e, portanto, aquele que serviu como base de referência.

Os dados utilizados foram basicamente do Human Development Report do PNUD e World Development Indicators do Banco Mundial, que utiliza como fonte original de informações, além da base de dados gerada por diversos órgãos da ONU, como UNESCO, por exemplo, aqueles disponibilizados pelo próprio Banco Mundial, e outros bancos de dados internacionais como Pen world Table, de Alan Heston e Robert Summers. O ano de referência foi o ano de 2000, com exceção das informações do dióxido de carbono (1998).

## 5. Resultados

### 5.1. Modelo *Cross – Section*

Os resultados do modelo *cross-section* são apresentados na Tabela 1, onde se verificam diferentes interpretações para a comprovação ou não de uma Curva de Kuznets. É importante observar que todas as variáveis denotam um déficit ou algo negativo para o desenvolvimento sustentável de modo que o sinal positivo da variável PIBC e depois negativo para PIBC<sup>2</sup> seguido ou não de um sinal positivo para a variável PIBC<sup>3</sup> é a evidência necessária para a existência da Curva de Kuznets. Isso foi evidenciado apenas para as variáveis Taxa de Mortalidade e CO<sub>2</sub>, esta última variável, entretanto, não significativa. Todas as demais variáveis apresentaram evidências para a forma de “U” e não “U-invertido”.

Observa-se que, a partir do teste Breusch-Pagan/Cook Weisberg (coluna 9 da Tabela 1), verificou-se que somente as equações para a expectativa de vida e déficit de abastecimento de água, apresentavam erros homocedásticos. Assim sendo, no sentido de fazer a correção devida, as demais equações foram reestimadas, considerando erros robustos a heterocedasticidade. Esses são os resultados mostrados na Tabela 1 para as equações: déficit no saneamento, taxa de mortalidade, déficit na taxa de analfabetismo, CO<sub>2</sub> e Material Particulado.

#### 5.1.1 – Correlação das Variáveis

Pode-se perguntar, como as variáveis com relação ao GDP Per Capita apresentam um formato próximo à curva de Kuznets, então, como seria a relação dessas variáveis entre si. Portanto, com o intuito de identificar algum tipo de correlação entre as variáveis dependentes utilizadas, procedeu-se o cálculo da matriz de correlação entre elas.



Tabela 2: Correlação das Variáveis de Desenvolvimento Sustentável

	Alf. Adultos	Mortalidade	Saneamento	Água	CO <sub>2</sub>	Material Particulado	Exp. Vida
Alf. Adultos	1						
Mortalidade	-0,0179	1					
Saneamento	0,0360	0,0365	1				
Água	-0,0366	0,0365	0,0805	1			
CO <sub>2</sub>	-0,0251	0,0693	-0,0139	-0,0614	1		
MP	0,1585	0,3153	-0,0236	0,0921	-0,1001	1	
Exp. Vida	0,8043	-0,256	0,0162	0,0683	-0,0752	0,1348	1

De igual modo, ressalta-se a correlação positiva entre CO<sub>2</sub> *per capita* e material particulado e taxa de mortalidade, como era de se esperar. No mais, destaca-se, também a correlação positiva entre o déficit da provisão de água e de saneamento com a taxa de mortalidade, bem como dessas duas variáveis com a expectativa de vida, e mesmo entre elas mesmas, o que sugere apenas que esses déficits evoluem na mesma direção.

Pode-se inferir desse resultado que os países de baixa renda são aqueles que apresentam os maiores déficits para com o desenvolvimento sustentável seja para qualquer indicador tomado como parâmetro nesse estudo.

