

Ricardo Alves de Brito

**CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL: UMA REVISÃO
TEÓRICA E APLICAÇÃO PARA A AMAZÔNIA LEGAL**

Recife
2012

Brito, Ricardo Alves de

Curva de Kuznets ambiental: uma revisão teórica e aplicação para a Amazônia legal / Ricardo Alves de Brito. - Recife : O Autor, 2012.

51 folhas.

Orientador: Prof^o. Dr^o Yony de Sá Barreto Sampaio e Co-orientadora Prof^a. Dr^a. Andrea Sales de Azevedo Melo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Desmatamento. 2. Curva de Kuznets Ambiental. 3. Amazônia legal. I. Sampaio, Yony de Sá Barreto (Orientador). II. Melo, Andrea Sales de Azevedo (Co-orientadora). III. Título.

330 CDD (22.ed.) UFPE/CSA 2012 - 012

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Economia
PIMES/UFPE
MESTRADO EM ECONOMIA**

Ricardo Alves de Brito

**CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL: UMA REVISÃO
TEÓRICA E APLICAÇÃO PARA A AMAZÔNIA LEGAL**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Economia da Universidade Federal
de Pernambuco, em cumprimento às exigências da
obtenção do grau de Mestre em Economia.**

**Orientador: Yony de Sá Barreto Sampaio
Co-orientadora: Andrea Sales de Azevedo Melo**

Recife
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO ACADÊMICO EM ECONOMIA DE

RICARDO ALVES DE BRITO

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Ricardo Alves de Brito **APROVADO**.

Recife, 24/02/2012

Prof. Dr. Yonny de Sá Barreto Sampaio
Orientador

Prof. Drª Andrea Sales Soares de Azevedo Melo
Co-Orientadora

Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior
Examinador Interno

Profª Drª Gisélia Benini Duarte
Examinador Externo/UFRPE

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi fruto de muito esforço e muita luta interior. Eu agradeço aos meus pais por sempre me apoiarem mesmo nos momentos em que talvez eu tenha me afastado um pouco deles. Quero agradecer também ao meu irmão, e aos meus amigos e colegas do mestrado que sempre me apoiaram. Gostaria de agradecer especialmente à Synthia Santana que sempre me apoiou desde a graduação e a Fábio Moura, uma nova amizade da qual tenho muito orgulho e felicidade de tê-la construído e com a qual consegui levar esse mestrado adiante. Quero agradecer também à minha orientadora, profa. Andrea Sales, que sempre teve uma paciência quase budista comigo e sem a qual eu provavelmente não conseguiria ter foco suficiente para realizar este texto. Por fim, agradeço a Deus e aos professores com quem tive aulas no mestrado e me ensinaram quão maior é o meu verdadeiro limite. Este trabalho não está isento de erros e equívocos, mas contém todas as lágrimas e gotas de suor que o tornam genuíno.

RESUMO

Este trabalho busca fazer uma revisão crítica sobre a literatura da Curva de Kuznets Ambiental e procura testar a existência dessa relação para os municípios da Amazônia Legal. Vários motivos com relação ao formato da curva encontrada pelos autores pesquisados são discutidos no texto. A metodologia adotada foi a de dados em painel usando estimadores de Arellano-Bond, uma metodologia a qual nunca foi utilizada de acordo com a literatura pesquisada. Os resultados mostram que só no modelo quadrático é possível obter uma relação linear entre a renda e a degradação ambiental – no caso, desmatamento. Além disso, mostra que a tecnologia, a atividade pecuária e agrícola, além do balanço dos municípios é importante para explicar a degradação ambiental.

Palavras-chave: Desmatamento, Curva de Kuznets Ambiental, Amazônia Legal

ABSTRACT

This work aims to do a critical review about the Environmental Kuznets curve literature and tries to test this relationship among the Brazilian Legal Amazon municipalities. Several reasons found by the researched authors justifying the Environmental Kuznets Curve are discussed in the text. The adopted methodology was Arellano-Bond estimators using panel data, a methodology that has never been found among the researched articles. The results found indicate that only in the quadratic model is possible to identify a linear relationship between income and environmental degradation – deforestation in this case. Besides that, it shows that technology, livestock and farming activities and the municipality budget are important to explain deforestation.

Keywords: Deforestation, Environmental Kuznets Curve, Legal Amazon

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
1. A CURVA DE KUZNETS E SEUS DETERMINANTES	11
1.1 Explicações teóricas para o formato da curva.....	12
1.1.1 Determinantes da Curva de Kuznets	12
1.1.2 Determinantes para a forma em “N”	17
1.1.3 Quando nenhuma das formas foi encontrada	18
1.2 Fatores determinantes da qualidade ambiental	20
1.3 O Desmatamento e a curva de Kuznets ambiental	23
1.4 Críticas aos modelos apresentados	26
1.4.1 Análises em cross-section.....	26
1.4.2 Análises em dados de painel.....	27
1.4.3 Análises de séries históricas e modelos estruturais	28
1.4.4 Modelos analíticos.....	29
1.4.5 Algumas considerações	30
2. Metodologia.....	33
2.1 Dados e proposta de função a ser estimada	33
2.2 Modelo a ser utilizado para estimar a curva de Kuznets ambiental.....	36
3. RESULTADOS ENCONTRADOS	39
4. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	44
Apêndice A - Regressões por mco para comparação com o modelo proposto.....	51

INTRODUÇÃO

A relação entre crescimento e emissão de poluentes, ou qualidade ambiental, vem sendo analisada desde a década de 1970 (KAUFMANN; CLEVELAND, 1995; ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006). Contudo, ela só veio a tomar a forma de Curva de Kuznets Ambiental¹ com os estudos que se desenvolveram partir da década de 1990. Entre esses estudos podem ser citados os de Kaufmann e Cleveland (1995), Bruyn, Van der Bergh e Opschoor (1998), Kaufmann et al (1998), Munasinghe (1999), Suri e Chapman (1998) e Torras e Boyce (1998).

A hipótese inicial é que, em termos macroeconômicos, à medida que a economia cresce, ela vai se tornando mais agressiva ao meio ambiente, até que encontra um limiar quando os efeitos tecnológicos e de composição passam a ser preponderantes². Do ponto de vista microeconômico, afirma-se que a preferência do consumidor, medida por sua elasticidade-renda, revela que a qualidade ambiental se torna um bem de luxo (LIM, 1997; DINDA; COONDOO; PAL, 2000)³.

A discussão sobre a Curva de Kuznets Ambiental é importante porque é do aprofundamento desta discussão que deve ser definida a necessidade ou não de política pública, tendo em vista corrigir os danos ambientais causados pelo crescimento econômico. Em tese, uma vez que seja provada a aderência da curva aos dados reais, não haveria a necessidade de definição de políticas direcionadas para este fim. Todavia, como Munasinghe (1999) e Dinda (2004) relatam, os resultados encontrados na literatura têm se mostrado contraditórios e, muitas vezes, inconclusivos⁴. Outrossim, em muitos estudos, mesmo quando se consegue comprovar a existência da curva, há a presença de variáveis explicativas que vão além da simples questão tecnológica ou de elasticidade-renda, como citado acima. Há vários exemplos na literatura que, por exemplo, mostram que educação e comprometimento institucional (a exemplo de Culas, 2007; Bhattacharya e Lueck, 2009 e

¹ A Curva de Kuznets Ambiental é uma curva em formato de “U” invertido que relaciona qualidade ambiental com renda per-capita.

² Alguns artigos questionam essa relação. Roca e Serrano (2007) afirmam que a tecnologia pode implicar em ganhos de eficiência na exploração de um recurso. Kander (2005) afirma que essa relação é superestimada por ser considerada nominalmente.

³ Há discordância com relação a esse ponto e mesmo se isso seria suficiente do ponto de vista do consumidor para se manter a qualidade ambiental, uma vez que há evidências que os padrões de consumo não foram alterados de maneira significativa (ROTHMAN, 1999).

⁴ Tanto para análises de poluentes diferentes em um mesmo artigo, quanto nos resultados encontrados por diferentes autores para um mesmo tipo de poluente.

Leitão, 2010) são determinantes na definição do formato da curva. Isto porque, pelo que eles apontam, mesmo que a solução de mercado seja possível, em termos de redução da emissão de poluentes, no longo prazo, até que isso se concretize, os danos ambientais causados correriam o risco de serem irreversíveis.

Várias são as hipóteses levantadas para os resultados inconclusivos. Do lado econométrico, há a questão das variáveis omitidas (KHANNA; PLASSMANN, 2004), da seleção da amostra, e do modelo utilizado para estimar os resultados, cujos testes de robustez devem ser realizados (MÜLLER-FÜRSTENBERGER; WAGNER, 2006). Do lado teórico, há uma discussão sobre se há de fato uma evolução industrial em termos de eficiência e diminuição da poluição (MERLEVEDE; VERBEKE; CLERCQ, 2006), bem como se o comportamento do consumidor de fato evoluiu para considerar o bem ambiental como um bem de luxo (GAWANDE; BERRENS; BOHARA, 2001; TORRAS; BOYCE, 1998).

Logo, mesmo que a indústria tenda a ser eficiente em termos ambientais – seja por causa de restrições impostas pelas instituições, seja por medo de retaliação dos consumidores – e mesmo que os consumidores estejam conscientes de sua responsabilidade ambiental, as relações entre os países e o comportamento maximizador de utilidade (consumidores) e de produção (indústria), não permitirão uma solução ótima do ponto de vista do bem-estar social. E isto acontece porque as medidas de qualidade ambiental utilizadas na análise estão mais associadas ao dano causado ao meio ambiente que à manutenção e ao fomento da riqueza ambiental⁵.

Para se medir a qualidade ambiental, há vários tipos de indicadores que podem ser utilizados. Entre eles, os mais conhecidos são os indicadores de intensidade-uso do solo e os indicadores de pressão-estado-resposta. O problema que envolve os indicadores se baseia em quais parâmetros são adequados para se medir a degradação ambiental, como os mesmos afetam a qualidade ambiental, e qual a maneira correta de medi-los. Neste trabalho utilizamos a variação da área desmatada de um ano para outro como medida da degradação ambiental.

Essa medida foi escolhida por causa da disponibilidade dos dados pelo INPE (2010) e pelo fato que os autores da literatura de desmatamento envolvendo a CKA costumam trabalhar com essa medida. Segundo Santos *et al* (2008), as principais atividades da

⁵Apesar de que a redução de poluentes possa indicar indiretamente isso, ela não mostra exatamente como os recursos ambientais se renovam, ou podem ser recuperados, e a que velocidade com que isso ocorre.

