

# CRESCIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE: O QUE ESTÁ FALTANDO PARA ENTENDER O ELO ENTRE ELES?

Fábio Henrique Granja e Barros<sup>1</sup>

Bernardo Mueller<sup>2</sup>

Jorge Madeira Nogueira<sup>3</sup>

## RESUMO

Existe vasta literatura empírica ressaltando que, a partir de determinado nível de renda *per capita*, alguns indicadores de degradação ambiental tendem a diminuir, apresentando um comportamento conhecido como Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Todavia, ainda existe muita controvérsia sobre os motivos que provocam esse fenômeno, sobre os diferentes comportamentos desses poluentes e, também, sobre o efeito da reversão da degradação no crescimento de longo prazo dos países. O intuito do artigo foi o de propor uma nova abordagem teórica à CKA por meio do desenvolvimento de um modelo de crescimento endógeno que permitisse avaliar a importância do ambiente institucional no crescimento de longo prazo com padrões ambientais mais restritivos. Entre as contribuições do artigo, destaca-se a evidência de que o ambiente institucional é apresentado no modelo como o responsável, em última análise, pelos efeitos tecnologia e composição que diminuem a degradação e permitem incrementar a governança ambiental. Uma inovação da análise realizada refere-se à inserção da possibilidade de congestionamento dos serviços regulatórios. Dessa forma, os efeitos de congestionamento, ao interromperem os incentivos que fazem os agentes trabalhem em padrões ambientalmente mais rígidos, ajudam a explicar o comportamento de alguns poluentes nos resultados empíricos apresentados por alguns autores, como, por exemplo, Grossman e Krueger (1991).

**Palavras-chave:** Curva de Kuznets Ambiental, serviços regulatórios, congestionamento, ambiente institucional, direitos de propriedade e governança ambiental.

JEL: D02, D23, O13, 043

Área 5 da ANPEC - Crescimento, Desenvolvimento Econômico e Instituições

## ABSTRACT

An extensive empirical literature illustrates that from specific levels of *per capita* income, some indicators of environmental degradation tend to diminish, creating a behavior known as the Environmental Kuznets Curve (EKC). However, a lot of controversy still exists about the reasons that induce this phenomenon, about the different behaviors of these pollutants and, also, on the effect of this degradation reversion in the countries long run economic growth. The objective of the article was to propose a new theoretical approach to the EKC by developing an endogenous growth model that manages to evaluate the importance of the institutional environment in the long run economic growth with more restrictive environmental standards. Among the contributions of the article, it is shown in the model that the institutional environment is responsible, at last, for the technology and composition effects that reduce degradation and that contributes to strengthen environmental governance. An innovation presented in the analysis was that it included the possibility of congestion effects in the regulatory services. Thus, the congestion effects, by interrupting the incentives that make agents work in more restrictive environmental standards, helps to explain pollutants behavior in the empirical research presented by some authors, as, for instance, Grossman and Krueger (1991). Key Words: Environmental Kuznets Curve, regulatory services, congestion effects, institutional environment, property rights and environmental governance.

Key Words: Environmental Kuznets Curve, regulatory services, congestion effects, institutional environment, property rights and environmental governance.

---

<sup>1</sup> Tribunal de contas da União

<sup>2</sup> Departamento de Economia da Universidade de Brasília - UnB

<sup>3</sup> Departamento de Economia da Universidade de Brasília - UnB

*For many years, the limited natural resource base of the planet was viewed as the source of limits to growth. This was, for example the focus of the original and subsequent "Limits to Growth" monograph and the efforts by economists refuting its conclusion. Recently however it has become clear that limits to growth may not only arise from nature's finite source of raw materials, but instead from nature's limited ability to act as a sink for human wastes. (p.1)*

*Brock e Taylor (2004)*

## INTRODUÇÃO

A busca pela compatibilização do crescimento econômico com aspectos ambientais tem sido objeto de muitas discussões acadêmicas. Dessa forma, algumas teorias econômicas tentam explicar a relação entre alterações na degradação ambiental e o nível de renda dos países, entre elas, pode-se citar a teoria da Curva de Kuznets Ambiental (CKA).

O argumento da CKA é que existe uma relação entre indicadores de degradação ambiental e de desenvolvimento econômico que se comporta como uma curva de U invertido. Em termos gerais, seria como se nos primeiros estágios do desenvolvimento a degradação ocorresse inevitavelmente, mas com o crescimento da renda, a partir de determinado ponto, seriam gerados incentivos para melhorar a qualidade ambiental (Bhattarai e Hammig, 2004).

Normalmente o que se observa é que há uma mesma trajetória de desenvolvimento na maioria dos países, na qual, no estágio inicial do crescimento econômico, existe uma intensa dependência na agricultura e nos produtos primários, o que é pouco impactante ao meio ambiente. Com o crescimento da economia, a produção de manufaturas passa a ter maior participação no produto interno. Esse estágio inicia com indústrias leves, como a têxtil, e passa por uma fase de indústrias pesadas, como a de siderurgia e a de cimento. Nessa fase de industrialização, que corresponde a uma economia de renda média, a intensidade de utilização dos recursos naturais aumenta significativamente para dar suporte aos centros urbano-industriais emergentes, aumentando a degradação.

Por sua vez, o estágio seguinte representa a superação da fase eminentemente industrial, isto é, passa a ocorrer a substituição das indústrias de base por indústrias com maior tecnologia, e o setor de serviços passa a ter um papel dominante na economia. Barros (2000) ressalta que mais importante do que mostrar que isso ocorre é conhecer os canais que fazem com que esse comportamento aconteça.

Nesse sentido, o estudo do comportamento da CKA reveste-se de primordial importância, não apenas porque chama a atenção para o problema da poluição agregada, mas também porque investiga os canais que podem ser usados para buscar uma espécie de achatamento na trajetória dessa curva. Com isso, imagina-se ser possível que os países em desenvolvimento evitem o mesmo nível de dano ambiental experimentado pelos países industrializados (Panayotou, 1995; Munasinghe, 1999; Barros 2000).

Uma das primeiras análises econométricas que comprovaram a reversão da degradação, a partir de determinado nível de renda *per capita*, foi realizada por Grossman e Krueger (1991). Nesse estudo, com relação ao SO<sub>2</sub>, foi evidenciada uma relação cúbica, isto é, a poluição declinava após determinado nível de renda, mas voltava a crescer quando a renda *per capita* atingia elevados níveis. Panayotou (1993; 1995), ao estimar a CKA para NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, partículas suspensas e desflorestamento, utilizando uma metodologia de estimações de *cross-section*, obteve para todos os indicadores uma relação de U invertido.

Já Shafik e Bandyopadhyay (1992) realizaram um estudo empírico para 10 indicadores de qualidade ambiental. São eles: falta de água limpa, falta de saneamento urbano, partículas suspensas, SO<sub>2</sub>, mudança na área de florestas entre 1961-1986, número de observações anuais de devastações de florestas

entre 1961-1986, oxigênio dissolvido nos rios, coliformes fecais nos rios, lixo municipal *per capita* e emissão *per capita* de gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

Os indicadores relativos a falta de água e a falta de saneamento urbano declinaram com o aumento da renda. Os dois indicadores de desflorestamento não mostraram relação alguma significativa com o nível de renda. Ainda com relação ao desflorestamento, outros autores – Panayotou (1993), Cropper e Griffiths (1994) e Bhattarai e Hammig (2004) – encontraram a relação de U invertido.

Quanto ao estudo de Shafik e Bandyopadhyay (1992), ressalta-se que os indicadores relacionados à qualidade dos rios tenderam a piorar com o aumento da renda. O lixo municipal e as emissões *per capita* de gás carbono (CO<sub>2</sub>) aumentaram com o aumento da renda. E, por último, os dois indicadores de qualidade do ar tenderam a seguir o comportamento previsto na CKA.

Outra divergência de resultados entre os estudos ocorreu com relação ao indicador de qualidade da água, representado pelo oxigênio dissolvido, pois Shafik e Bandyopadhyay (1992) evidenciaram que a qualidade diminui com o incremento da renda, e Grossman e Krueger (1994) mostraram que a qualidade aumenta após o ponto de reversão. Já no caso dos coliformes fecais, Shafik e Bandyopadhyay (1992) encontraram uma relação cúbica e Grossman e Krueger (1994), uma relação em forma de U invertido.

Por sua vez, Selden e Song (1994) estimaram a CKA para quatro poluentes: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e partículas suspensas com dados de 1991 do *World Resources Institute* (WRI). Os pontos de reversão estimados superaram os valores dos demais estudos.

Uma abordagem diferente da análise empírica usualmente empregada foi realizada por Komen *et al.* (1997). Esses autores estimaram uma CKA, relacionando poluição com dispêndios públicos em pesquisa e desenvolvimento para proteção ambiental em um grupo de países da OCDE. O principal resultado dessa pesquisa foi evidenciar que a elasticidade desses gastos com relação à renda é aproximadamente unitária. A importância desse resultado é mostrar que a mudança de padrões ambientais está vinculada à regulação, entendida não apenas quanto à intervenção governamental, mas também quanto a ações específicas de aperfeiçoamento da gestão.