## 5.2. Resultados dos modelos em Dados em Painel

Os resultados para dados em painel, para as variáveis selecionadas, confirmam os resultados do modelo *cross-section*, tanto em relação as regressões como modelo com efeito fixo quanto para o modelo com efeito aleatório. Exceção se faça a variável Taxa de mortalidade, que apresentou nesses dois últimos modelos um formato de “U” e não “U–invertido”, ao contrário daquele observado no modelo *cross-section*. Isto denota, que a introdução da dimensão tempo, conduz a uma modificação do efeito do PIB per capita sobre a taxa de mortalidade. Ou seja, os países sustentam um crescimento e depois um decrescimento com o PIB per capita que, com o passar do tempo, essa tendência se inverte, tal que se evidencia uma queda e depois um aumento da taxa de mortalidade em função do crescimento do PIB per capita.

Além disso, destaca-se também o comportamento do R<sup>2</sup> em todas as regressões nos modelos de efeito fixo e efeito aleatório.

TABELA 1: Resultados das Regressões Cross-section

Variável Dependente	Interc.	PIBC	PIBC <sup>2</sup>	PIBC <sup>3</sup>	Dummy	F	R <sup>2</sup>	B-P	N
Saneamento	44,6383*	-0,0066*	3,24E-07*	-5,09E-12	10,9438**	23,5*	0,4417	24,56	115
Exp. de Vida	27,7067*	-0,003157*	1,30E-07*	-1,92E-12	16,7577*	108,6*	0,7340	4,69	157
Alf. de Adultos	36,2321*	-0,0061*	3,57E-07*	-6,43E-12*	14,7676*	46,28*	0,5356	30,42	158
Abast. de Água	33,9381*	-0,0059*	3,58E-07*	-6,66E-12*	14,3783*	33,22*	0,4921	3,95	134
Tx. Mortalidade	44,4206*	0,0420*	-3,14E-07*	9,46E-12*	40,5151*	86,28*	0,6904	31,68	154
CO <sub>2</sub>	-0,7293*	0,00118*	-5,42E-08**	9,58E-13**	-0,851070	41,47*	0,5045	59,48	160
Mat. Particulado	82,7837*	-0,0062*	2,51E-07	-3,34E-12	-2,9949*	8,03	0,1561	15,23	153

Obs: (\*) significante a 1%, (\*\*) significante a 5%.

B-P: teste Breusch-Pagan/Cook Weisberg, que indica homocedasticidade dos erros. O Valor Crítico para (4 g.l.), com nível de significância de 5%, é de 9,4877.

TABELA 3: Resultados das Regressões em Painel com Efeito Fixo

Variável Dependente	Interc.	PIBC	PIBC <sup>2</sup>	PIBC <sup>3</sup>	F	R <sup>2</sup>	N
Saneamento	155,1959 (31,40372)	-0,042432 (0,011344)	2,28E-06 (8,68E-07)	-3,77E-11 (1,80E-11)	5,53	Within 0,1851 Between 0,3744 Overall 0,3992	205
Exp. de Vida	21,8425 (1,19822)	-0,008553 (0,000345)	4,34E-08 (1,95E-08)	-5,70E-13 (3,33E-13)	12,97	Within 0,0233 Between 0,6294 Overall 0,5907	551
Alf. de Adultos	40,19448 (3,6280)	-0,003615 (0,001254)	1,69E-07 (7,76E-08)	-2,17E-12 (1,27E-12)	3,73	Within 0,0360 Between 0,4074 Overall 0,3951	415
Abast. de Água	104,1184 (37,97104)	-0,027719 (0,012862)	1,56E-06 (8,82E-07)	-2,67E-11 (1,79E-11)	1,62	Within 0,0657 Between 0,4962 Overall 0,4790	206
Tx. de Mortalidade	69,7358 (3,721077)	-0,004805 (0,0011)	1,82E-17 (6,51E-08)	-2,19E-12 (1,15E-12)	10,31	Within 0,0501 Between 0,6420 Overall 0,6074	752
CO <sub>2</sub>	1,366977 (0,830435)	0,00077 (0,00024)	-3,08E-08 (1,31E-08)	3,84E-13 (2,18E-13)	5,03	Within 0,0379 Between 0,4852 Overall 0,4517	536

Obs: Os termos em parênteses referem-se às estatísticas t;

Os períodos se referem aos anos de 1990 e 2000 para as variáveis déficit de água e déficit de saneamento; 1980, 1990, 1995 e 2000 para as variáveis CO<sub>2</sub>, déficit de expectativa de vida e taxa de mortalidade e 1980, 1990, 1995, 2000 e 2002 para a variável déficit na alfabetização.