Amazônia Legal se referem à atividades agro-pastoris que implicam em atividades de desmatamento para limpeza do terreno e tratamento do solo para essas atividades as quais geralmente são feitas pelos extrativistas (SANT'ANNA; YOUNG, 2010). De acordo com o INPE, em 2007 o desmatamento alcançou a área de 700 mil quilômetros quadrados na Amazônia Legal representando 14% da área geográfica desses municípios (ARAÚJO *et al*, 2009). Esses autores também afirmam que as questões socioeconômicas referentes à pobreza e aos baixos níveis educacionais também contribuem para o quadro desfavorável, além da fraqueza das instituições em não definirem bem as noções de posse e propriedade das terras.

Esta dissertação tem como objetivo identificar, para o caso brasileiro, como o crescimento econômico dos municípios têm impactado o desmatamento. Para isso, pretende-se, a partir de uma minuciosa revisão da literatura, identificar quais fatores afetam o desmatamento especificamente sob a ótica da Curva de Kuznets Ambiental, assim como desvendar os mistérios por de trás da CKA, a partir de análise crítica.

Esta dissertação se propõe a fazer uma revisão teórica baseada na literatura pesquisada, promovendo uma sistematização da análise ainda não presente na literatura. Acredita-se que esta sistematização levará a conclusões mais robustas sobre as condições de aplicabilidade da CKA, suas limitações teóricas e empíricas. Além disso, pretende-se estimar a curva de Kuznets ambiental para os municípios da Amazônia Legal brasileira no caso do desmatamento.

Este trabalho tem como objetivo estimar uma curva de Kuznets ambiental, se possível para todos os municípios do Brasil, ou, pelo menos, para a Amazônia Legal. O caso da Amazônia legal seria mais fácil, pois o SIDRA (2009) possui vários dados para a região e há uma literatura que discute o desenvolvimento econômico e a questão ambiental na Amazônia Legal (MARGULIS, 2003; SANTOS *et al*, 2008). Este capítulo ofereceu uma breve introdução sobre a CKA. No próximo capítulo faremos a revisão crítica que servirá de motivação para o uso das variáveis apresentadas na metodologia (capítulo 3). No quarto capítulo, os resultados serão apresentados e interpretados. O quinto capítulo conclui o texto fazendo um breve resumo do que consistiu o trabalho, assim como faz observações gerais sobre o trabalho feito. O sexto capítulo apresenta as referências.

1. A CURVA DE KUZNETS E SEUS DETERMINANTES

A curva de Kuznets ambiental teve seu nome inspirado nos trabalhos de Simon Kuznets com relação a crescimento de países e desigualdade de renda. Nesses trabalhos, esse economista mostrava que inicialmente o crescimento tendia a gerar altos níveis de desigualdade, pois era necessário acumular recursos para poder se investir na produção. Com o tempo, segundo ele, os investimentos se consolidariam e os retornos acabariam diminuindo, o que levaria a uma redução da desigualdade social.

Alguns economistas descobriram uma relação parecida, mas, dessa vez, relacionando a renda ao dano ambiental. Em homenagem a Simon Kuznets, essa curva foi batizada de Curva de Kuznets ambiental (CKA). A FIGURA 1 traz uma representação da CKA.

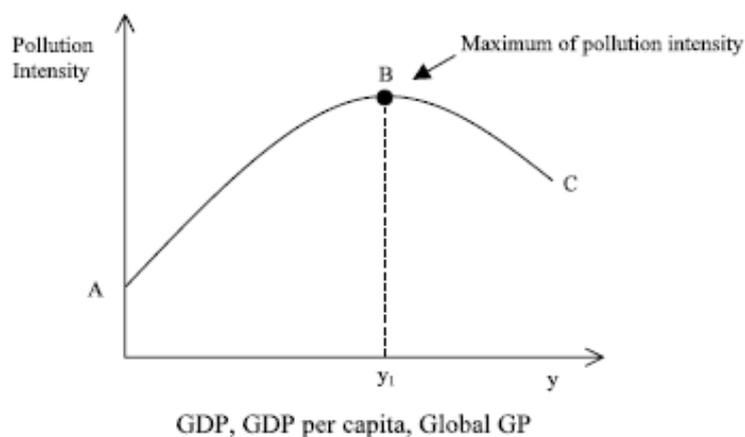


FIGURA 1 - Exemplo de curva de Kuznets Ambiental

Fonte - Tisdell (2001)

Os primeiros artigos no contexto da Curva de Kuznets Ambiental realizaram, simplesmente, uma exploração da relação entre emissão de poluentes e renda, e a partir dos resultados encontrados afirmaram que, por questões de contexto social, ou pelos fatos estilizados da teoria⁶, os resultados encontrados seriam válidos⁷. Outros autores, contudo, seja através de abordagens históricas – análise da história de um país para identificar a existência de uma CKA, podendo haver estimação econométrica - (CZECH, 2001;

⁶Evolução histórica da economia, da agricultura para o setor de serviços, aumento do preço dos recursos naturais utilizados, e elasticidade-renda crescente para a demanda por qualidade ambiental.

⁷Mesmo quando o resultado encontrado não foi o desejado, alguns autores se limitaram a dizer que o resultado encontrado não foi o da curva de Kuznets ambiental.

LINDMARK, 2002); de análises econométricas mais precisas⁸ (GALEOTTI; LANZA; PAULI, 2006; VOLLEBERGH; MELENBERGH; DIJKGRAAF, 2009); ou de abordagens estruturais (STERN, 2002; KWON, 2005; YORK; ROSA; DIETZ, 2003)⁹; procuraram entender melhor como se dá a relação entre emissão de poluentes, ou degradação ambiental de uma forma mais geral, e renda nos países ou para um país em particular.

Ou seja, ocorrem sofisticções econométricas; variações nos tipos de análise realizadas – se *crosssection* ou séries temporais –; diversificação na medida da qualidade ambiental; e ainda adição de outras variáveis, além da renda, como determinantes da CKA. E são todas estas variações da análise que têm provocado resultados inconclusivos sobre a existência ou não da Curva.

Este capítulo traz uma parte da revisão da literatura relevante para a análise que se pretende na dissertação¹⁰. Ele se encontra dividido em 4 seções. A primeira traz à tona a discussão sobre as questões teóricas que explicam o formato da curva; a segunda destaca aspectos relativos às variáveis que interferem na forma como o crescimento econômico impacta a qualidade ambiental; a terceira traz uma revisão dos trabalhos que elegeram para a análise da questão ambiental o desmatamento; e, finalmente, a quarta, traz os principais problemas encontrados nos trabalhos até agora realizados, com apresentação de sugestões para uma análise e estimativa mais robusta.

1.1 Explicações teóricas para o formato da curva

1.1.1 Determinantes da Curva de Kuznets

Um dos motivos para a curva de Kuznets ambiental ser encontrada em alguns estudos pode estar vinculado ao uso de modelos *cross-section* (CARVALHO; ALMEIDA, 2008; KHANNA; PLASSMANN, 2004; McPHERSON; NIESWIADOMY, 2005). Isso decorreria do fato de se tirar o “retrato” de um momento da evolução da degradação ambiental. Na maioria desses “momentos”, o que se percebe é o argumento macroeconômico tradicional: crescimento usando recursos naturais e aceitando a elevação

⁸Métodos semi-paramétricos e não-paramétricos. Esses métodos tentam captar a não-linearidade dos parâmetros dada a evolução da estrutura de produção e do comportamento dos consumidores.

⁹Cálculos de índices de poluição (IPAT e variações) ou modelos econométricos que testam a hipótese de um modelo econômico e buscam comprovação econométrica.

¹⁰ Este capítulo foi apresentado no IX encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (BRITO, MELO, 2011).

do nível de poluição e, em seguida, preocupação com a qualidade ambiental e com a demanda por esse bem. A mesma dinâmica pode ser usada para explicar a diferença entre países ricos e pobres (CARVALHO; ALMEIDA, 2008; McPHERSON; NIESWIADOMY, 2005), ou entre domicílios ricos e pobres (KHANNA; PLASSMANN, 2004). Contudo, como mostram os resultados de Khanna e Plassmann (2004), só emissores que tem efeitos locais fortes e atraem interesse do público (DINDA, 2004) apresentam a CKA¹¹.

Outro aspecto que pode explicar a CKA se deve à homogeneidade das unidades observadas. Para os dados da OCDE sempre é possível verificar uma curva de Kuznets ambiental (GALEOTTI; LANZA; PAULI, 2006; RICHMOND; KAUFMANN; 2006). Mesmo quando os dados para um determinado poluente não apresentam a CKA, quando feita uma regressão à parte só com os países da OCDE, ou que a maioria dos países seja da OCDE, o caso da CKA sempre se evidencia. Isso provavelmente decorre da trajetória consolidada desses grupos de países em termos de evolução econômica e do consenso político-ambiental existente entre eles. Aslanidis e Xepapadeas (2006) mostram algo semelhante para os 48 estados dos EUA para os anos de 1970 a 1997 para o caso da poluição através do enxofre. Todavia, os autores constatam também que para o NO_x – um poluente com efeitos fortemente locais - a poluição se estabiliza em um determinado nível.

Além disso, certas variáveis parecem ter importância especial para a definição da CKA. Na literatura pesquisada só dois casos foram encontrados, o primeiro o de Heerink; Mulatu; Bulte (2001), que levou em consideração o Coeficiente de Gini; e o segundo o de York, Rosa e Dietz (2003), que avaliou os impactos da concentração urbana. Nos outros artigos não foi possível discernir se haveria alguma variável que tornaria a evolução da renda significativa, uma vez que o modelo mais adequado foi apresentado sem comparações com outros modelos. Mas é crível que tal fato tenha ocorrido mesmo sem o destaque dos pesquisadores, pois a renda, por si só, não é capaz de explicar todos os eventos relacionados à degradação ambiental.