Kulh (2004) corrobora esse argumento ao ressaltar em seu modelo teórico que, sem a regulação ambiental, a utilização do recurso natural é levada à exaustão. Essa abordagem é diametralmente diferente daquela de alguns autores que acreditam que essas mudanças ocorrem naturalmente com o processo de crescimento econômico. Confirmando essa idéia, Beckerman (1992) afirma que a única forma na qual países podem obter um meio ambiente adequado seria desenvolvendo-se economicamente.

Dessa forma, a maneira como a regulação influenciará a diminuição da degradação dependerá, entre outras coisas, do ambiente institucional que estiver presente. Segundo Bhattarai e Hammig (2001), a influência institucional é um tema complexo e pouco estudado no escopo da análise ambiental. A relação entre crescimento e qualidade ambiental não é direta, envolve um complexo mecanismo de retroalimentação (*feedback*), passando por vários canais institucionais que afetam mercados e forças políticas (Antle e Heidebrink, 1995). Nesse sentido, alguns estudos empíricos buscaram ilustrar a importância das instituições na CKA. Entre eles podemos citar Torras e Boyce (1998), Panayotou (1997) e Bhattarai e Hammig (2001; 2004).

Panayotou (1997) sugere que a qualidade das políticas e das instituições, como, por exemplo, os direitos de propriedade e o cumprimento das normas, podem gerar um achatamento na CKA, diminuindo a degradação ambiental que inevitavelmente ocorreria com o crescimento econômico. Bhattarai e Hammig (2001), em sua análise *cross-section* de desflorestamento para a África, Ásia e América Latina, confirma a CKA e ressalta que, ao se reforçar as instituições, também pode-se garantir o achatamento na curva. O autor afirma ainda que as políticas e instituições têm um papel fundamental para garantir que a utilização de bens e serviços ambientais, imposta pelo crescimento, não superem o limite da irreversibilidade ecológica, isto é, não ultrapassem a capacidade de suporte do sistema.

Outros autores, como Acemoglu *et al.* (2004) e North (1990), não relacionam instituições diretamente com a degradação ambiental, mas o fazem com relação ao desempenho da economia. Para

eles, a análise das instituições permite entender a disparidade no desenvolvimento dos países. Nesse sentido, as instituições, em particular os direitos de propriedade, ao determinarem o nível de renda dos países, têm uma influência direta sobre o padrão de degradação ambiental em que esses se encontram.

Conforme observado, existem muitas divergências nos estudos empíricos sobre o comportamento dos indicadores e também sobre quais variáveis devem ser incluídas nas equações econométricas. Isso não se deve apenas às diferentes técnicas econométricas empregadas, mas principalmente porque a abordagem empírica carece de fundamentos teóricos capazes de definir mais precisamente as variáveis explicativas que devem ser inseridas nesses modelos. Segundo Bhattarai e Hammig (2001), a exploração do arcabouço teórico da CKA ainda é incipiente.

A principal deficiência teórica encontrada é que não se conseguiu definir claramente por que o aumento da renda influencia a redução da degradação ambiental de alguns poluentes. Os autores diferem sobre os possíveis elementos que relacionam essas variáveis. Apesar de alguns acharem que isso ocorra naturalmente com o processo de desenvolvimento, outros destacam que uma melhora nos indicadores ambientais é fruto de uma maior demanda por bens ambientais que passa a pressionar as políticas públicas para maiores regulações e investimentos na área ambiental (Ekins, 1997; Munasinghe, 1998).

Para embasar teoricamente a CKA, alguns autores foram precursores no desenvolvimento de modelos. Entre eles ressalta-se o apresentado por Lopez (1994). Nesse modelo existem dois setores de produção; baixo nível de separação entre poluição e os fatores convencionais de produção; retornos constantes de escala. Os fatores de produção de capital e trabalho são quase fixos e a tecnologia e os preços são definidos de forma exógena. Para o autor, se os produtores não pagarem pelo montante de poluição que eles impõem à sociedade, um aumento da produção fará crescer invariavelmente o nível de poluição.

Entretanto, quando é pago o custo social marginal da poluição, a relação entre emissões e renda passa a depender diretamente da tecnologia e das preferências. Se estas forem homotéticas, o aumento do produto acarreta um crescimento no nível de poluição. Todavia, quando as mesmas são não-homotéticas, o efeito da poluição em relação ao crescimento depende da elasticidade de substituição na produção entre a poluição e os insumos. Assim, pelo modelo, quanto menor for a taxa da utilidade marginal do consumo e quanto maior a taxa de substituição na produção, mais provável será que haja a reversão da degradação ambiental.

Já Selden e Song (1994) derivam uma curva de U invertido por meio de um caminho ótimo para poluição, utilizando um modelo similar ao de Lopez (1994). Nesse modelo, até determinado nível de renda o abatimento é zero. Após esse ponto, a redução da poluição aumenta a taxas crescentes. McConnell (1997) desenvolve um modelo de consumo de poluição, no qual argumenta que a elasticidade da renda ajuda a garantir, *ceteris paribus*, uma redução mais acelerada da poluição.

Esses modelos estão mais preocupados com a relação de curto prazo entre renda e degradação ambiental, isto é, com o caminho de transição. Todavia, faz-se necessário analisar essa relação para um caminho de crescimento equilibrado. Entre os modelos que discutem a degradação ambiental e o crescimento de longo prazo, ressalta-se o modelo de crescimento endógeno, apresentado por Stokey (1998) e discutido por Brock e Taylor (2004). Esse modelo mostra que, para garantir a reversão da degradação, é preciso incorrer em custos de abatimento que implicam a redução da taxa de crescimento de longo prazo. Nesse sentido, a partir de determinado nível de renda *per capita*, a utilidade marginal do consumo diminui, substituindo o consumo de bens tradicionais por qualidade ambiental. Conseqüentemente, ocorre um aumento dos custos de abatimento e de regulação que, por sua vez, afeta a trajetória de crescimento.

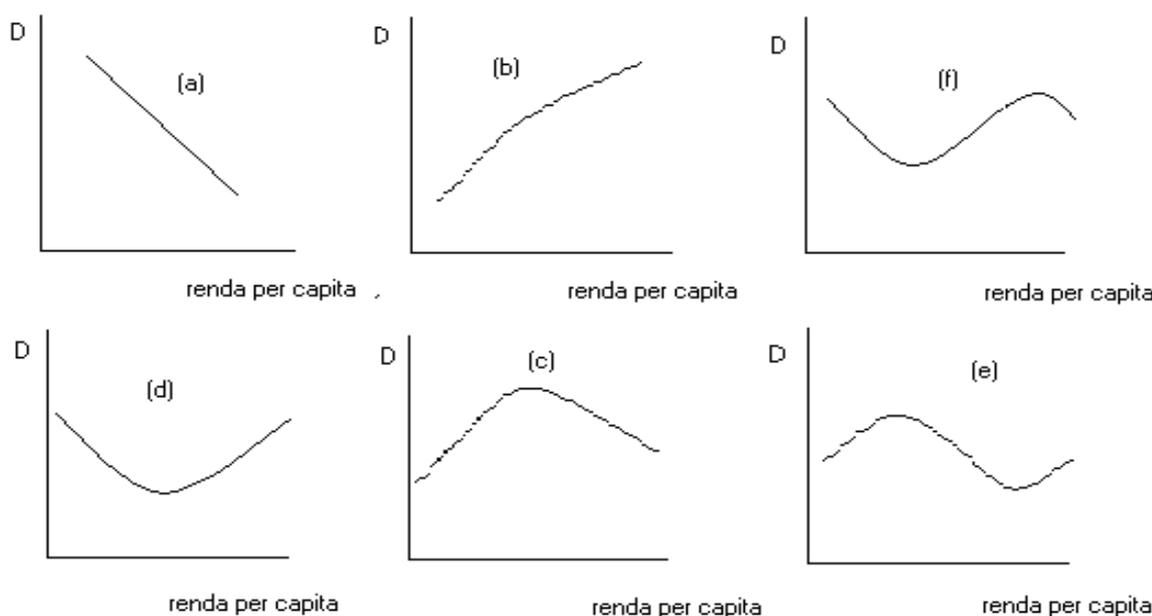
Apesar do modelo teórico de Stokey (1998) apresentar que a reversão da degradação ocorre às custas da diminuição da taxa de crescimento, os dados não comprovam esse argumento. Segundo Brock e Taylor (2004), a quantidade emitida de alguns poluentes regulados está diminuindo e a qualidade do ar está melhorando, pelo menos nos países desenvolvidos. Barros (2000) apresenta um estudo realizado no

período de 1970 a 1988, nos países do G7<sup>4</sup>, em que se constata que alguns dos principais indicadores de poluição cresceram relativamente menos que o PIB. Para Brock e Taylor (2004), os dados de alguns poluentes mostram que os Estados Unidos e os países desenvolvidos assistiram a crescentes melhoras dos padrões ambientais, nos últimos trinta anos. Pelo menos para esses países, seguindo o modelo da Stokey (1998), seria de se esperar que os custos de abatimento fossem elevados e as taxas de crescimento de longo prazo fossem decrescentes.