TABELA 4: Resultados das Regressões em Painel com Efeito Aleatório

Variável Dependente	Interc.	PIBC	PIBC <sup>2</sup>	PIBC <sup>3</sup>	Dummy	$\chi^2$	R <sup>2</sup>	N
Déficit de Saneamento	52,58004 (5,78982)	-0,00862 (0,00204)	4,68E-07 (1,80E-07)	-8,10E-12 (4,35E-12)	6,76268 (5,15816)	58,63	Within 0,1781 Between 0,3890 Overall 0,4036	205
Déficit Exp. de Vida	23,40637 (1,08606)	-0,002347 (0,00026)	9,93E-08 (1,68E-08)	-1,25E-12 (3,01E-13)	18,58262 (1,27677)	619,44	Within 0,0148 Between 0,8162 Overall 0,7979	551
Déficit Alfab. de Adultos	39,10624 (3,41820)	-0,005468 (0,00092)	2,84E-07 (6,39E-08)	-3,93E-12 (1,10E-12)	19,91485	119,20	Within 0,0345 Between 0,4994 Overall 0,4700	415
Déficit Abast. de Água	38,47516 (3,61591)	-0,00643 (0,00123)	3,54E-07 (1,04E-07)	-6,13E-12 (2,39E-12)	11,72147 (3,22827)	120,20	Within 0,0642 Between 0,5463 Overall 0,5259	206
Taxa de Mortalidade	72,23587 (3,44324)	-0,00868 (0,00084)	3,71E-07 (5,54E-08)	-4,97E-12 (1,02E-12)	44,53328 (4,06634)	534,06	Within 0,0489 Between 0,7671 Overall 0,7318	752
CO <sub>2</sub>	-0,65399 (0,721939)	0,001266 (0,00017)	-4,75E-08 (1,10E-08)	6,07E-13 1,95E-13	-0,00755 (0,84723)	141,75	Within 0,0357 Between 0,5030 Overall 0,4662	536

Obs: Os termos em parênteses referem-se às estatísticas t;

Os períodos se referem aos anos de 1990 e 2000 para as variáveis déficit de água e déficit de saneamento; 1980, 1990, 1995 e 2000 para as variáveis CO<sub>2</sub>, déficit de expectativa de vida e taxa de mortalidade e 1980, 1990, 1995, 2000 e 2002 para a variável déficit na Alfabetização.

A inspeção acerca do melhor modelo, se com efeito fixo ou com efeito aleatório, é realizada mediante a aplicação do Teste de Hausman. Assim, considerando os resultados obtidos do teste para cada variável dependente (apresentados na Tabela 5), pode-se inferir o melhor modelo de ajuste é o modelo com efeito fixo para todas as variáveis, com exceção da variável déficit no abastecimento de água.

TABELA 5: Teste de Hausman

Variável Dependente	Teste de Hausman*: $\chi^2$
Saneamento	9,18
Exp. de Vida	44,16
Alf. de Adultos	4,79
Abast. de Água	2,76
Taxa de Mortalidade	30,13
CO <sub>2</sub>	9,02

\*Valores Críticos a 5% com (K=1) é igual a 3,84.