Uma maneira de ter certeza com relação às observações apontarem para a Curva de Kuznets, seria o uso de métodos semi-paramétricos e não paramétricos (ASLANIDIS, XEPAPADEAS, 2006; GALEOTTI; LANZA; PAULI, 2006; VOLLEBERGH; MELENBERGH, DJIKGRAAF; 2009). A ideia desses modelos é “deixar que os dados falem por si”. Assim, Aslanidis e Xepapadeas (2006) usaram um modelo STR (*smooth*

¹¹ Este parece ser um dos poucos consensos entre os autores.

transition regression), no qual se usa uma função de transição para saber se há alguma mudança no valor do coeficiente na estimativa da relação renda – degradação ambiental. Dessa forma, é possível testar se renda e qualidade ambiental tem uma relação linear, quadrática ou cúbica, sem que o pesquisador precise presumir uma relação. No mesmo espírito o uso de estimadores de Weibull pode ser aplicado (GALEOTI; LANZA; PAULI, 2006), e se as condições estipuladas forem atingidas, o diagnóstico com relação ao formato da curva pode ser formado. A desvantagem desses modelos é que eles ganham em complexidade à medida que mais variáveis são adicionadas, o que os tornaria desinteressantes do ponto de vista de uma análise teórica, mas bastante propício para se testar a robustez de modelos paramétricos.

Vollebergh, Mellenbergh e Djikgraaf (2009) criaram um modelo de identificação próprio, que permitiu a eles demonstrar que os efeitos da renda influem positivamente na emissão de poluentes, e que a tendência temporal contribui para a redução da poluição. Eles concluem que a proposição do modelo, as variáveis utilizadas e o horizonte de tempo utilizado podem afetar significativamente as estimativas. Contudo, vale ressaltar que, mesmo que esses problemas ocorram, é importante que se tenha alguma maneira de identificar o comportamento da renda com relação à degradação ambiental e como essas variáveis¹² podem influir analiticamente falando. Uma saída de comparação dois a dois proposta pode ser interessante em termos relativos, mas não diz o que um país precisa para ter um caminho de desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, essa análise permite comparar se um país está melhor que um outro em termos de sustentabilidade, mas não permite explicar quais fatores levam a isso.

Analiticamente, também é possível mostrar que a CKA é possível. López e Mitra (2000) criaram um modelo de teoria dos jogos para corrupção, com o qual mostram que independente das indústrias jogarem um jogo simultâneo cooperativo ou competitivo, no qual o governo é o líder, o aumento da aversão ao risco gerada pela emissão de poluentes continuada levará a uma demanda da redução da poluição nos moldes da Curva de Kuznets Ambiental¹³. Tal resultado também foi constatado econometricamente por Leitão (2010), inclusive com a constatação de que a corrupção aumenta o pico e o nível de renda

¹² Educação, desemprego, atividade agropecuária, rigor das instituições públicas entre outras abordadas pela literatura.

¹³ A corrupção no modelo do artigo reduz o risco das instituições e da população cobrarem por melhoras ambientais, deslocando a Curva de Kuznets Ambiental para a direita, além de aumentar o seu pico.

necessário para se chegar na parte descendente da CKA. Vale lembrar que tal constatação se constitui em uma realidade microeconômica, havendo a possibilidade de que as outras forças levem a um aumento da emissão de poluentes, e que o efeito total não seja o de uma CKA.

De qualquer forma, a questão da governança e da luta contra a corrupção é bastante importante (BHATTACHARYA; LUECK, 2009; CULAS, 2007; LÓPEZ; GALINATO; 2004). Bhattacharya e Lueck (2009) mostram que a homogeneidade dos indivíduos e o fato da economia ser intensiva em trabalho, e não em capital físico, pode estimular a uma evolução monotônica dos direitos de propriedade, o que garantiria a defesa dos recursos naturais. Culas (2007) mostra que o comprometimento do governo com a causa ambiental relacionada à prevenção do desmatamento leva a uma redução do pico de poluição alcançado pelo ponto de inflexão. López e Galinato (2004) mostram que tal questão varia para cada país, com o Brasil tendo uma influência positiva para a preservação da floresta.

Uma perspectiva analítica mais voltada para a macroeconomia foi a de Ayres e van den Bergh (2005), que mostrou através de uma dinâmica de “motores do crescimento”¹⁴, que a sustentabilidade ambiental¹⁵ é possível se a tecnologia de eficiência do uso e reuso do recurso ambiental for aprimorada. Dessa forma, torna-se essencial uma forte pesquisa em P&D sobre o uso eficiente da energia e dos recursos naturais. Apesar das simulações feitas no artigo oferecerem resultados interessantes, lamentavelmente ele nunca foi analisado usando parâmetros realistas. Embora os autores garantam que mesmo assim o resultado pode ser mantido, não se saberá de fato até que se faça uma aplicação a uma situação não simulada, inclusive para saber se há a possibilidade de vieses na estimação dos resultados.

Outra questão polêmica com relação à CKA se refere ao comércio internacional (COLE 2004; SURI; CHAPMAN, 1998). Polêmica porque existe a suspeita de que os países ricos estejam obtendo a CKA através da importação de insumos ricos em recurso ambiental dos países em desenvolvimento e isso levaria a uma redução da poluição em países desenvolvidos por utilizar recursos semiprocessados. Suri e Chapman (1998)

¹⁴ Nesse artigo o crescimento é dividido em três fases: uma humana na qual haveria exploração de recursos naturais, mas sem preocupações ambientais pois a quantidade de recursos extraídos era bem menor em termos relativos que os recursos disponíveis. Uma industrial na qual a exploração se torna mais intensiva e a longo prazo gera preocupações ambientais e aumento da poluição. E, finalmente, uma tecnológica na qual se busca a máxima eficiência dos recursos naturais. Esta evolução geraria uma CKA.

¹⁵ No caso, entende-se como o uso dos recursos naturais de maneira que os danos irreversíveis sejam os menores possíveis.

mostram em um painel com países dos dois tipos que, quando se faz a diferenciação entre eles a tese do “paraíso de poluição”¹⁶ pode ser comprovada. Contudo, mesmo que seja verdade que isso ocorra, uma vez que todos os países evoluem tecnologicamente, uma hora essa dinâmica haverá de terminar (COLE, 2004). Além disso, países ricos podem manifestar o desejo de importar insumos que não abusem tanto dos recursos naturais como é o caso da Finlândia (BRUVOLL; FOEHN, 2006). De qualquer forma, supondo uma tendência de uso eficiente dos recursos naturais e de evolução na pauta de produção como nos países desenvolvidos, é possível acreditar que todos se beneficiem do uso de recursos naturais alheios aos quais ineficientemente teriam acesso sem a existência do comércio internacional. Ou seja, se os países em desenvolvimento adotarem as mesmas posturas que os desenvolvidos, todos tendem a importar os devidos recursos naturais de quem consegue explorá-los da maneira mais eficiente em termos de qualidade ambiental.

De uma maneira geral, nota-se que mesmo em artigos que se propõem a fazer uma revisão da literatura (MUNASINGHE, 1999; DINDA, 2004), as variáveis explicativas da poluição são sempre associadas ao comportamento dos indivíduos e instituições com relação à emissão. Contudo, essas variáveis impactam a sociedade como um todo, ficando difícil discernir o efeito que elas têm nas fontes de degradação ambiental. Uma maneira de isolar estes efeitos seria adicionar variáveis relacionadas à emissão do poluente a ser analisado, bem como algo que represente medidas específicas contra essa emissão, ou algo que represente os incentivos à emissão desse poluente¹⁷.

Por fim, também resultado da revisão teórica existente (MUNASINGHE, 1999; DINDA, 2004) e da feita para essa dissertação, constata-se que poluentes com alto efeito local e potencial danos à saúde na maioria das vezes obedecem a um padrão de CKA. Destacam-se entre eles o enxofre e as partículas sólidas. Khanna e Plassman (2004) mostraram econometricamente que tal efeito pode ser obtido por causa dos indivíduos com maior renda se disporem a migrar para longe dessas fontes poluidoras. Com relação aos outros artigos analisados, o que pode estar subjacente a isso é a pressão das instituições governamentais por níveis de emissão de poluentes aceitáveis.

¹⁶ Se refere ao fato de alguns países – geralmente em desenvolvimento – exportarem produtos que demandem basta

¹⁷ Seria interessante por exemplo verificar a compra de materiais que permitem a redução da poluição, a arrecadação de impostos específicos para degradação ambiental, o quanto é investido em programas de sustentabilidade ambiental. Assim como seria interessante também verificar o retorno econômico de atividades industriais e seu impacto na emissão de poluentes.

1.1.2 Determinantes para a forma em “N”

Na busca e estabelecer uma relação entre renda e qualidade ambiental, alguns autores encontraram uma curva em forma de “N”. Ou seja, a poluição ambiental volta a crescer com o crescimento da renda, após ter alcançado um padrão mínimo de poluição. Para Pasche (2002), este padrão seria explicado pelo esgotamento tecnológico. A ideia é a de que à medida que os retornos decrescentes de escala da tecnologia tendem a zero, o crescimento só poderia ser sustentado com mais uso do recurso ambiental, levando a uma curva em “N”. Esta explicação pode ser questionável, uma vez que retornos crescentes de escala da tecnologia podem ocorrer em alguns setores (MANAGI; 2006; MERLEVEDE; VERBEKE; CLERCQ, 2006)¹⁸. Além disso, a ideia de que todas as variáveis – renda, tecnologia e capital - têm crescimento zero no equilíbrio – modelo de crescimento endógeno - não é condizente com a curva de Kuznets que estipula o crescimento da renda com o decréscimo da degradação ambiental.

Friedl e Getzner (2004), em um estudo para a Áustria, constataram que o modelo cúbico – curva em “N” - era o melhor para explicar a relação entre o crescimento da renda e a emissão de gás carbônico. Além disso, eles observaram que o desvio da tendência do PIB – o quanto essa medida variou com relação ao projetado para o ano - influi positivamente na emissão de poluentes, enquanto a taxa de importação e a tendência temporal influem negativamente e a expansão do setor terciário é insignificante. O formato da curva em “N” foi atribuído ao fato dos preços do petróleo terem caído após a crise de 1973, o que justificaria um aumento no uso de combustíveis fósseis. Contudo, como o mesmo autor justificou e como aconteceu no estudo de Canas, Ferrão e Conceição (2003) para insumos diretos, e Carvalho e Almeida (2008) para emissão de CO₂, esse resultado precisa ser visto com cautela, pois as observações que permitiram essas inferências só estão em uma parte da curva¹⁹. Destaca-se principalmente o caso do último artigo citado no qual tanto o modelo quadrático quanto o cúbico foram significativos. Logo, é impossível concluir para qual situação os dados estão apontando²⁰.

Além disso, outra possibilidade de cunho mais técnico seria com referência à base de

¹⁸ Respectivamente esses estudos foram feitos para custos com redução de uso de pesticidas e tamanho das empresas relacionado com sua eficiência em reduzir a poluição.