Contudo, Brock e Taylor (2004) apresentam em seu artigo que as medidas de controle de poluição nesses países desenvolvidos, ao mesmo tempo em que foram razoavelmente efetivas, foram também pouco dispendiosas. Tanto nos Estados Unidos quanto nos países da OCDE foram estimados custos de abatimento apenas da ordem de 1 a 2% do PIB. Os dados mostram que os custos de abatimento foram baixos; isso gera indícios de que outros mecanismos, como, por exemplo, a influência da regulação na garantia dos direitos de propriedade e na implementação de tecnologias menos poluidoras, tiveram também atuação na referida reversão da degradação e no crescimento sustentado.

Em suma, observam-se questões relativas à CKA, nos estudos econométricos e nos dados apresentados, que precisam ser melhor analisados à luz de um modelo teórico consistente com a realidade. Entre essas questões, podemos destacar a existência de várias formas funcionais para os indicadores de poluição apresentadas nos estudos empíricos. Para visualizar esse ponto, Ekins (1997) apresenta uma tabela com os principais resultados dos estudos empíricos de Grossman (1993), Grossman e Krueger (1991; 1994); Panayotou (1993); Shafik e Bandyopadhyay (1992), Selden e Song (1994), Cropper e Griffiths (1994). Para apresentar a forma desses indicadores, o autor descreve os comportamentos observados pelas letras de (a) até (e), (Vide Figura 1 e Tabela 1).

Figura 1 - Trajetória de Alguns Indicadores de Degradação



Fonte: Ekins (1997).

<sup>4</sup> França, Japão, Canadá, Estados Unidos, Itália, Reino Unido e Alemanha.

**Tabela 1 – Painel dos Resultados dos Estudos Empíricos**

MEIO	INDICADOR	ESTUDO	FORMA (*)	PONTO DE REVERSÃO
AR	SO <sub>2</sub>	GK(1991) <sup>5</sup> GK(1991) <sup>6</sup> SB(1992) G(1993) <sup>7</sup> G(1993) <sup>8</sup> GK(1994) SS(1994) P(1993)	(e) (e) (c) (e) (e) (e) (c) (c)	1: 4.100 / 2: 14.000 1:~ 4.300 / 2: n.a. <sup>9</sup> 1: 3.700 1: 4.100 / 2: 14.000 1: 13.400 / 2: 24.000 1: 4.100 / 2: 14.000 1: 8.900 / 2: 10.700 1: 3.000
	PARTÍCULAS SUSPENSAS	GK(1991) <sup>17</sup> GK(1991) <sup>18</sup> SB(1992) G(1993) GK(1994) SS(1994) P(1993)	(a) (b) (c) (c) (a) (c) <sup>17,18</sup> (c)	n.a. n.a. 1: 3.300 1: 16.000 n.a. 1: 9.800 / 2: 9.600 1: 4.500
	FUMAÇA	GK(1991) GK(1991) G(1993) GK(1994)	(e) (e) (e) (e)	1: 5.000 / 2: 10.000 1:~ 4.500 / 2: 10.500 1: 4.700 / 2: 10.000 1: 6.200 / 2: n. a.
	NO <sub>x,2</sub>	G(1993) SS(1994) <sup>17,18</sup>	(c) (c)	1: 18.500 1: 12.000 / 2: 21.800
	CO	P(1993) G(1993) SS(1994) <sup>17,18</sup>	(c) (c) (c)	1: 5.500 1: 22.800 1: 6.200 / 2: 19.100
	CO <sub>2</sub>	SB(1992) HES(1992)	(b) 1: (c) 2: (c)	n.a. 35.400 > 8 MILHÕES
ÁGUA	ÁGUA LIMPA	SB(1992)	(a)	n.a.
	SANEAMENTO	SB(1992)	(a)	n.a.
	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	SB(1992) G(1993) GK(1994)	(a) (d) (d)	n.a. 1: 8.500 1: 2.703
	COLIFORME FECAL	SB(1992) G(1993) GK(1994)	(e) (c) (c)	1: 1.400 / 2: 11.400 1: 8.500 1: 8.000
TERRA	DESFLORESTAMENTO	SB(1992) P(1993) CG(1994)	INSIGNIFICANTE 1: (c) <sup>10</sup> / 2: (c) <sup>11</sup> 1:(c) <sup>12</sup> / 2: (c) <sup>13</sup>	n.a. 1: 823 / 2: 1.200 1: 4.760 / 2: 5.420

<sup>5</sup> Referente aos efeitos aleatórios do modelo;

<sup>15</sup> Referente aos efeitos fixos do modelo;

<sup>16</sup> Global;

<sup>17</sup> Nos EUA;

<sup>18</sup> Não-avaliado;

<sup>19</sup> Para países da África;

<sup>20</sup> Para países da América Latina;

<sup>21</sup> Para 41 países em desenvolvimento;

<sup>22</sup> Para 27 países desenvolvidos.

G-Grossman; GK-Grossman e Krueger; HES-Holtz-Eakin; P-Panayotou; SB-Shafik e Bandyopadhyay; SS-Selden e Song; Cropper e Griffiths.

Fonte: Ekins (1997).

Vários são os questionamentos que surgem a partir da análise conjunta da Figura 1 e da Tabela 1. Entre eles: i) o que explica o fato de um mesmo indicador ambiental apresentar formas funcionais diferentes nos estudos? ii) por que alguns poluentes não apresentam o comportamento da curva de U invertido, que na Tabela 1 está representado pela letra (c)? iii) por que, mesmo que o poluente siga o formato da CKA, existem diferenças nos estudos entre o nível de renda no qual ocorre a reversão? iv) por que entre alguns indicadores de degradação foi constatada a instabilidade no comportamento da curva, isto é, o poluente começa a diminuir, mas após determinado nível de renda volta a crescer, conforme apresentado no caso da letra (e)?

Nesse sentido, o problema a ser investigado no artigo é que, apesar de vários autores terem demonstrado empiricamente que a partir de determinado nível de renda *per capita* alguns indicadores de degradação ambiental tendem a diminuir, ainda existe muita controvérsia sobre os motivos que acarretam esse fenômeno, sobre os diferentes comportamentos desses poluentes e também sobre o efeito da reversão da degradação no crescimento econômico de longo prazo dos países.

Além desses aspectos, existe uma lacuna e, conseqüentemente, a oportunidade de se desenvolver modelos teóricos que relacionem a Curva de Kuznets Ambiental com a hipótese de que as instituições e as organizações governamentais, representadas no artigo pela regulação, reforçam os direitos de propriedade, reduzem os custos de transação e melhoram o desempenho da economia no longo prazo.

Assim, o objetivo do artigo será o de propor uma nova abordagem teórica à Curva de Kuznets Ambiental por meio do desenvolvimento de um modelo de crescimento endógeno, que permita avaliar a importância do ambiente institucional, principalmente dos direitos de propriedade, no atingimento do crescimento de longo prazo com padrões de degradação mais restritivos.

A hipótese que será investigada relaciona-se ao fato de que, mesmo com a existência de padrões mais restritivos de poluição, conforme prevê a Curva de Kuznets Ambiental, é possível o crescimento sustentado.

A seção seguinte apresentará o modelo que relaciona crescimento de longo prazo, reversão da degradação ambiental e variáveis institucionais. A seção divide-se em três partes: a primeira apresenta antecedentes e pressupostos do modelo, a segunda mostra seu desenvolvimento e a terceira faz a análise de suas implicações para a CKA.

## **1 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SERVIÇOS PÚBLICOS COM CONGESTIONAMENTO E REVERSÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

### **1.1 Antecedentes e Pressupostos**

O modelo que será desenvolvido analisa a questão da poluição e da utilização de recursos ambientais sob o mesmo enfoque, isto é, como um caso de apropriação de bens e serviços ambientais. Para isso, parte-se da premissa de que os poluidores utilizam um importante serviço ambiental que é o de reservatório, absorção e depuramento dos poluentes. Brock e Taylor (2004) ressaltam que a natureza, em sua função de sumidouro, serve de reservatório para toneladas de lixo, de poluentes e de produtos químicos.