## 7.2 Convergência

Pode-se, também, verificar a partir da equação de convergência tradicional (Sala-i-Martin, 1996), o comportamento da  $\beta$ -Convergência, usada tanto para designar a ocorrência convergência condicional quanto para a convergência incondicional. Neste caso, a idéia aqui é verificar se a existência de  $\beta$ -convergência aponta se os indicadores de desenvolvimento sustentável estão crescendo mais rapidamente nas economias dos países pobres (em vias de desenvolvidos), do que nos países ricos (desenvolvidos). A equação é sintetizada na equação 2 a seguir:

$$\gamma_{i,t,t+T} = \alpha - \beta \ln(y_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

onde,  $\gamma_{i,t,t+T} = \left( \frac{y_{i,t+T}}{y_{i,t}} \right)$ , com y, sendo o logaritmo das variâncias das diferentes

variáveis dependentes, usadas nos modelos, para os tempos t = 1980 e T=2000.

A verificação empírica da  $\beta$ -Convergência é apresentada na Tabela 6.

TABELA 6: Teste de  $\beta$ -Convergência

Variável Dependente	$\beta$ -Convergência
Acesso ao Saneamento	-0,18055
Exp. de Vida	-0,02779*
Taxa de Analfabetismo	0,17350
Acesso ao Abast. de Água	-0,16353
Taxa de Mortalidade	0,19192
Dióxido de Carbono – CO <sub>2</sub>	-0,11231

\*Não Significante a mais de 5%.

Os resultados da Tabela 6, indicam  $\beta$ -Convergência, apenas para as variáveis acesso ao saneamento, expectativa de vida, acesso ao abastecimento de água e Dióxido de Carbono.

## Conclusão

As duas principais conclusões desse estudo é que as variáveis que denotam desenvolvimento sustentável, dentro da definição tomada nesse artigo, apresentam uma relação com renda per capita (dos países considerados) que pouco se aproximam do que é descrito na literatura como Curva Ambiental de Kuznets, isto é, primeiro crescem para a partir de um certo nível de renda começam a decrescer com esta. Este comportamento seria descrito apenas para a variável CO<sub>2</sub> e taxa de mortalidade no modelo “cross section” e CO<sub>2</sub> no modelo com dados em painel. As demais variáveis selecionadas apresentam um formato exatamente contrário, isto é, um formato de “U” e não de “U-invertido”, revelando um comportamento que mostra que os déficits decrescem com a renda até um determinado nível, para depois aumentar. Tal resultado parece refletir o fato que as variáveis que têm efeitos locais mais destacados, bem como dependem de forma mais direta de política sociais internas, são aquelas que não têm evoluído na direção desejável. Ao contrário a variável CO<sub>2</sub> que apresenta um comportamento sujeito a um maior monitoramento internacional, bem como dos acordos normativos na busca do desenvolvimento sustentável.

Na verdade, em princípio isto revelaria um comportamento entre os países, onde suas economias não estariam em consonância com o desenvolvimento sustentável, pelo menos em seu conjunto.

A outra conclusão diz respeito à correlação das variáveis tomadas em análise que aponta que os países que apresentam déficit para com o desenvolvimento sustentável o fazem para um conjunto de variáveis que denotam carência para esse estágio de desenvolvimento.

O comportamento da dispersão dos indicadores de desenvolvimento sustentável, incluindo a renda, reforça o resultado anterior de que não estaria havendo convergência das economias dos países em direção ao desenvolvimento sustentável.

## Bibliografia

- ANDERSON, Kent P. Optimal Growth When the Stock of Resources is Finite and Depletable. *Journal of Economic Theory*, v. 4, p.256-267, 1972.
- ANDREONI, James; LEVINSON, Arik The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve, NBER Working Paper, n.6739, 1998.
- ARROW, K. et al. Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment. *Science*, v.268, p.520-521, 1995.
- BARRO, Robert J. Inequality and Growth in a Panel of Countries. *Journal of Economic Growth*, v.5, p.5-32, 2000.
- BECKERMAN, W. Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment. *World Development*, v.20, p.481-496, 1992.
- COMMONER, Barry. The Environmental Costs of Economic Growth. In: Robert Dorfman e Nancy Dorfman (orgs). *Economics of the Environment Selected Readings*, 2 ed, New York, W. W. Norton e Company Inc, 1972.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS G. The Interaction of Population, Growth and Environmental Quality. *American Economic Review*, v.84, p.250-254, 1994.