¹⁹ Ascendente no caso de Canas, Ferrão e Conceição (2003) e descendente no caso de Friedl e Getzner (2004)

²⁰ Vale ressaltar que isso ocorreu utilizando uma mesma base de dados e que a projeção da curva com os “pontos” disponíveis permitiu os dois formatos. Nos dois casos o nível de poluição era mediano com tendência de queda.

dados utilizada. Esse seria o caso de Gangadharan e Valenzuela (2001) e de Merlevde, Verbeke e Clercq (2006), cujas bases de dados utilizadas envolviam países em desenvolvimento que ainda estão desenvolvendo suas medidas de proteção ambiental. Isso poderia estar levando à conclusão quando feita uma análise conjunta de países que o aumento da renda estaria implicando em um crescimento da poluição de maneira global, uma vez que aumentos na renda provocariam aumentos na poluição para a maioria dos países que ainda estão em desenvolvimento. Essa, talvez seja uma época em que os efeitos de escala superam os efeitos de composição e tecnológicos (TORRAS; BOYCE, 1998).

É possível também que a economia de certos países, com relação à dinâmica do crescimento da renda – degradação ambiental, esteja passando por um ciclo de alta da exploração de certo recurso ambiental, seguindo uma lógica parecida com a de ciclos econômicos (LINDMARK, 2002). Tal possibilidade se daria, por exemplo, por causa do esgotamento de certo recurso poluidor, ou do uso de outro mais barato (MUNASINGHE, 1999). Isso levaria a um aumento de emissões de algum poluente que havia sido reduzida em anos anteriores.

Dada a maneira como a equação da curva de Kuznets foi apresentada em alguns artigos (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006; GANGADHARAN; VALENZUELA, 2001; LIM, 1997), pode-se dizer também que os autores simplesmente assumiram que a curva teria essa forma. Pelo menos Lim (1997), faz uma argumentação - com enfoque histórico-econômico - sobre o porquê de certos poluentes - lixo doméstico, dióxido de enxofre e gás carbônico - terem a forma em “N”.

1.1.3 Quando nenhuma das formas foi encontrada

Uma das possibilidades para não se determinar a curva de Kuznets parte da possibilidade de questões históricas e culturais influírem no resultado (UNRUH; MOOMAW, 1998; KUNNAS; MYLLYNTAUS, 2010). Dessa forma, a emissão de poluentes pode estar mais associada a certos choques no tempo que à evolução de variáveis sócio-econômicas.

Em alguns modelos analíticos que envolvem crescimento considerando a preservação do recurso ambiental (BORGHESI; VERCELLI, 2003; DINDA, 2005), o equilíbrio nunca poderá ser a CKA, pois isso implicaria em crescimento do capital a taxas crescentes (DINDA; 2005), ou um aumento puro e simples da degradação ambiental (BORGHESI;

VERCELLI, 2003) para continuar expandindo o capital físico. O problema desse tipo de modelagem é o fato de assumir de antemão relações entre a renda e a degradação ambiental. Seja por afirmar, como em Dinda (2005) que as taxas de crescimento da renda, do capital e dos recursos ambientais vão se estabilizar, ou por afirmar que a relação entre renda e degradação ambiental é linear (BORGHESI; VERCELLI, 2003).

Outro problema que pode levar a nenhum tipo de curva CKA são os indicadores que tentam englobar todos os tipos de poluição ambiental. Mesmo que esteja ocorrendo uma redução na emissão de certos poluentes em um determinado tempo e para certo grupo de unidades observadas – países, estados ou municípios – outros poluentes provavelmente experimentam um aumento em sua emissão (MUNASINGHE, 1999). Dessa maneira, quando se propõe uma medida única de poluição (MUNASINGHE, 1999; ROTHMAN, 1998; MAGNANI; 2000²¹); isto é, um índice de poluição que sintetize todos os indicadores de poluição, é pouco provável que ela se relacione na forma de uma CKA. Sendo assim, e se o efeito de uma poluição específica, em uma localidade específica, não puder ser compensado pela redução de uma outra poluição, em uma outra localidade, então talvez seja mais interessante focar nos aspectos que levam às emissões de poluentes específicos.

Além disso, há ainda o problema dos insumos energéticos que estão diretamente relacionados com a emissão de poluentes – pelo menos os atmosféricos. Soytas, Sari e Ewing (2006), inspirados no trabalho de Coondoo e Dinda (2002), mostram que, mais importante que a renda, a demanda por energia é a causa da emissão de poluentes²². Dessa forma, estimativas que usariam a renda e energia como variáveis explicativas, poderiam sofrer problemas de endogeneidade, tornando a variável de renda insignificante nas estimativas (ROCA *et al*, 2001).

Outra questão séria é o fato de, na maioria dos estudos pesquisados para esta dissertação, os autores mostram resultados para uma miríade de poluentes com as mesmas variáveis explicativas, sem levar em consideração as variadas dinâmicas referentes à emissão de cada poluente, ou tipo de degradação ambiental. Os casos mais exemplares são os de Gangadharan e Valenzuela (2001), com resultados significativos apenas para emissão de gás carbônico; o de Pandit e Laband (2007), para números de espécies em extinção, no qual plantas, répteis e anfíbios tiveram poucas variáveis significativas e nenhuma delas era

²¹ Nesse último artigo se trataria de pesquisa em P&D para redução da degradação ambiental.

²² Vale ressaltar que essa constatação foi feita utilizando uma base de dados que abrange os 48 estados americanos. Não necessariamente tal conclusão é válida para o resto do mundo.

relacionada com, ou se referia à renda. Além desses dois artigos há o de Skonhofs e Solem (2001), que não conseguiu encontrar coeficientes significativos para a renda com relação à ocupação de terras selvagens. Um bom caminho para se tentar relacionar a renda com a emissão de poluentes seria buscar as fontes causadoras de tal poluição e, assim, possivelmente resolver o problema do viés da variável omitida. O trabalho de Kwon (2005) seria um bom exemplo disso, assim como o trabalho de Roca e Serrano (2007).

Por fim, há autores que simplesmente discordam, ou propõem uma abordagem diferente da CKA (de BRUYN; van den BERGH; OPSCHOOR, 1998²³; DIETZ; ADGER; 2003²⁴; SPANGEBERG; OMANN; HINTERBERGER, 2002; FERIDUN; AYADI; BALOUGA, 2006²⁵). Com exceção de Opschoor (1998), que usa um modelo matricial algébrico²⁶ para estimar a taxa de crescimento ótima para que um país seja sustentável²⁷, os outros modelos fazem uso de equações econométricas diferentes, sem fazer comparação com a CKA. Dessa forma, fica impossível constatar se a abordagem utilizada por esses autores seria melhor que a abordagem tradicional da CKA, ou não. Uma alternativa seria fazer análises de variância para identificar quais modelos estimam de maneira mais eficiente a degradação ambiental.

1.2 Fatores determinantes da qualidade ambiental

As variáveis referentes à população (densidade populacional na maioria das vezes) e urbanização são importantes para a emissão de poluentes. Embora haja a hipótese de que aglomerações gerem retornos crescentes de escala com relação aos custos de abatimento da poluição (SKONHOFT; SOLEM, 2001), a maioria dos estudos mostra que o efeito de escala sobre a natureza costuma dominar (DINDA, 2004). Isto é, a pressão do crescimento econômico é tão forte que, por maior que seja o investimento na redução de poluentes, a demanda por bens que exigem o consumo de recursos naturais domina o efeito de abatimento, levando a uma maior pressão ambiental.

A questão institucional também é bastante importante como Dinda (2004),

²³ Modelo que relaciona crescimento da renda com a emissão de poluentes tendo como base uma equação diferencial.

²⁴ Modelo linear e hiperbólico baseado no gráfico de dispersão da relação variável dependente (riqueza de espécies) – renda.

²⁵ Tentativa de separação do crescimento entre efeito de escala, composição e tecnológico.

²⁶ que busca através de um simulador da economia alemã chamado PANTA RHEI

²⁷ Mesmo assim, é preciso ser cauteloso, pois, por mais completo que possa ser um modelo de equilíbrio geral, ele nunca abordará todas as possibilidades e talvez falhe na previsão de crescimento sustentável caso os parâmetros mudem.

Munasinghe (1999), López e Mitra (2000), Leitão (2009) e Bhattacharya e Lueck (2009) comentam em seus artigos, apesar de se utilizarem de perspectivas diferentes. Os dois primeiros autores entendem a instituição como representante da vontade popular, que toma decisões tendo em vista a maximização do bem-estar social, seja devido a um compromisso próprio, seja por causa da cobrança da população. López e Mitra (2000), bem como Leitão (2009), mostram como a corrupção – falha institucional - pode ser perversa à dinâmica da qualidade ambiental, aumentando o valor da renda bem como o pico onde há a mudança de tendência²⁸. O último artigo faz distinção entre recursos renováveis e não-renováveis, mostrando que só no caso dos últimos é possível obter uma CKA. Ele faz referência também à noção de homogeneidade dos agentes com relação aos direitos de propriedade sobre os recursos ambientais.

Culas (2007) mostra – em relação ao desmatamento para a América Latina – que as instituições realmente têm importância com relação à redução da degradação ambiental. Bhattacharya e Lueck (2009) demonstram em seu artigo que quanto mais homogêneos forem os agentes envolvidos na degradação e quanto melhor estiverem definidos os direitos de propriedade, a solução sempre será no sentido de uma CKA. Nesse caso, os estudos que mostram que uma sociedade mais democrática leva a uma maior degradação ambiental (McPHERSON; NIESWIADOMY, 2005) provavelmente não levaram em conta se os direitos de propriedade com relação aos recursos ambientais estavam bem definidos²⁹.

A literatura de biodiversidade (SKONHOFT; SOLEM, 2001; DIETZ; ADGER, 2003; McPHERSON; NIESWIADOMY, 2005; PANDIT; LABAND, 2007) mostra que quando se utilizam medidas as quais representam de maneira mais fiel a riqueza ambiental – biodiversidade, no caso – a CKA pode não ser uma boa abordagem. É importante salientar que as variáveis dependentes utilizadas na maioria dos estudos se referem a medidas de fluxo – concentração ou emissão de poluentes – e não de estoque como cobertura florestal (LÓPEZ; GALINATO, 2004; CULAS, 2007), biodiversidade e ocupação de terras selvagens. Logo, a confirmação de uma curva de Kuznets ambiental, pode representar uma redução da exploração da riqueza ambiental, ao invés de melhora na

²⁸Leitão (2009) mostra uma regressão econométrica, que possui um poder de significância baixa e só foi testada através das estatísticas usuais. Mesmo assim, ela acaba confirmando o que López e Mitra (2000) mostram através de exemplos de casos de *rent-seeking* que ocorreram na Índia.