Pode-se citar o exemplo da água, recurso natural que tem entre suas funções a de diluição, afastamento e depuração dos resíduos. Segundo Lanna (1999), para se diluir a carga diária de resíduos de cada ser humano, aproximadamente 162g de substâncias poluentes<sup>14</sup>, haveria necessidade de 5m<sup>3</sup>/dia de

---

<sup>14</sup> Sendo 90g de matérias em suspensão, 57g de matérias oxidáveis (demanda bioquímica de oxigênio), 15g de nitrogênio orgânico e amoniacal (Tarquínio, 1994).

vazão hídrica, o que é 50 vezes maior que a necessidade de água mínima diária por pessoa, que é de 100 litros. Analogamente aos recursos hídricos, pode-se imaginar que outros recursos naturais, como, por exemplo, a atmosfera, apresente a mesma função de absorção e depuração. Assim, conclui-se que a emissão descontrolada da poluição também pode ser analisada como um problema de ação coletiva.

De forma a entender quais os canais pelos quais se observa a alteração da poluição, será apresentada, com base em Grossman e Krueger (1994), a distinção entre os efeitos escala, tecnologia e composição. Para tanto, supõe-se que para qualquer setor da economia, a relação do meio ambiente com a renda pode ser expressa por:

$$E_i = a_i y_i \quad (1)$$

onde (E) é o impacto ambiental de um setor (i), isto é, a emissão de um poluente por exemplo; (y) é o produto desse setor e (a) é seu coeficiente técnico da intensidade de utilização ambiental.

O impacto ambiental total da produção pode ser expresso como:

$$E = \sum E_i = \sum a_i y_i \Rightarrow E = Y \sum a_i \frac{y_i}{Y} = Y \sum a_i s_i, \quad (2)$$

onde ( $s_i$ ) corresponde à parcela do setor (i) no total produzido e (Y) o total da renda. Se diferenciarmos a equação acima com relação ao tempo, teremos:

$$E' = Y' \sum a_i s_i + Y \sum s_i a_i' + Y \sum a_i s_i', \quad (3)$$

no qual  $E'$  é  $\partial E / \partial t$ ,  $Y'$  é  $\partial Y / \partial t$  e assim por diante. Se dividirmos a equação por ( $E = Y \sum a_i s_i$ ), teremos:

$$\hat{E} = \frac{E'}{E} = \frac{Y'}{Y} + \frac{1}{\sum a_i s_i} \sum s_i a_i' + \frac{1}{\sum a_i s_i} \sum a_i s_i' \quad (4)$$

$$\Rightarrow \hat{E} = \hat{Y} + \frac{Y}{E} \left( \sum s_i a_i' + \sum a_i s_i' \right) \quad (5)$$

A eq. (5) mostra que a taxa de mudança no impacto ambiental ( $\hat{E}$ ) se iguala à taxa de mudança no produto, somada a dois termos: (i) a mudança marginal na tecnologia ( $a'$ ) e a mudança marginal na composição setorial do produto ( $s'$ ). Assim, dado um aumento no produto e nenhuma mudança na composição setorial ou na tecnologia, espera-se um aumento proporcional no impacto ambiental. No entanto, esse aumento pode ser reduzido por uma tecnologia menos poluidora ( $a' < 0$ ) ou por uma mudança na composição do setor (1), mais poluente, para um setor (2), menos poluidor.

Considerando ( $e_i$ ) a parcela setorial do impacto ambiental, então, da eq. (5) tem-se:

$$e_i = \frac{E_i}{E} = \frac{a_i Y_i}{E} = \frac{a_i s_i Y}{E} \Rightarrow \frac{Y}{E} = \frac{e_i}{a_i s_i}, \quad (6)$$

Substituindo na eq. (5) tem-se:

$$\begin{aligned} \hat{E} &= \hat{Y} + \sum \frac{e_i}{a_i} a_i' + \sum \frac{e_i}{s_i} s_i' \\ \Rightarrow \hat{E} &= \hat{Y} + \sum e_i \hat{a}_i' + \sum e_i \hat{s}_i' \end{aligned} \quad (7)$$

O primeiro termo do lado direito da eq. (7), conforme apresentado anteriormente, representa a taxa de mudança no produto ( $\hat{Y}$ ); essa variação sobre o nível de impacto da poluição pode ser chamada de efeito escala. O segundo termo que incorpora a taxa de mudança técnica ( $\hat{a}$ ) gera uma alteração na poluição que pode ser denominada de efeito tecnologia; e, por último, a taxa relativa à migração entre setores ( $\hat{s}$ ) causa uma variação que pode ser chamada de efeito composição. É de se esperar que o crescimento econômico tenha efeitos negativos no meio ambiente por meio do efeito escala. De maneira geral, a degradação ambiental gerada pelo efeito escala pode ser minimizada pelos efeitos composição e tecnologia.

Após a apresentação dos três canais que afetam o nível de poluição de determinada economia, será primordial para o modelo a ser desenvolvido identificar a relação destes com o ambiente institucional em que estiverem contextualizados. Por ambiente institucional, no presente artigo, entendem-se todos os fatores, como regras de conduta, leis, convenções, mecanismos políticos<sup>15</sup> e organizações como, por exemplo, polícias, tribunais, associações, órgãos ambientais que implementam e garantem os direitos de propriedade.

Esse ambiente institucional surge para definir, estabelecer, manter, transferir e garantir os direitos de propriedade, e tentar minimizar os custos de transação. Nessa linha, Alston e Mueller (2005) analisam como as instituições determinam a forma como se estabelecem os direitos de propriedade e como esse resultado gerará cooperação, conflito ou intermediação pelo Estado. Assim, as instituições podem facilitar a cooperação e os acordos, permitindo reduzir os custos das transações. Segundo esses autores, o direito de propriedade surge quando se torna economicamente interessante que aqueles afetados por externalidades internalizem benefícios ou custos.

Com base nisso, é possível inferir que a melhora no ambiente institucional poderá ter um efeito positivo no crescimento econômico, pois ocorrerá um ambiente mais eficiente para transações e para maiores investimentos. Pelo efeito escala, espera-se que o nível de poluição aumente por conta disso. Por outro lado, a maior garantia dos direitos de propriedade, combinada com maiores regulações ambientais, faz com que se aumente a pesquisa de tecnologias menos poluidoras, podendo gerar um efeito tecnologia que ajude a reduzir a degradação. E, por último, maiores controles ambientais por meio de cotas, outorgas e licenças podem fazer com que poluidores migrem para setores menos poluentes, o que implica uma redução da poluição por meio do efeito composição.

Dessa forma, observa-se que o ambiente institucional afeta os três canais que influenciam o nível de degradação ambiental. Conforme apresentado na introdução geral, será utilizado o conceito de governança ambiental para expressar o caso em que o ambiente institucional permite gerar os mecanismos capazes de resolver o problema de ação coletiva relativo à apropriação e, dessa forma, reverter o nível de degradação. A importância dessa relação é que, no presente artigo, o comportamento em forma de U invertido ressaltado pela CKA estará diretamente relacionado com o ambiente institucional que permitiu reforçar a governança ambiental.

É importante lembrar que, ao se ressaltar no artigo a importância dos direitos de propriedade, não se está fazendo apologia à necessidade de mudança de regime de propriedade, conforme apresentam alguns autores que defendem a privatização para resolver problemas de bens de uso comum, como Smith (1981). O que se pretende é dar a devida importância ao ambiente institucional, pois, pelo modelo a ser desenvolvido, o aperfeiçoamento dos direitos de propriedade ajuda a garantir os incentivos necessários para a melhor alocação dos recursos naturais.

O último pressuposto a ser apresentado é que os gastos que afetam o crescimento econômico são fruto dos custos de abatimento e dos custos com a regulação. Brock e Taylor (2004) destacam que, quando a capacidade do meio ambiente em dissipar ou absorver a poluição é excedida, a qualidade

---

<sup>15</sup> Terminologia utilizada por Deacon e Mueller (2004), que se refere a cotas, outorgas, permissões, entre outros.

ambiental declina e a resposta das políticas pode limitar o crescimento, isto é, os custos podem reduzir o retorno dos investimentos.

Quanto ao desenvolvimento do modelo teórico, destaca-se que serão combinados dois modelos de crescimento endógeno do tipo AK, por acreditar que haja uma complementaridade a ser explorada entre eles. O primeiro insere a variável de poluição, conforme foi apresentado por Stokey (1998), e o segundo, de acordo com Barro e Sala-i-Martin (1995), mostra a oferta de serviços públicos sujeitos a congestionamento.

O modelo de Stokey (1998) apresenta a seguinte relação ( $Y=AKz$ ), onde (Y) é a renda, (A) o nível de tecnologia, (K) o capital acumulado e (z) o nível de emissão de poluentes. Esse índice de emissão de poluentes varia no decorrer do crescimento da economia. Isso explica a reversão apresentada na CKA e, segundo a autora, gera uma acumulação de capital decrescente. Por esse modelo, a única forma de se manter o crescimento sustentado seria permitir o aumento do nível de poluição.