- D'ARGE, Ralph C. Essay on Economic Growth and Environmental Quality. *Swedish Journal of Economics*, v.15, 1971.
- D'ARGE, Ralph C.; KOGIKU, K. Economic Growth and the Environment, *Review of Economic Studies*, v.40, p. 61-77, 1973.
- GOODSTEIN, Ebans. Economics and Environment. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1999.
- GROSSMAN, G; KRUEGER. A. Economic Growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, v.110, n.2, p.353-377, 1995.
- GROSSMAN, Volker. Inequality, *Economic Growth, and Technological Change – New Aspects in an Old Debate*. Heidelberg: New York: Physical-Verl, 2001.
- GRUVER, Gene W. Optimal Investmmt in Pollution Control Capital in a Neoclassical Growth Context. *Journal of Environmental Economics and Manegement* v.3, p.165-177, 1976.
- HARBAUGH, William; LEVINSON, Arik; WILSON, David. Reexaming The Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve. NBER Working Paper 7711, 2000.
- HEAL, G.; DASGUPTA, P. The Optimal Depletion of Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, Symposium Volume, 1975, p. 3-28.
- HILTON, F. G. HANK; LEVINSON, A. Factoring the Environmental kuznets Curve: evidence from automotive lead emissions, *Journal of Environmental Economics and Management*, v.35, p.126-141, 1998.
- JONES, Larry E.; MANUELLI, Rodolfo E. A Positive Model of Growth and Pollution Controls. NBER Working Papers n.5205, 1995.
- KHAN, M.E. A Household Level Environmental Kuznets Curve. *Economics Letters*, v.59, n.2, p.269-273, 1998.
- KARMIEN, Morton I; SCHWARTZ, Nancy L. Optimal Exhaustible Resource Depletion with Endogenous Technical Change. *Review of Economic Sutudies*, v. 45, p.179-196, 1978.
- KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, v.45, p.1-28. 1995.
- MISHAN, E. J. *The Costs of Economic Growth*. Ringwood; Vic, Pinguin Australia, 1969.
- RAY, Debraj. *Development Economics* . Princeton, New Jersey, Princeton University Press. 1998.
- RUTTAN, Vernon. *Tecnology, Growth, and Development: an induced innovation perspective*. Oxford University Press, New York, 2001.
- SALA-I-MARTIN, Xavier. The Classical Approach to Convergence Analysis. *The Economic Journal*, v. 106, p.1019-36, 1996.
- SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for air Pollution Emission ?. *Journal of Environmental Economics and Manegement*, v. 27, p.147-162, 1994.
- SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. Neoclassical Growth, The J Curve for Abatement and the Inverted U Curve for Pollution. *Journal of Environmental and Management*, v.29, p.162-168, 1995.
- SMITH, Vernon. Control Theory Applied to Natural and Environmental Resources. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 4, p.1-14, 1997.
- SMULDERS, Sjak; BRETSCGGER, Lucas. Explaining Environmental Kuznets Curves: How Pollution Induces Policy and New Technologies. Working paper, Tilburg University, p.25, 2001.

- SOLOW, Robert. The Economics of Resources or the Resources of Economics. *The American Economic Review*, v. 64, n. 2, p.1-14, 1974.
- SOLOW, Robert. Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. *Review of Economic Studies*, Symposium Volume, p. 29-45, 1975.
- STIGLITZ, Joseph. Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and optimal Growth Paths, *Review of Economic Studies*, Symposium Volume, p. 123-52, 1975.
- UNDP (United Nations Development Program). Human Development Report 2002: New York: Oxford University Press, 2002.