²⁹ Os artigos apresentam uma variável de regime de governo, mas não abordam o compromisso institucional dos mesmos com a qualidade ambiental.

qualidade ambiental. Em outras palavras, as variáveis dependentes usualmente adotadas podem servir de *proxy* para intensidade da exploração ambiental, mas não como medida da quantidade de recursos ambientais disponíveis.

Stern (2002) ressalta a importância de que as relações entre renda e emissão de poluentes sejam analisadas para cada país, tendo em vista identificar os fatores que levam cada um a emitir mais, ou menos poluentes. Nesse sentido um artigo brasileiro que tenta captar indiretamente essa tendência da curva de Kuznets é o de Barros, Mendonça e Nogueira (2002). Levando em consideração as peculiaridades da região, os autores definem um modelo *probit* para identificar quais fatores tornariam as pessoas mais dispostas a visitar e a preservar a região do Eldorado dos Carajás. Embora seja feita a ressalva que esse modelo estima a probabilidade de que a região seja preservada sem estimar valores, ou propor um modelo econômico, como em Stern (2002).

Vale ressaltar que a literatura que trata da curva de Kuznets ambiental é eminentemente empírica, vários testes estatísticos precisam ser feitos para garantir a robustez dos resultados como Galeotti, Lanza e Pauli (2006)³⁰ e Verbeke e Clercq (2006) reiteram. Esse último artigo ressalta aspectos da curva de Kuznets ambiental que merecem atenção: a forma funcional da curva de Kuznets é fruto de uma forma reduzida que pode não explicar verdadeiramente como a renda influencia a emissão de poluentes; a forma como a curva de Kuznets ambiental é projetada assume a hipótese de homogeneidade entre os indivíduos ao assumir que a inclinação dos coeficientes é a mesma, o que pode não ser verdade (LIST; GALLET, 1999); finalmente há a questão da causalidade, na qual se assume que a renda é que determina a poluição embora haja questionamentos com relação a isso (SOYTAS; SARI; EWING, 2006; COONDOO; DINDA, 2002).

Com relação aos dois últimos artigos, a questão da causalidade surge, novamente, devido à sua forma reduzida, que não permite que a pessoa faça afirmações sem que caia em uma espécie de “determinismo da renda” (LUCENA, sem data) e, também, pelo fato de que talvez seja necessário gerar poluição para poder gerar renda. Nesse sentido, Coondoo e Dinda (2002) mostram através da causalidade de Granger em um painel que, em termos gerais, a parte ascendente da curva de Kuznets representa a renda como função da emissão

30 Neste artigo é utilizada uma regressão semi-paramétrica com coeficientes de Weibull e duas bases de dados são comparadas, além de identificar características em comum dentro de grupos específicos como países desenvolvidos, subdesenvolvidos e países pertencentes à OPEP.

de poluentes e a descendente, o inverso³¹. Soytas, Sari e Ewing (2006) encontraram que poluição precisa ser gerada para que haja crescimento no período seguinte por causa do aumento da demanda por energia, sem encontrar uma relação direta entre poluição e renda. A poluição nesse caso seria fruto da demanda por energia e não necessariamente por causa do crescimento econômico e, então, políticas de eficiência energética ajudariam na redução da poluição.

1.3 O Desmatamento e a curva de Kuznets ambiental

Segundo Santos *et al* (2008), uma das principais causas do desmatamento no Brasil é a atividade agropecuária, atividade esta que foi altamente favorecida pela política pública, através do fornecimento de créditos. Os autores destacam ainda a ausência ou ineficácia da fiscalização ambiental no controle deste. Culas (2007) destaca exatamente estes pontos (instituições fracas e políticas públicas não comprometidas com a preservação das florestas) para o seu estudo que compara países da América Latina.

Santos *et al* (2008) utilizam dados em painel para 782 municípios da Amazônia Legal para os anos de 2000 até 2004, fazendo uso de dados do IPEADATA e do INPE, além de testar se há beta-convergência. Esse trabalho constatou que a curva de Kuznets é possível para a forma quadrática e para a forma que utiliza o índice de Gini e o L de Theil no qual o inverso da renda é usado na fórmula. Foi verificado também que os municípios convergem em termos de renda, o que significaria que eles teriam a mesma trajetória de CKA. Vale ressaltar que a variável tecnológica mostrou que melhoras tecnológicas podem aumentar a área desmatada e que os coeficientes de determinação do modelo foram muito baixos. Isso significa que a variável tecnológica utilizada talvez represente melhor a eficiência de se explorar o desmatamento e que o modelo talvez sofra de problemas de variáveis omitidas, de falta de melhor especificação – variáveis complementares – ou que as variáveis utilizadas não foram estimadas de maneira precisa na base de dados pesquisada.

Margulis (2003) mostra que a dinâmica do desmatamento tem se alterado ao longo do tempo. Inicialmente, isso se dava através de ocupação econômica por meio de políticas governamentais e incentivos. Contudo, a iniciativa privada da agropecuária e o aumento da eficiência tecnológica têm permitido a exploração da região mesmo com o fim das

31 Vale ressaltar que o coeficiente de determinação desse modelo foi bastante baixo.

políticas de ocupação e dos incentivos. Tendo em vista que os danos ambientais podem ser maiores que os ganhos privados, esse estudo propõe várias medidas que podem ser interessantes dentro de uma análise de curva de Kuznets ambiental.

Esse estudo feito pelo Banco Mundial mostra que ao longo de 1995-2000 o rebanho bovino tem crescido intensamente na região norte, o que contribui para o desmatamento. Inclusive os estados que tiveram as maiores taxas de crescimento – Pará, Mato Grosso e Rondônia – foram exatamente os estados onde ocorreram as maiores taxas de desmatamento. Além disso, como López e Galinato (2004) afirmam, a malha rodoviária também causa forte impacto com relação ao desmatamento, pois aumenta a urbanização nesses locais, o que conseqüentemente leva ao adensamento populacional. Esse adensamento, por sua vez, gera a demanda por uma infraestrutura econômica e habitacional que onera ainda mais o meio ambiente.

Outro ponto importante destacado pelo estudo é o arrendamento ilegal e “preparo” das terras – desmatamento – para a pecuária. No estudo, Margulis (2003) argumenta que a aversão ao risco dos agentes – grileiros e pecuaristas – é muito baixa, enquanto a lucratividade dessa empreitada ilegal costuma ser alta. Assim, a ideia de Culas (2007) de instituições fortes e comprometidas com a questão da preservação das florestas, parece bastante importante com relação a impor os riscos dessa atividade criminal, bem como à internalização dos custos sociais do desmatamento.

Há vários exemplos que ilustram esse fato. Shandra (2007) mostra que exportações e atividades econômicas que incentivam o desmatamento são incentivadas e tornam a degradação ainda mais forte quanto maior for o nível de repressão dos governos. Jorgenson (2008) mostra que países subdesenvolvidos com setor primário dominante tendem a sofrer mais com desmatamento e que a presença institucional e de ONGs é importante para a redução do desmatamento. Diarassouba e Boubacar (2009) ratificam o raciocínio referente à questão do comércio internacional para o setor madeireiro, mostrando que, para a África, quanto mais desvalorizado o câmbio, maior o desmatamento.

No caso brasileiro, merece destaque a legislação confusa que incentiva os proprietários de terra a se dedicarem a atividades que ofereçam retornos de curto prazo as quais se destacam o desmatamento e a mineração (ARAUJO *et al*, 2009; SANTOS; BARBIER, sem data; BRAGA; HOMMA, 2008; SANT’ANNA; YOUNG, 2010). Araujo *et al* (2009) mostram que o INCRA não reconhece as terras com mata nativa como

propriedade produtiva o que gera insegurança com relação aos proprietários e os obriga a realizar o desmatamento como garantia da posse de terra. Por sua vez, isso gera um movimento de especulação em torno das propriedades rurais o que leva a vários conflitos como ilustrado em Sant'anna e Young (2010)³². Logo, esses estudos assim como o resto da literatura abordada, mostram como a presença institucional democrática é importante para a preservação do meio ambiente assim como o bem-estar da população. Para este estudo, devido à dificuldade de acesso aos dados do INCRA, foi utilizado as estatísticas de homicídio disponíveis no IPEADATA (2011) como *proxy* da qualidade institucional uma vez que muitos conflitos existentes nessa região são decorrentes de legislações fracas e instituições ineficientes (SANT'ANNA; YOUNG, 2010).

Outro aspecto interessante que mereceria análise se refere aos custos de transporte e aos incentivos dados pelo governo. Tudo indica que, para os grandes produtores, principais desmatadores, quanto menor o custo do transporte e maior forem os incentivos, maior será o desmatamento. Embora o efeito talvez seja ambíguo, pois para os pequenos produtores que buscam atividades mais sustentáveis tais medidas poderiam até mesmo proporcionar a preservação da região (SANT'ANNA, YOUNG, 2010).

López e Galinato (2004), com relação ao comércio internacional, mostram que países que já possuem um histórico de abertura comercial e uma pauta de exportação com produtos agrícolas produzidos em áreas florestais, tendem a sofrer mais com o desmatamento. Além disso, ele mostra que as emissões de carbono devido ao desmatamento, costumam aumentar com a renda, por causa do aumento da atividade agropecuária e da construção de estradas³³. Além disso, em um estudo sobre a Malásia e as Filipinas, com uma base de dados utilizada que vai de 1975 até 1995, o autor mostra que a melhoria da governança mitiga o impacto da renda sobre o desmatamento.

Bhattacharya e Lueck (2009) mostram que, para recursos renováveis, como é o caso das florestas, se os direitos de propriedade forem bem definidos, a curva de Kuznets ambiental para florestas pode se concretizar. Isso depende da homogeneidade dos agentes com relação à extração dos recursos ambientais. Caso confirmada, permite reduzir os custos de transação para a formação de acordos, bem como reduz a renda, ou teoricamente

³²O artigo de Barros, Mendonça e Nogueira (2002) mostra utilizando método econométrico semelhante que renda e educação são importantes para a preservação do meio ambiente.

³³No caso do Brasil, o autor ressalta que devido a taxas de crescimento econômico baixas na maior parte do período (1975-1995), o desmatamento se daria por outros motivos.

a torna igual a zero, proveniente da extração de recursos naturais.