O artigo em que Stokey (1998) apresenta seu modelo teórico divide-se em duas partes. Na primeira parte, a autora apresenta um modelo de crescimento estático de regulação ambiental em que demonstra que é factível que haja a reversão da degradação ambiental, conforme prevê o modelo da Curva de Kuznets Ambiental<sup>16</sup>. Nesse modelo, o produto é função dos insumos convencionais e da quantidade de poluição gerada. A produção intensiva em poluição é empregada abaixo de um determinado nível crítico de renda. Isto é, antes de chegar a esse nível crítico, a tecnologia utilizada é a mais poluente, e tem-se ( $z=1$ ). Depois desse ponto, o grau de poluição da atividade produtiva dependerá da elasticidade da utilidade marginal do consumo de bens de mercado. Se essa utilidade diminuir com o aumento da renda, segundo Stokey (1998), observa-se o comportamento em forma de U invertido, pois as tecnologias menos poluidoras vão sendo implantadas progressivamente e (z) declina monotonicamente.

Em um segundo momento, a autora demonstra em seu artigo o efeito dessa restrição ambiental sobre o crescimento econômico de longo prazo. Para inserir a análise dinâmica, o modelo de Stokey (1998) apresenta que o planejador social tem o seguinte problema a resolver:

$$\max U = \int_{t=0}^{\infty} U_t(c, x) e^{-\rho t} . dt$$

(8)

*s.a*

$$\dot{k} = AK.z - c \quad \text{onde } y = AK$$

Neste modelo maximiza-se a utilidade intertemporalmente com relação a duas variáveis, o consumo (c) e o nível de poluição (x). Além disso, (y.z), representado no modelo por (Akz), é o que a autora chama de produto efetivo; entretanto, como estamos considerando o processo de produção intertemporal, ele não reverte todo para o consumo (c), mas deve também contribuir para o investimento, ou seja, para a variação do capital (k).

Pelo modelo, tem-se que a utilidade é decomponível em dois termos aditivos:

$$U_t = v(c) - h(x) \quad (9)$$

Stokey dá as seguintes expressões às funções:

$$y = Ak$$

$$v(c) = \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \quad (10)$$

$$h(x) = \frac{B}{\gamma} x^\gamma$$

$$x = y.\phi(z) = Ak.z^\beta$$

<sup>16</sup> A demonstração desse modelo estático encontra-se em Barros (2007).

Substituindo essas expressões no problema (8), tem-se que o problema do planejador social passa a ser:

$$\max U = \int_{t=0}^{\infty} \left( \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{B}{\gamma} \cdot (A.k.z^\beta)^\gamma \right) \cdot e^{-\rho.t} . dt$$

s.a

$$\dot{k} = A.k.z - c$$

Na maximização de um modelo AK, sem a interferência da poluição, tem-se uma taxa de retorno constante, isto é, ( $r=A$ ). No modelo de Stokey, o produto é gerado com o estoque de capital e o nível de poluição agregada como insumos; por isso, o produto marginal do capital passa a ser:

$$r = \left( \frac{\beta-1}{\beta} \right) Az$$

Assim, pela expressão (12), o retorno do capital passa a declinar em conseqüência da diminuição das emissões ( $z$ ). À medida que o estoque de capital cresce, os padrões ótimos de emissão tornam-se mais restritivos e isto reduz a taxa real de retorno, chegando ao ponto de cessar a acumulação se a taxa deixar de ser atrativa para os produtores.

Segundo a autora, considerando-se o pressuposto de retorno constante de escala para a tecnologia, a única maneira de manter a taxa de retorno à medida que o estoque de capital cresce é permitir que a poluição total aumente proporcionalmente ao capital. Consequentemente, esse modelo gera uma visão pessimista sobre o crescimento de longo prazo e a continuação na melhora da qualidade ambiental.

O outro modelo que será combinado com o de Stokey (1998) foi apresentado por Barro e Sala-i-Martin (1995). Este mostra que a regulação, representada por ( $G$ ), ao oferecer serviços por meio de polícias, tribunais, associações, órgãos ambientais, permite, entre outras coisas, implementar e garantir os direitos de propriedade. Assim, tem-se no modelo o termo  $P(G/Y)$  que significa a probabilidade de que esses serviços gerem um efeito positivo no crescimento da renda. Isso pode ser observado na função de produção que os autores apresentam:  $Y=AK P(G/Y)$ .

Neste modelo, esses serviços públicos, que denominaremos serviços regulatórios, são responsáveis por garantir o ambiente institucional capaz de induzir o crescimento de longo prazo. Para esses autores, os serviços de polícia, dos tribunais, das agências, da defesa nacional, entre outros, afetam a probabilidade de que as pessoas mantenham os direitos sobre seus bens e suas transações; assim, geram incentivos para produzir e utilizar os recursos naturais de forma racional. Com efeito, o aumento em ( $G$ ), relativamente ao produto agregado, expande o ( $Y_t$ ) para um dado ( $K_t$ ).

$$Y_t = AK_t P(G/Y)$$

onde  $P' > 0$  e  $P'' < 0$

O incremento em  $P(G/Y)$  aumenta a probabilidade de que a melhora nos direitos de propriedade reduza custos de transação e gere um ambiente propício a novos investimentos. Todavia, por conta do congestionamento, se um incremento na renda ( $Y$ ) for superior aos gastos com serviços regulatórios ( $G$ ), pode ocorrer a diminuição de ( $Y_t$ ), ou seja, o modelo sustenta que ( $G$ ) não deve diminuir em relação ao produto agregado ( $Y$ ), pois isso diminuiria o ritmo de acumulação de capital. Assim, o modelo mostra que a oferta de serviços públicos, garantindo os direitos de propriedade em todos os segmentos, pode aumentar a taxa de crescimento econômico e melhora a gestão dos recursos naturais.

Um pressuposto deste modelo é que para financiar-se, o governo utiliza um imposto proporcional ao serviço público que cada agente irá demandar para garantir seus direitos de propriedade. Assim, o total

dos impostos arrecadados para esse fim expressa-se pela relação entre os gastos com serviços regulatórios e o nível de renda,  $(\tau = \frac{G}{Y})$ . Dessa forma, a função de produção com o imposto fica da seguinte forma:

$$Y_i = (1 - \tau)AK_iP(\tau) \quad (14)$$

No caso do modelo de serviços públicos com congestionamento, de Barro e Sala-i-Martin (1995), o planejador social maximiza a seguinte função:

$$\begin{aligned} \max U &= \int_{t=0}^{\infty} U(c) e^{-\rho t} dt \\ \text{s.a} & \\ \dot{k} &= (1 - \tau)AK.P(\tau) - c \quad \text{onde } y = AK \end{aligned} \quad (15)$$

Destaca-se que o efeito dos serviços públicos sobre o crescimento econômico envolve dois efeitos. No primeiro efeito, o termo  $(1 - \tau)$  gera um impacto negativo da taxaço sobre o produto. O outro efeito, representado pelo termo  $P(\tau)$ , mostra o impacto positivo dos serviços regulatórios na produção.

## 1.2 Combinação dos Modelos

Antes de apresentar a combinação dos modelos de crescimento endógeno do tipo (AK) apresentados em Stokey (1998) e em Barro e Sala-i-Martin (1995), é preciso ressaltar que a análise estática realizada no início do artigo de Stokey (1998) permitiu mostrar que é possível que haja a reversão da degradação conforme preconiza a CKA. A conclusão desse modelo é que a reversão ocorre porque, a partir de certo nível de renda, a utilidade marginal do consumo por bens de mercado diminui ( $\theta$ ), aumentando a elasticidade de substituição ( $\sigma$ ). Com efeito, as pessoas se dispõem a inserir em sua cesta de preferências uma quantidade maior de bens ambientais, o que explica a reversão da degradação ambiental.

Com a combinação dos dois modelos acima apresentados, o problema de maximização do planejador social para o consumidor representativo passa a ser:

$$\begin{aligned} \max U &= \int_{t=0}^{\infty} \left( \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{B}{\gamma} \cdot ((1-\tau)Ak.z^\beta P(\tau))^\gamma \right) e^{-\rho t} dt \\ \text{s.a} & \\ \dot{k} &= (1-\tau)Ak.zP(\tau) - c \end{aligned} \quad (16)$$

Dessa forma, pode-se montar o seguinte Hamiltoniano:

$$H = \left[ \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{B[(1-\tau)AKz^\beta P(\tau)]^\gamma}{\gamma} \right] e^{-\rho t} + \mu[(1-\tau)AKzP(\tau) - c] \quad (17)$$

onde  $(\tau = \frac{G}{Y})$  é o imposto e significa o tamanho do serviço regulatório e  $P(\tau)$  é a probabilidade que as ações do governo relacionadas a direitos de propriedade afetem positivamente a produção via redução dos custos de transação.