Por fim, Rodríguez-Meza, Southgate e González-Veja (2002) mostram que trabalhadores com baixa educação, baixos níveis salariais e terras pouco produtivas tendem a utilizar terrenos de vegetação nativa para culturas de subsistência.

1.4 Críticas aos modelos apresentados

A literatura sobre CKA apresenta resultados mistos e, muitas vezes, divergentes (DINDA, 2004). Nessa seção, inferências sobre os resultados encontrados pelos autores pesquisados, bem como suas limitações serão levantadas. A maioria das críticas se refere à parametrização do modelo, levantando um pressuposto do comportamento ambiental e à falta de análises de séries temporais.

Outra questão muito forte dentro da literatura é a de que a abordagem se reduz praticamente à forma reduzida. Essa forma não permite estabelecer relações de causalidade, somente correlações. Dessa forma, a única coisa que ela permite dizer é que a renda assume um comportamento que se relaciona com a emissão de poluentes no formato da CKA.

Para muitos autores a solução para esses problemas está em um embasamento histórico sólido dos dados (KUNNAS; MYLLYNTAUS, 2009; LINDMARK, 2002), no caso das análises para um país, e de modelos que busquem testar relações estruturais e analíticas, como os de Spangeberg, Omann e Hinteberger (2002), por exemplo. Estes autores buscam em modelos estatísticos complexos (PANTA RHEI) simular condições econômicas e apontar caminhos para a sustentabilidade.

Nas próximas subseções essas análises serão divididas em quatro subcategorias que representam a maioria das análises feitas pelos autores com relação à curva de Kuznets ambiental. Procurar-se-á apresentar as contribuições e as limitações dos modelos propostos pelos autores.

1.4.1 Análises em cross-section

A análise em *cross-section*, embora seja interessante para evitar problemas de co-integração do termo quadrático da renda, costuma ser tendenciosa, porque implicitamente assume que todos os países seguirão uma mesma trajetória ao longo do tempo. Entretanto, e como mostram List e Gallet (1999), dentro dos EUA, cada estado – tirando o Havaí e o

Alasca que não estavam incluídos na amostra – segue uma trajetória diferente de relação entre renda *per capita* e dano ambiental, o que faz pensar que esta seja diferente também para países. Kaufmann *et al* (1998) mostram que, se a tendência temporal dentro do conjunto de países utilizados na análise for positiva com relação à emissão de poluentes, um país pode seguir o padrão da curva de Kuznets ambiental dos vários países, durante anos, mas possuir uma curva particular em forma de “N”. Isso aconteceria, pois um mesmo país poderia estar em diferentes pontos das CKA anuais.

A abordagem do tipo *crosssection* é utilizada por Carvalho e Almeida (2008), Torras e Boyce (1998) e Skonhoft e Solem (2001). Às vezes o motivo se dá pela escassez dos dados, como no caso de Kauffmann *et al* (1998), e então esse método é utilizado pois os dados em painel não conseguiriam captar eficientemente os efeitos fixos, seja referente ao tempo, ou às unidades, pois haveria risco de multicolinearidade, ou mesmo de haver mais variáveis que observações. Em outros casos, como no de Torras e Boyce (1998), foi alegado que como foram usadas *dummies* para separar os países ricos dos pobres, haveria risco de gerar multicolinearidade, caso se tentasse captar os efeitos fixos³⁴. A abordagem *crosssection* só parece adequada quando há uma limitação muito forte da base de dados que não permita o uso de painéis.

1.4.2 Análises em dados de painel

As análises para dados em painel têm a forte contribuição de reduzir problemas de heterocedasticidade e multicolinearidade. Contudo, nos vários artigos analisados, muitas variáveis referentes ao consumo e à produção estão associadas à renda, e o problema da endogeneidade até agora não foi tratado devidamente³⁵. Isso se faz necessário, pois muitas variáveis complementares utilizadas na literatura pesquisada para explicar a CKA também podem ser explicadas pela renda, como educação, abertura comercial e variáveis tecnológicas, por exemplo.

Outro problema constatado é o de que a curva de Kuznets ambiental em muitos trabalhos está estimada em sua forma reduzida. Dessa maneira, alguns autores adotaram o

34Vale ressaltar que a princípio não haveria motivo para isso (Greene, 2003) uma vez que cada país rico – e cada país pobre também – possui uma dinâmica própria que seria detectada pelo modelo de efeitos fixos.

35Gangadharan e Valenzuela (2001) fazem uso de regressões em dois estágios para dar conta da endogeneidade da poluição com relação à qualidade da saúde, pois poluição no modelo é dado em função da renda e serve como variável para explicar a qualidade da saúde. Talvez para contornar esse problema, as variáveis não relacionadas nesse artigo eram sócio-demográficas.

método da causalidade de Granger (COONDOO; DINDA, 2002; SOYTAS, SARI; EWING, 2006); enquanto outros adotaram métodos estruturais para identificar quais fatores dentro da economia podem levar a uma CKA como mostrado na próxima seção.

Uma tentativa interessante foi realizada por Aslanidis e Xepapadeas (2006), que usaram um processo de STR (*smooth transition regression*³⁶). Apesar de não realizarem os testes empíricos necessários com relação à estacionariedade das variáveis, o modelo proposto tem como possibilidade a derivação da curva de Kuznets ambiental como um resultado específico. E ainda de testar se há realmente uma mudança de regime – em outras palavras, se há mudança na inclinação da curva entre renda e emissão de poluentes.

1.4.3 Análises de séries históricas e modelos estruturais

Alguns estudos adotaram métodos estruturais para identificar quais fatores dentro da economia podem levar a uma CKA (STERN, 2002; LINDMARK, 2002). Os modelos estruturais muitas vezes sofrem por não serem capazes de embutir mudanças importantes que podem haver dentro do próprio período abordado pelo modelo. Muitas vezes, os resultados encontrados corroboraram as abordagens econométricas tradicionais – *cross-section* e dados em painel – mas a contribuição referente às forças internas que levam a uma redução, ou a um aumento, da emissão de poluentes é importante.

As análises de séries temporais têm como principal vantagem analisar a dinâmica própria de cada país que foi analisado. E, nesta perspectiva, componentes cíclicos e estruturais podem ser identificados como importantes para analisar a questão ambiental, como mostra o artigo de Lindmark (2002). Da mesma forma, Kaufmann *et al* (1998) suspeitam de que abordagens envolvendo vários países podem deixar despercebidas aspectos próprios de cada país com relação à questão ambiental e, por isso, realizam uma abordagem em séries temporais. Este estudo, entretanto, padeceu dos mesmos problemas de série temporal visto na maioria dos modelos pesquisados, devido a uma amostra pequena (algo em torno de 30 observações³⁷); à falta de testes para confirmar a robustez do modelo; e à não utilização de modelos de regressão que lidem com questões de tendência temporal – ARCH, GARCH, ARMA, ARIMA ou variações mais complexas (LINDMARK,

³⁶Regressão de transição suavizada (tradução livre)

³⁷Preocupante se considerarmos que a curva de Kuznets representa uma curva que mostra uma dinâmica de longo prazo e que as observações são geralmente anuais.

2002).

Uma das exceções nesse sentido é o trabalho de Unruh e Moomaw (1998). Os autores usam modelos dinâmicos para avaliar a emissão de poluentes e mostram, apesar do baixo número de observações, que a evolução histórica é importante. Eles ressaltam que a crise do petróleo em 1973 teve impacto forte com relação a mudanças no consumo de combustíveis que levam à emissão de poluentes. Além disso, como ressaltam Lim (1997) e Unruh e Moomaw (1998), a preocupação em entender a questão ambiental só se tornou mais forte a partir da década de 1970 e que, por isso, muitas vezes só se observam partes ascendentes ou descendentes da CKA, uma vez que as bases de dados não permitem inferir sobre as tendências de longo prazo³⁸.

1.4.4 Modelos analíticos

Os modelos analíticos são baseados, em sua maioria, em crescimento endógeno (DINDA, 2005; PASCHE, 2002)³⁹. Com relação a esses modelos, pelo menos há dois problemas a serem destacados. Primeiro, eles utilizam para representar o lado dos consumidores uma função de utilidade de elasticidade de substituição constante (CES), a qual é homotética. Logo, aumentos na função utilidade referentes a aumentos de consumo, sempre vão resultar em aumentos na emissão de poluentes (LIM, 1997) e o resultado de equilíbrio nunca poderá ser uma CKA. Segundo, porque o equilíbrio do modelo se dá em um estado estacionário, no qual as variáveis se estabilizam não podendo, portanto, demonstrar uma dinâmica de crescimento da renda com redução da emissão de poluentes como preconizado pela curva de Kuznets ambiental⁴⁰.

Nessa perspectiva, vários artigos acabam defendendo a ideia de que o crescimento tende a zero por causa dos custos de abatimento da poluição e porque a poupança acaba sendo voltada completamente para a preservação dos recursos naturais. Uma exceção se refere a um artigo que usa um modelo com influência schumpeteriana (AYRES; van den BERGH, 2005) que permite o reuso dos materiais bem como a inovação do uso das mesmas. Assim, pelo modelo apresentado, nesse caso, é possível analiticamente existir

38Idealmente seria interessante uma base de dados que abrangesse um período de cinquenta anos ou mais.

39Uma exceção é López e Mitra (2000) que já assume a CKA como existente, mas para confirmar o efeito da corrupção. Nesse artigo não se busca provar analiticamente a existência da CKA.

40 Outro aspecto importante foi ressaltado por Khanna e Plasmann (2006), no qual duas abordagens uma envolvendo dano ambiental como variável dependente e o outro, qualidade ambiental e chegou a conclusão que os resultados acabam se equivalendo. Do ponto de vista teórico pode ser perigoso como foi visto em Munasinghe (1999).

uma CKA.

No modelo proposto por Ayres e van den Bergh (2005), eles usam a ideia de motores do crescimento que diverge da típica função de produção neoclássica baseada em capital físico e humano. O primeiro motor seria o uso de combustíveis fósseis que teria surgido desde o início da humanidade: o homem produz ferramentas que permitem fazer melhor uso de combustíveis os quais permitem construir melhores ferramentas e assim, sucessivamente, o homem foi se tornando mais produtivo. O segundo motor seria a curva de aprendizado que começou da otimização dos processos de produção e culminou em P&D; esse processo é necessário para agregar valor aos produtos que tendem a ter os preços reduzidos à medida que a produtividade aumenta. O terceiro motor, que se torna necessário quando se considera a escassez dos recursos naturais, segundo Ayres e van der Bergh (2005), seria a criação de valor, ou motor da desmaterialização do crescimento. Esse mecanismo busca manter, renovar e tornar os recursos necessários à produção o mais duráveis possível. A ideia é que através de inovações tecnológicas as indústrias possam se tornar mais leves e os consumidores acabem por mudar o seu estilo de vida, reduzindo a pressão ambiental. A grande vantagem desse modelo é que ele permite estabelecer em que condições uma curva de Kuznets ambiental pode ocorrer⁴¹. Resumidamente, o artigo mostra que a taxa de crescimento do aprendizado tende a se estabilizar e que o crescimento perpétuo não é compatível sem uma mudança na composição dos produtos.