As condições de maximização serão:

$$H_c = 0 ; H_z = 0 \quad H_k = -\dot{\mu} ; \lim_{t \rightarrow \infty} k \cdot \mu = 0$$

Fazendo:

$$\frac{\partial H}{\partial c} = 0, \quad c^{-\sigma} e^{-\rho t} - \mu = 0 \quad \therefore \mu = c^{-\sigma} e^{-\rho t} \quad (18)$$

Derivando (18) em relação ao tempo, tem-se:

$$\dot{\mu} = -\sigma c^{-\sigma-1} \dot{c} e^{-\rho t} - \rho c^{-\sigma} e^{-\rho t} \quad (19)$$

Em seguida faz-se:

$$\frac{\partial H}{\partial z} = 0, \quad -B[(1-\tau)AKz^\beta P(\tau)]^{\gamma-1} (1-\tau)\beta AKz^{\beta-1} P(\tau)e^{-\rho t} + \mu[(1-\tau)AKP(\tau)] = 0$$

logo:

$$\mu = B[(1-\tau)AKz^\beta P(\tau)]^{\gamma-1} \beta z^{\beta-1} e^{-\rho t} \quad (20)$$

Igualando (20) com (18):

$$c^{-\sigma} = B\beta[(1-\tau)AKz^\beta P(\tau)]^{\gamma-1} z^{\beta-1} e^{-\rho t} \quad (21)$$

Agora fazendo:

$$\frac{\partial H}{\partial K} = -\dot{\mu},$$

$$-B[(1-\tau)AKz^\beta P(\tau)]^{\gamma-1} (1-\tau)Az^\beta P(\tau)e^{-\rho t} + \mu[(1-\tau)AzP(\tau)] = -\dot{\mu} \quad (22)$$

Substitua (18) em (22) e iguale com (19) e faça alguns exercícios de simplificação, chega-se a:

$$Az(1-\tau)P(\tau)\left(1-\frac{1}{\beta}\right) - \rho = \sigma \frac{\dot{c}}{c} \quad (25)$$

$$\gamma = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} \left[ Az(1-\tau)P(\tau)\left(1-\frac{1}{\beta}\right) - \rho \right] \quad \text{Equação de Euler} \quad (26)$$

No modelo AK todas as taxas crescem a um mesmo nível, por isso,  $(\gamma)$  corresponde à taxa de crescimento da acumulação de capital e de consumo. Pela equação de Euler sabemos que  $\gamma = \frac{1}{\sigma}[r - \rho]$ , logo:

$$r = Az(1-\tau)P(\tau)\left(1-\frac{1}{\beta}\right) \quad (27)$$

O resultado mostra que, diferentemente do modelo de Stokey (1998), com a redução da poluição, isto é, com a redução de  $(z)$ , variando de  $[0,1]$ , não ocorre, necessariamente, a redução da acumulação de capital. O modelo proposto permite mostrar que a regulação, ao ofertar serviços que afetem o ambiente institucional relativo a direitos de propriedade, pode aumentar a taxa de acumulação de capital. Isso pode acontecer devido ao incremento da probabilidade de que os direitos de propriedade gerem um incentivo para a produção e reduzam os custos de transação, inclusive referentes à gestão de recursos naturais.

Dessa forma, a regulação é crucial para garantir o funcionamento dos incentivos, contudo, se o tamanho do serviço regulatório for muito grande, gerará distorções por conta dos impostos; se for muito pequeno, gerará o congestionamento e não se terá efetividade na implementação e garantia do ambiente institucional.

Para descobrir o tamanho ótimo do serviço regulatório nesse modelo ( $G^*$ ), basta utilizar a equação (26) e maximizar ( $\gamma$ ) com relação a ( $\tau$ ):

$$\gamma = \frac{c}{c} = \frac{1}{\sigma} \left[ Az(1-\tau)P(\tau)(1-\frac{1}{\beta}) - \rho \right] \quad (26)$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial \tau} = \frac{1}{\sigma} [-AzP(\tau)(1-1/\beta) + P'(\tau)Az(1-\tau)(1-1/\beta)] = 0 \quad (28)$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial \tau} = \frac{1}{\sigma} [Az(1-1/\beta)[-P(\tau) + P'(\tau)(1-\tau)] = 0 \quad (29)$$

A condição que será testada é a de:

$$P'(\tau)(1-\tau) = P(\tau) \quad (30)$$

Segundo Barro e Sala-i-Martin (1995), tem-se que:

$$\frac{\partial Y}{\partial G} = \frac{P'(\tau)}{P(\tau) + \tau P'(\tau)} \quad (31)$$

Substituindo (30) em (31) chega-se a:

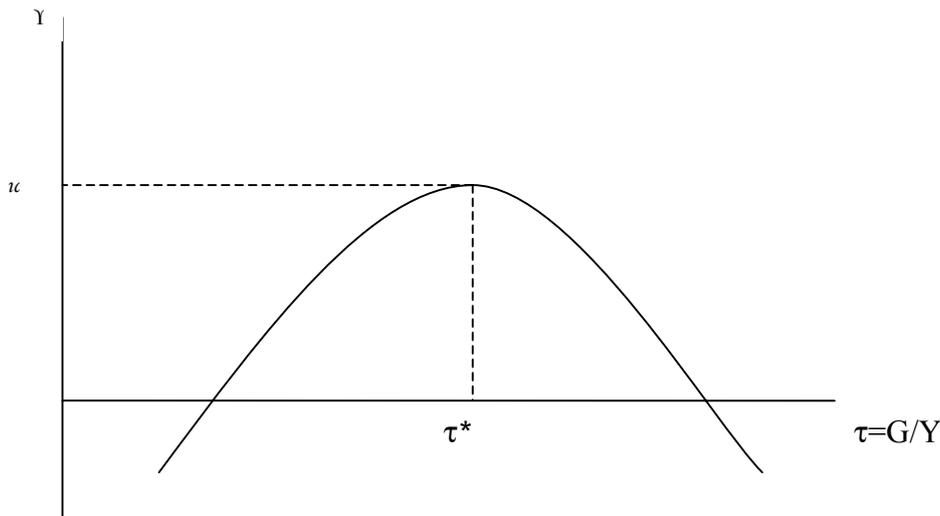
$$\frac{\partial Y}{\partial G} = \frac{P'(\tau)}{(1-\tau)P'(\tau) + \tau P'(\tau)} = 1 \quad (32)$$

Assim, tem-se que  $\frac{\partial Y}{\partial G} = 1$  é a condição natural de eficiência para o tamanho do serviço regulatório<sup>17</sup> e pode ser visualizada na figura 2, abaixo.

---

<sup>17</sup> O custo social de uma unidade de ( $G$ ) é 1 e o benefício é  $\frac{\partial Y}{\partial G}$ , por isso,  $\frac{\partial Y}{\partial G} = 1$  iguala o custo marginal com o benefício marginal (Barro e Sala-i-Martin, 1995).

**Figura 2 – Crescimento Econômico e Tamanho do Serviço Regulatório**



Fonte: Barro e Sala-i-Martin (1995)

Com efeito, se o tamanho do serviço regulatório ficar maior que  $\tau^*$ , espera-se que a taxa de crescimento de longo prazo diminua.

A intuição do modelo proposto é que, no início do processo de desenvolvimento de determinado país, a população está menos disposta a trocar consumo por qualidade ambiental. Assim, no estágio inicial de desenvolvimento as pessoas estão menos dispostas a internalizar os custos de se implementar o ambiente institucional que possa reverter o problema de ação coletiva.

A partir de determinado ponto, quando se tem a escassez do recurso natural, os agentes passam a querer internalizar os custos de criar os direitos de propriedade. Por isso, faz-se necessária uma regulação capaz de garantir os direitos de propriedade.

### 1.3 Análise das Implicações do Modelo

Segundo o modelo desenvolvido, a reversão da poluição, ao ocorrer, conforme descreve a CKA, gera um efeito negativo no crescimento de longo prazo. Isso acontece em decorrência do aumento dos custos de abatimento da degradação que são induzidos por mudanças na preferência intertemporal das pessoas que, a partir de determinado nível de renda *per capita*, preferem reduzir o nível de consumo de bens de mercado para terem menos poluição. Em outras palavras, como o modelo trabalha com dois insumos - consumo e poluição - a utilidade marginal do consumo ao diminuir, aumenta a elasticidade de substituição. Esse efeito é captado pela variável ( $z$ ) no modelo, isto é, o nível de emissões diminui em virtude do maior controle ambiental gerado pelo desejo por qualidade ambiental. Isso produz efeitos negativos no crescimento graças ao impacto dos custos de abatimento e de regulação nas taxas de retorno, portanto, afeta negativamente a acumulação de capital.

O principal diferencial do modelo está em mostrar que ocorre uma compensação desse efeito negativo por outro canal, isto é, para compensar esse efeito na taxa de crescimento de longo prazo, o termo  $P(G/Y)$  pode gerar um impacto positivo para a acumulação de capital. Isso se dá porque esse termo representa o serviço regulatório que garante o ambiente institucional e este reduz os custos de transação e induz os investimentos e a apropriação eficiente dos recursos naturais. Essa *rationale* segue o Teorema de Coase no qual, em um ambiente com direitos de propriedade bem definidos e com baixos custos de transação, as partes negociam e chegam a uma solução ótima (Coase, 1960). Esse argumento reforça a idéia de que a regulação, em um cenário com custos de transação e falhas de mercado, é necessária para promover os incentivos ao investimento, à inovação tecnológica e ao aperfeiçoamento da gestão ambiental.

Outro ponto-chave é que, pelo modelo, cada indicador de poluição tem um ambiente institucional específico com leis, outorgas, cotas, permissões, licenças, normas de conduta e organizações afetas a ele. Como a regulação de cada indicador está sujeita a diferentes incentivos, isso sugere que cada poluente, dependendo do país, da região e da época em que o estudo seja realizado, deva ter uma forma funcional e um ponto de reversão diferentes.

Essa análise reforça os indícios de que a reversão da degradação não ocorre simplesmente em razão do atingimento de um determinado nível de renda *per capita*, mas também devido ao ambiente institucional, isto é, às instituições e às organizações que foram implementadas para reduzir os custos de transação e que permitiram reforçar a governança ambiental.

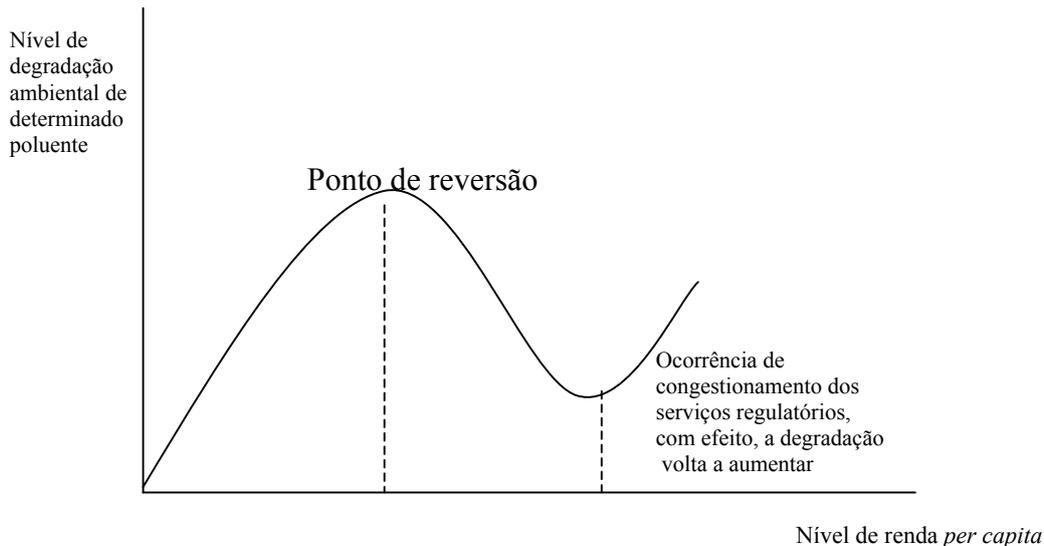
É a governança ambiental, em última análise, que garante a reversão dos indicadores de poluição, sendo ela resultante do ambiente institucional que, por sua vez, dependerá dos grupos detentores do poder político (Acemoglu *et al.*, 2005 e Deacon e Mueller 2004). Esses grupos alterarão o ambiente institucional e, conseqüentemente, os direitos de propriedade em interesse próprio ou por pressão da sociedade. Essa pressão social é resultado, entre outras coisas, da maior utilidade, em relação aos bens de mercado, que os agentes estão atribuindo à qualidade ambiental. Com efeito, se o ambiente institucional garantir compromissos críveis, monitoramento e sanções, entende-se que os incentivos possam ser capazes de induzir o crescimento econômico de longo prazo com crescente aperfeiçoamento da gestão ambiental.

Neste ponto da análise, cabe destacar que, pelo que mostra o modelo, quando se analisam indicadores de poluição, se está investigando se a governança ambiental específica para aquele indicador foi incrementada. Com efeito, não há que se falar em desenvolvimento sustentável pela reversão de apenas alguns indicadores de poluição. O atingimento do crescimento sustentado e equilibrado ambientalmente é algo mais complexo, abrange muitas outras variáveis, como, por exemplo, a sinergia dos efeitos da degradação e a capacidade de suporte do sistema. Como afirmam Bhattarai e Hammig (2004), ainda não existe uma medida aceitável de um indicador que represente uma ampla gama de indicadores de poluição. Por isso, o conceito de Brock e Taylor (2004) de que desenvolvimento sustentável pode ser expresso por uma trajetória de crescimento equilibrado com crescentes níveis de renda *per capita* e de padrões de qualidade ambiental não satisfaz a visão ampla de sustentabilidade.

Outra questão na teoria da CKA que o modelo ajuda a explicar é a instabilidade do comportamento da curva. Conforme apresentado na Tabela 1, vários estudos empíricos mostraram que para alguns poluentes a reversão da degradação ocorre a partir de determinado ponto da renda *per capita*, mas volta a crescer depois, apresentando uma relação cúbica entre renda e poluição (Grossman e Krueger, 1991; Kulh 2004; Ekins 1997).

Segundo o modelo, isso pode ocorrer devido ao congestionamento dos serviços regulatórios, isto é, se por algum motivo o produto da economia (Y) crescer mais que os serviços que determinam o ambiente institucional (G), os incentivos de investir e tomar medidas com maior restrição ambiental diminuem. Como exemplo desse congestionamento, podemos citar os casos em que o volume de processos nas organizações é superior à capacidade de atendimento de suas respectivas atribuições. Nesse sentido, entre os possíveis exemplos, podem-se citar licenças ambientais paralisadas, fiscalizações insuficientes, morosidade nas decisões dos tribunais, incapacidade de gerenciamento do volume de outorgas de direito de uso da água nas secretarias de recursos hídricos e de permissões de uso de recursos naturais (vide figura 3).

**Figura 3 – A CKA e o efeito de congestionamento**



A questão do congestionamento dos serviços regulatórios tem grande importância na discussão da CKA, pois alguns dos autores, entre eles Battharai e Hammig (2001), defendem que a regulação ambiental é necessária principalmente antes da reversão, porque após isso a economia seguiria uma trajetória de aperfeiçoamento da qualidade ambiental. Diferentemente dessa idéia, o modelo mostra que a regulação tem que estar sempre presente; caso contrário, é possível que a degradação volte a crescer, mesmo com um elevado nível de renda *per capita*. Essa evidência imprime maior aderência da teoria à realidade, pois o argumento de outros autores de que a reversão se daria exclusivamente graças ao aumento da renda *per capita* não se sustenta, uma vez que essa degradação pode voltar a crescer em pontos com elevados níveis de renda.

Outra contribuição importante do modelo desenvolvido é que o imposto cobrado não é do tipo *lump sum*; por isso, é eficiente à medida que obriga o agente que estiver causando a necessidade de regulação ou que estiver causando o congestionamento a pagar exatamente por esse serviço. Dessa forma, o imposto obriga o agente a internalizar o custo que estiver gerando. Se isso acontecer, pode-se imaginar que no ponto eficiente de gastos de governo  $\frac{\partial Y}{\partial G} = 1$ , todas as externalidades foram internalizadas e a regulação do governo está em seu tamanho ótimo. Por isso, a probabilidade de que ocorra a reversão, conforme previsto na CKA, é maior nesse ponto. Isto é, o ponto ótimo da regulação aumenta a probabilidade da governança ambiental acontecer. Essa evidência, ao ressaltar a internalização das externalidades, garante a interface entre o nível de regulação ótima, o aperfeiçoamento da governança ambiental e a reversão da CKA.

Observa-se, portanto, que o modelo teórico apresentado é mais amplo que a argumentação usual da CKA, pois não está somente preocupado com a poluição, mas com a apropriação dos bens e serviços ambientais como um todo, bem como com o crescimento de longo prazo da economia. Assim, a teoria da CKA recebe novas evidências teóricas com o modelo desenvolvido, pois este insere o ambiente institucional como elemento indutor da governança ambiental e, conseqüentemente, da reversão da degradação ambiental.

## CONCLUSÃO

Conforme apresentado no artigo, a teoria da CKA tem fundamental importância no desenvolvimento da teoria econômica não apenas porque traz para discussão o problema do comportamento agregado da poluição, mas principalmente porque instiga a investigação sobre os canais que permitem reduzir a degradação ambiental. Nesse sentido, o modelo desenvolvido mostrou alguns argumentos sobre a necessidade de mudanças na abordagem da CKA, com vistas a aumentar seu poder explicativo.

O artigo atingiu seu objetivo ao desenvolver um modelo que explica o comportamento da CKA e sugere uma nova abordagem que, em termos gerais, permite enxergar a poluição como um problema de ação coletiva, inserir na análise o ambiente institucional relativo a direitos de propriedade e mostrar que a reversão se dá graças ao atingimento da governança ambiental, fruto desse ambiente que influencia os efeitos tecnologia e composição.