1.4.5 Algumas considerações

À luz do que foi discutido nas últimas seções, faz-se necessário apontar algumas observações relevantes. Para melhor ilustrar, esta seção foi dividida em considerações teóricas e considerações econométricas.

Considerações teóricas

Mesmo que seja pouco provável que a poluição cresça continuamente (KHANNA; PLASSMAN, 2004), é preciso ter cuidado para que não se atinja níveis irreversíveis de dano ambiental (MUNASINGHE, 1999). A solução de mercado, no caso, parece ser insuficiente para resolver a questão ambiental como vários artigos demonstram (CULAS, 2007; DINDA, 2004; MAGNANI, 2000; MUNASINGHE, 1999).

41 Ver Ayres e van den Bergh (2005) para mais detalhes.

Em alguns artigos a variável de abertura econômica é determinada através da razão entre a soma das exportações e importações e o PIB. Embora seja uma medida amplamente utilizada vale ressaltar que, como mostrado na literatura de comércio internacional, há diferenças na pauta de exportação e importação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dessa forma, talvez seja interessante utilizar alguma variável que expresse isso em termos reais.

Com relação às variáveis de educação, seria interessante utilizar alguma medida que tente mostrar como essa possibilidade estaria voltada para uma conscientização sobre a preservação ambiental. Nesse sentido, Bimonte (2002) fez uma abordagem interessante ao incluir em seu estudo quantidade de jornais veiculados por 1000 habitantes. Obviamente, é difícil saber se os indivíduos terão interesse sobre as notícias referentes à sustentabilidade do meio ambiente, mas é uma *proxy* mais próxima de medir o conhecimento e a consciência da população que simplesmente anos de estudo.

Além disso, algo raramente considerado é a possibilidade de que ao se tomar medidas para reduzir a emissão de certo poluente, a emissão de outros poluentes comecem a aumentar. Isso acontece em parte porque a curva está sendo estimada em sua forma reduzida (STERN, 2002) e porque não são utilizadas variáveis que permitam uma dimensão mais holística do dano ambiental (MUNASINGHE, 1999).

Considerações econométricas

O fato de se obter os sinais esperados, como em Gangadharan e Valenzuela (2001) e Khanna e Plassman (2004), não implica em que o modelo esteja correto. Pois, tal fato não é suficiente se não for associado a testes estatísticos e econométricos adequados que corroborem tal resultado (MÜLLER-FÜRSTENBERGER; WAGNER, 2006).

Com relação à forma funcional a ser adotada, se quadrática ou cúbica, há certa divergência dentro da literatura. Uma parcela defende que a parte ascendente da curva, quando se inclui o termo cúbico, se refere ao desgaste do processo de inovação tecnológica; podendo ser causado também pela pressão da demanda, que leva as indústrias a utilizarem combustíveis que aumentam a emissão de certos poluentes que antes estavam controlados. Outra vertente (ROCA; SERRANO, 2007) diz que, como o PIB *per capita* necessário para chegar a esse segundo ponto de inflexão nunca foi atingido por país algum na maioria das pesquisas – fora das amostras analisadas, não há como confirmar se isso realmente se concretizará quando tal fato ocorrer.

As estimativas com relação aos pontos de inflexão variam de maneira contundente. De US\$70.000,00 aproximadamente (AUCI; BECCHETI, 2006) a US\$8.000 (ASLANIDIS; XEPAPADEAS, 2006). Várias são as possibilidades, mas a literatura costuma apontar que as diferenças variam com os países selecionados, o modelo escolhido e as variáveis complementares utilizadas para explicar a CKA. Novamente, volta-se à questão teórica do problema de seleção da amostra e da variável omitida. Lamentavelmente, como a maior parte da literatura não fez testes para corrigir tendências estocásticas das variáveis, não é possível usar os coeficientes de determinação do modelo como um bom critério para definir quais modelos são mais adequados, pois haveria o risco de se incorrer em regressões espúrias (MÜLLER-FÜRSTENBERGER; WAGNER, 2006).

2. METODOLOGIA

Nesse trabalho buscar-se-á testar a hipótese da curva de Kuznets ambiental para os municípios da Amazônia Legal brasileira, procurando analisar o desmatamento. Far-se-á uso da base de dados SIDRA (2011) do IBGE, dos demonstrativos do Tesouro Nacional (2011) e do IPEADATA (2011). Como boa parte da Mata Atlântica, da Mata das Araucárias e do Cerrado já foi bastante desmatado, considerou-se que o mais eficiente seria observar apenas os municípios da Floresta Amazônica. Os dados de área desmatada foram coletados do PRODES, um sistema de mapeamento por satélites gerenciado pelo INPE (2011).

Devido a problemas de endogeneidade e de variáveis omitidas⁴², buscou-se utilizar a abordagem de estimadores de Arellano-Bond, a qual geralmente é recomendada nesses casos (GREENE, 2003; CAMERON; TRIVEDI, 2005). Além disso, esses estimadores incorporam problemas de não estacionariedade das variáveis selecionadas e permitem assim, uma estimativa menos viesada dos coeficientes.

2.1 *Dados e proposta de função a ser estimada*

Nesse modelo, o desmatamento será explicado em função do PIB *per capita* dos municípios e seus termos quadráticos, além de variáveis que indiquem densidade populacional e atividade agropecuária. Isso está sendo levantado pois alguns artigos afirmam que o desmatamento seria mais uma questão resultante da atividade rural. Dessa forma, variáveis que indiquem atividade urbana podem não explicar diretamente o desmatamento diretamente.

Uma proposta de modelo inicial, baseado no que foi discutido anteriormente, é a seguinte:

$$\text{increcor}_{it} = \alpha_1 + \beta_1 \text{pibcorpc}_{it} + \beta_2 \text{pib2pc}_{it} + \beta_3 \text{densidade}_{it} + \beta_4 \text{pecef}_{it} + \beta_5 \text{balpib}_{it} + \beta_6 \text{lpap}_{it} + \beta_7 \text{floresta}_{it} + \beta_8 \text{salmed} + \beta_9 \text{homicídio}_{it} + \beta_{10} \text{tecnologia}_{it} + \beta_{11} \text{matrícula}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

⁴²Fato comentado em toda literatura sobre CKA.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FONTE	SINAL
increcor	Variação do desmatamento corrigido por uma matriz de correlação espacial	Km ²	INPE	-----
floresta _{it}	Tamanho da floresta	Km ²	INPE	positivo
densidade _{it}	Razão entre número de habitantes e área do município	Perhab/km ²	Cálculo a partir do IBGE e do INPE	Positivo
Pibcorpc _{it}	PIB real <i>per capita</i> (ano base 2000)	R\$ 1.000,00	IBGE	Positivo
Pib2pc _{it}	Quadrado do PIB real <i>per capita</i>		Cálculo	Negativo
Pib3pc _{it}	Cubo do PIB real <i>per capita</i>		Cálculo	Positivo
balpib _{it}	Dívida com a união como percentual do PIB	Porcentagem	Tesouro Nacional	Negativo
pecef _{it}	Atividade pecuária	Cabeças	IBGE	Negativo
lpap _{it}	Área plantada de lavoura permanente	Km ²	IBGE	Negativo
salmed	Salário médio dos trabalhadores	R\$/hab	Cálculo a partir de dados do IBGE e do tesouro nacional	Negativo
homicídio	Número de homicídios registrados no município	pessoas	IPEADATA	Positivo
Matrícula	Número de alunos matriculados no ensino médio nas escolas	pessoas	INEP	Negativo
Tecnologia	Razão entre o valor produzido e a área disponível para plantio	R\$/km ²	Cálculo a partir de dados do SIDRA e do INPE	Negativo

Quadro 1 – Especificação das variáveis utilizadas e sinais esperados

Fonte - elaboração própria

Na literatura pesquisada, poucos foram os artigos que utilizaram variáveis complementares para explicar a CKA, sendo o de Culas (2007) o que realmente merece destaque. A variável de dívida com a união mostra que às vezes os municípios podem fazer uso de atividades extrativas para quitar dívidas com a união. A variável institucional ainda

vai depender da abordagem utilizada – corrupção ou eficiência institucional, mas espera-se que uma melhora nesses indicadores mostre uma redução do desmatamento. As outras variáveis refletem a substituição da floresta para produção de alimentos agricultura, ou o custo de oportunidade de explorá-la (tamanho da floresta).

Nesse trabalho será utilizado o modelo de dados em painel. Porém, ao contrário do que foi feito na literatura pesquisada, procuraremos utilizar painéis mais elaborados que vão além da estimativa simples de efeitos fixos e aleatórios. Para isso, serão usados os estimadores de Arellano-Bond que lidam bem com o problema da endogeneidade e das variáveis omitidas. Além disso, procurar-se-á fazer testes que permitam atestar a robustez do modelo de maneira mais veemente, não se restringindo somente à estatística de Durbin-Watson para autocorrelação e o teste de Hausman para especificação do modelo caso a base de dados permita a realização desses testes⁴³.

A base de dados consiste de um painel desbalanceado contendo aproximadamente 560 municípios para os anos de 2001 a 2008. As estatísticas descritivas mostram uma certa homogeneidade entre os municípios o que pode explicar os resultados que serão mostrados na próxima sessão.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados utilizados

Variável	Observações	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
increcor	7350	24,03	59,87	0	1222,05
pecef	7314	86880,09	128205,5	4	1912009
lpap	6780	9,1098	23,533	0,01	304,87
balpib	5888	0,0025	0,0199	-0,1346	0,3961
tecnologia	7457	1,2790	11,2855	0	944,9423
Pib2pc	5270	2347161	2,31e+07	269,1445	9,97e+08
Pibcorpc	5270	5,134985	7,923922	0,0639232	250,6064
Pib3pc	5270	6187,787	219703,8	0,0002612	1,57e+07
Salmed	6544	57,29933	2131,776	0,0050258	171361
Floresta	8085	4271,701	12535,28	0	152121,5

⁴³ As bases de dados do SIDRA, do IPEADATA, do PRODES (INPE) e do Tesouro Nacional, especialmente, tinham listas diferentes de municípios pertencentes à Amazônia Legal, inclusive variando de ano para ano no caso da última base. Dessa forma, alguns testes podem não ser realizados devido a desbalanceamento do painel.