A hipótese foi corroborada na medida em que, segundo o modelo, é possível a coexistência de padrões mais restritivos de poluição com crescimento de longo prazo. Se a regulação governamental aperfeiçoar a definição e o controle dos direitos de propriedade, podem-se reduzir custos de transação e garantir um ambiente mais propício a investimentos, à inovação tecnológica e à apropriação eficiente dos recursos naturais.

Outra contribuição do modelo é que ajuda a explicar algumas questões não respondidas pela teoria da CKA. Entre as questões destaca-se que o ambiente institucional é o canal que incentiva ações que incrementam os efeitos tecnologia e composição. Além disso, o fato de o comportamento dos agentes frente ao poluente depender do ambiente institucional explica por que um mesmo indicador de degradação apresenta formas e pontos distintos de reversão da degradação, dependendo da área e da época em que se analise. Outra questão é que a instabilidade do comportamento dos poluentes pode ser explicada pelo congestionamento dos serviços regulatórios, pois isto pode causar uma interrupção dos incentivos para buscar soluções mais eficientes e ambientalmente adequadas.

Além dessas questões, o modelo pressupõe que a pressão social, fruto de uma maior demanda de qualidade ambiental, forçará os grupos políticos a modificar o ambiente institucional para minimizar os custos e as externalidades que estejam ocorrendo. Com efeito, o modelo mostra que a reversão da degradação ocorre quando se resolve o problema de ação coletiva, isto é, quando o ambiente institucional permite reforçar a governança ambiental.

O artigo lança evidências sobre a necessidade de regulação para garantir o crescimento de longo prazo e a reversão da degradação ambiental. A regulação, ao ofertar serviços de controle e cumprimento dos direitos de propriedade, gera compromissos críveis e, conseqüentemente, condições para o aumento do investimento, da tecnologia e da governança ambiental. Todavia, isso não significa que o governo resolverá o problema de ação coletiva, mas simplesmente ajudará a dar condições para isso.

Além disso, é preciso estar atento ao tamanho da regulação, pois é possível gerar pontos ineficientes, ou seja, se a regulação superar seu tamanho ótimo pode ocorrer uma distorção alocativa e um incremento da ineficiência. Ademais, se o produto (Y) crescer muito rápido e os serviços de regulação (G) não acompanharem, haverá um congestionamento, a acumulação diminuirá e a Curva de Kuznets Ambiental poderá voltar a crescer.

Como exemplo de que o congestionamento afeta a gestão ambiental e o desenvolvimento econômico, podem ser citados os casos de licenças ambientais paralisadas, fiscalizações insuficientes, morosidade das decisões dos tribunais e deficiência no controle de outorgas de direito de uso da água, de permissões e de cotas. Nesses casos, é possível que o controle, o monitoramento e os compromissos críveis deixem de acontecer, influenciando os agentes a tomarem as estratégias que levam a uma maior degradação.

De forma geral, a mensagem do modelo é que os países podem alcançar o crescimento sustentado de longo prazo com aperfeiçoamento da gestão ambiental se gerarem os incentivos que permitam aos agentes maior clareza e segurança sobre os direitos de propriedade como um todo, inclusive os relacionados a recursos naturais.

Em suma, o modelo desenvolvido lança alguns argumentos para três perguntas basilares desse tema, que são: 1) qual a relação do crescimento e do meio ambiente? ; 2) como escapar do limite do crescimento imposto pelas crescentes restrições de controle ambiental? ; 3) onde as futuras pesquisas devem concentrar-se?

## **BIBLIOGRAFIA**

ACEMOGLU, D.; JOHNSON, S.; ROBINSON, J. (2004). *Institutions as the Fundamental Cause of Long-run Growth*. National Bureau of Economic Research, Working Paper 10481, Cambridge.

ALSTON, L; MUELLER, B. (2005). *Property Rights and the State*. In: Handbook of New institutional Economics, Dordrecht: Springer, 573-590.

ANTLE, J.M.; HEIDEBRINK, G. (1995). *Environment and Development: Theory and International Evidence*. Economic Development and Cultural Change 43: 603-625.

BARRO, R. J.; SALA -i-MARTIN, X. (1995). *Economic Growth*. McGraw-Hill.

BARROS, F. H. G. (2000). *Como a Desigualdade Social afeta a Relação entre Crescimento Econômico e a Degradação Ambiental: A Curva de Kuznets Ambiental para o caso Brasileiro*. Dissertação do Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Universidade de Brasília.

\_\_\_\_\_. (2007). *Três Ensaio sobre a Influência das Instituições na Governança Ambiental: Revisitando aspectos relativos a Comportamento do Agentes, Crescimento Econômico e Políticas Públicas*. Tese de Doutorado defendida no Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

BECKERMAN, W. (1992). *Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?*. World Development, v.20, p. 481-496.

BHATTARAI, M. HAMMIG, M. (2001). *Institutions and the Environmental Kuznets Curve for Deforestation: A Crosscountry Analysis for Latin America, Africa e Asia*. World Development, vol. 29, n. 6, pp. 995-1010.

\_\_\_\_\_. (2004). *Governance, Economic Policy, and the Environmental Kuznets Curve for Natural tropical Forests*. Environment and Development Economics 9:367-382.

BROCK. W., TAYLOR,M. (2004). *Economic Growth and the Environment: A review of Theory and Empirics*. Calgary University, Department of Economics. Working Paper. 2004-14.

COASE, R. H (1960). *The Problem of Social Cost*. The Journal of Law and Economics, 3:October, pp.1-44.

CROPPER, M. & GRIFFITHS, C. (1994) *The Interaction of Population Growth and Environment Quality*, American Economic Review, v.84, p. 250-254.

DEACON, R.; MUELLER, B. (2004). *Political Economy and Natural Resource Use*. University of California, Santa Barbarra. Departmental Working Papers. Paper01'04.

EKINS, P. (1997). *The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence*. Environment and Plannig, v.29, p. 805-830.

GROSSMAN, G.M.; KRUEGER, A.B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research Working Paper 3914, NBER, Cambridge, MA.

\_\_\_\_\_. (1994). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, in: P. Garber, ed., The US-Mexico Free Trade Agreement , Cambridge, MA: MIT Press. 1994.

KOMEN, M. H. C. ; GERKING, S. & FOLMER, H. (1997). *Income and Environmental R&D: Empirical Evidence from OECD countries*, Environment and Development Economics, v.2, p. 505-515.

KULH, T. V; ARRAES, R.A. (2004). *Environmental Protection and Economic Growth*. Anpec 2004.

LANNA, A.E. (1999). *Hidroeconomia*. In: Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo. Escrituras Editora.

LOPEZ, R. (1994). *The Environment as a Factor of Production: the Effects of Economic Growth and Trade Liberalization*. Journal of Environmental Economics and Management, v.27, p. 163-184.

McCONNELL, K. E. (1997). *Income and the Demand for Environmental Quality*. Environment and development Economics 2:383-399.

MUNASINGHE, M. (1998). *Countrywide policies and Sustainable Development: are the Linkages Perverse?* In: The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 1998/1999 - A Survey of Current Issues, p. 33-88.

MUNASINGHE, M. (1999). *Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling through the Environmental Kuznets Curve*. Ecological Economics 29: 89-109.

NORTH, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. New York: Cambridge University Press.

PANAYOTOU, T. (1993). *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Technology and Employment Programme*. International Labour Office, Geneva.

\_\_\_\_\_. (1995). *Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*, In: Ahmed and J.<sup>a</sup> Doleman, eds., Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World, London: MacMillan.

\_\_\_\_\_. (1997). *Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool*. Environment and Development Economics, 2 (4), 465-484.

SELDEN, T.M. & SONG, D. (1994) *Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for Air Pollution?*, Journal of Environmental Economics and Management, v.27, p. 147-162.

SHAFIK, N. & BANDYOPADHYAY, S. (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence*. Background Paper for the World Development Report 1992, The World Bank, Washington DC.

STERN, D. I. (1998). *Progress on the Environment Kuznets Curve?*. Environment and Development Economics, v.3, p. 173-196.

SMITH, R.J. (1981). *Resolving the Tragedy of the commons by Creating Private Property Rights in Wildlife*. CATO Journal 1:439-68.

STOKEY, N. L. (1998). *Are There Limits to Growth?*. International Economic Review, vol. 39, n. 1.

TARQUÍNIO, T.T. (1994). *Taxa de Poluição Ambiental: Simulação do Emprego de Instrumentos Econômicos à Gestão de Recursos Hídricos no Paraná*. Curitiba, Instituto Ambiental do Paraná, coletânea de textos traduzidos.

TORRAS, M.; BOYCE, J.K. (1998). *Income Inequality and Pollution: Reassessment of the Environmental Kuznets Curve*. Ecological Economics, 25(2), 147-160.