Densidade	7239	23,00976	127,1526	0,0736262	2732,497
Matricula	5145	992,0688	4627,476	0	85127

2.2 Modelo a ser utilizado para estimar a curva de Kuznets ambiental

A ideia é utilizar a teoria de estimadores de Arellano-Bond como em Greene (2003) e Baltagi (2005). Nesse caso, será feito uma série de testes sugeridos por esses autores, assim como por Cameron e Trivedi (2005), bem como estimativas variadas para se identificar as vantagens e desvantagens de vários métodos de estimação.

A literatura de referência para a metodologia será basicamente Baltagi (2005). Tendo como referência o livro fundamental de dados em painel, procurar-se-á fazer uso da teoria de painéis dinâmicos. Vale ressaltar que, na literatura pesquisada, nenhum autor, mesmo os que tinham consciência dos problemas de autocorrelação e não-estacionariedade das séries, procurou fazer uso de métodos mais avançados ou específicos.

Como Montenegro, Gonçalves e Almeida (2009) mostram, os estimadores de Arellano-Bond não conseguem resolver o problema de correlação espacial; logo, com relação aos valores do incremento do desmatamento apresentar correlação positiva de acordo com o teste I de Moran⁴⁴, resolveu-se adotar a metodologia do artigo citado anteriormente para corrigir a correlação espacial. Tal metodologia consiste em multiplicar o vetor de variáveis dependentes pela matriz de correlação espacial⁴⁵.

Segundo os autores citados anteriormente em caso de suspeita de não-estacionariedade e de heterogeneidade, Cameron e Trivedi (2005) não recomendam o uso de efeitos fixos nas estimativas de Arellano-Bond. Contudo, devido ao intervalo curto de tempo e ao grande número de observações ao ano, segundo o arquivo de ajuda do software STATA, os estimadores com efeitos fixos geralmente são mais precisos.

Citando o artigo de Roodman (2006), o arquivo de ajuda do *software* STATA afirma que o modelo de efeitos fixos consegue lidar melhor tanto com relação aos testes feitos para garantir a validade dos instrumentos, bem como consegue lidar com o problema da profusão de instrumentos fracos. Além disso, esse método permite que o termo auto-

⁴⁴O teste foi feito através do programa GeoDa.

⁴⁵Testes feitos entre o valor normal e o corrigido pela matriz de correlação especial mostram que há ganhos de eficiência na estimação.

regressivo seja estimado com maior robustez.

O que caracteriza a relação dinâmica na equação de crescimento é a presença da variável dependente defasada entre as variáveis explanatórias, o que fica evidente ao reescrever a equação (1) como:

$$y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + x'_{i,t} \beta + \lambda_t + \eta_i + v_{i,t} \quad (2)$$

Pra eliminar o termo não observável específico a cada município (η_i) faz-se a primeira diferença da equação (2)⁴⁶:

$$y_{i,t} - y_{i,t-1} = \alpha(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (x'_{i,t} - x'_{i,t-1})\beta + (v_{i,t} - v_{i,t-1}) \quad (3)$$

O uso de instrumentos é necessário para lidar com a possível endogeneidade das variáveis explanatórias e com a correlação entre o novo termo de erro ($v_{i,t} - v_{i,t-1}$) e a variável dependente defasada ($y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$). Sob os pressupostos de que o termo de erro (ε) não é serialmente correlacionado e as variáveis explanatórias (x) são fracamente exógenas, os valores defasados das variáveis explanatórias podem ser utilizados como instrumentos, tal como especificado nas seguintes condições de momento:

$$E[y_{i,t-s} \cdot (v_{i,t} - v_{i,t-1})] = 0 \text{ para todo } s \geq 2; t = 3, \dots, T \quad (4)$$

$$E[x'_{i,t-s} \cdot (v_{i,t} - v_{i,t-1})] = 0 \text{ para todo } s \geq 2; t = 3, \dots, T \quad (5)$$

O estimador GMM baseado nas condições de momento (4) e (5), desenvolvido por Arellano e Bond (1991), é conhecido como *Difference GMM*. Como argumentam Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998), o estimador *Difference GMM* pode se comportar inadequadamente, resultando em viés e imprecisão na estimação dos parâmetros α e β na equação (2). Isso se deve ao fato de os níveis defasados de $y_{i,t-1}$ e $x_{i,t}$ serem instrumentos fracos para a equação (3) em primeira diferença se as séries $y_{i,t-1}$ e $x_{i,t}$ forem altamente persistentes.

Para reduzir o possível viés e imprecisão associados à utilização do estimador *Difference GMM*, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) desenvolvem um sistema de regressões em diferenças e níveis. Os instrumentos para a regressão em diferenças são os valores defasados em níveis das variáveis explanatórias, condições de

⁴⁶O termo γ_t é omitido nas equações apresentadas a partir de então com o objetivo de simplificar as deduções. No entanto, esse termo tempo-específico será incluído em todas as equações estimadas.

momento (4) e (5). Os instrumentos para a regressão em *níveis* são os valores defasados em *diferenças* das variáveis explanatórias. Estes são instrumentos apropriados sob um pressuposto adicional: embora possa existir correlação entre os níveis das variáveis explanatórias e o efeito específico a cada município (η) na equação (2), não pode existir correlação entre essas variáveis em *diferenças* e o efeito específico a cada município (η):

$$E[y_{i,t+p} \cdot \eta_i] = E[y_{i,t+q} \cdot \eta_i] \text{ e } E[x'_{i,t+p} \cdot \eta_i] = E[x'_{i,t+q} \cdot \eta_i], \text{ para todo } p \text{ e } q \quad (6)$$

As condições de momento para a regressão em *níveis*, segunda parte do sistema, são:

$$E[(y_{i,t-s} - y_{i,t-s-1}) \cdot (\eta_i + v_{i,t})] = 0 \text{ para todo } s = 1 \quad (7)$$

$$E[(x'_{i,t-s} - x'_{i,t-s-1}) \cdot (\eta_i + v_{i,t})] = 0 \text{ para todo } s = 1 \quad (8)$$

O estimador GMM baseado nas condições de momento (4), (5), (7) e (8), utilizado para as estimações das equações de crescimento, será chamado de *System GMM*. Especificamente no contexto da estimação de equações de crescimento, Bond, Hoeffler e Temple (2001) sugerem fortemente a utilização do estimador *System GMM* como alternativa ao estimador *Difference GMM*. A consistência do estimador GMM depende da validade das condições de momento. Para tanto, serão considerados três testes de especificação sugeridos por Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998):

- i) o *Sargan Teste* o *DiffSargan Test*, que testa a validade das condições de momento;
- ii) e o *Arellano-Bond Test*, que testa a hipótese de inexistência de correlação serial de segunda ordem no termo de erro.

Três aspectos justificam a utilização do estimador *System GMM*:

- i) explorar a natureza temporal da relação entre as variáveis explanatórias e a taxa de desmatamento;
- ii) controlar para efeitos específicos a cada município não observáveis e choques específicos a cada período comuns a todos os municípios;
- iii) obter estimativas consistentes e assintoticamente eficientes dos parâmetros de interesse, mesmo ao assumir a possível endogeneidade de todas as variáveis explanatórias.

3. RESULTADOS ENCONTRADOS

Seguindo a metodologia adotada, o resultado encontrado está na tabela abaixo:

Tabela 2 – Resultados das regressões

Variáveis	Modelo quadrático	Modelo cúbico
pibcorp	-0,7134347 (0,043)	-0,6144836 (0,109)
Pib2pc	3,75e-08 (0,404)	1,09e-08 (0,783)
Pib3pc	-----	0,0000935 (0,174)
densidade	0,0079425 (0,232)	0,0060954 (0,387)
salmed	0,0271015 (0,655)	0,0069771 (0,853)
tecnologia	-4,700458 (0,000)	-4,29535 (0,000)
matrícula	-0,0000661 (0,756)	-0,0000649 (0,738)
floresta	0,0004907 (0,091)	0,0005103 (0,075)
lpap	1,231461 (0,000)	1,12147 (0,000)
pecef	0,0000476 (0,02)	0,0000416 (0,041)
balpib	430,4639 (0,058)	-----
homicídio	-0,0542082 (0,247)	-0,0400505 (0,332)
AR(2)	(0,624)	(0,729)
Sargan	(0,058)	(0,011)
Hansen	(0,027)	(0,036)

Fonte: elaboração própria com dados do IPEA, IBGE e Tesouro Nacional. Os valores entre parênteses são p-valores e as estatísticas de Sargan e Hansen são dadas em diferenças. As variáveis adotadas como instrumento foram densidade, tecno, matricula1, floresta e homicidio. Todas as outras foram consideradas endógenas.

As estimativas mostram que a relação entre a degradação ambiental e o PIB tem a forma linear para o modelo quadrático e insignificante para o modelo cúbico. Contudo, tal constatação deve ser vista com cuidado uma vez que os testes de Sargan e de Hansen mostram que os instrumentos utilizados não são válidos para o caso do modelo cúbico. No caso do modelo quadrático as variáveis endógenas foram consideradas válidas conjuntamente, mas as instrumentais, não. Logo, essa relação está submetida a uma forte endogeneidade a qual o PIB *per capita* ao quadrado esteja respondendo dessa forma.

Nos dois modelos, a questão do salário médio dos indivíduos não se mostrou significativa a 5% e teve coeficiente positivo. Isso pode indicar duas coisas. A primeira, que quando se analisa do ponto de vista das cidades, o salário médio não tem importância; e a segunda, que a ideia de que um salário maior implicaria em maior preservação pode estar equivocada, se os indivíduos escolherem consumir da maneira usual.

Tal fato pode ser comentado também com relação ao número de matriculados. Uma vez que a pessoa tem acesso a uma educação mais elevada, não necessariamente a pessoa se tornará mais consciente com relação à questão ambiental, ou que essa consciência se

manifeste na prática. As pessoas podem escolher usar o seu conhecimento para produzir bens que acabem resultando em declínio da qualidade ambiental, ou simplesmente consomem de maneira usual sem preocupação com o meio ambiente através da remuneração que a educação obtida lhes permite. Contudo, os resultados obtidos aqui mostram que há uma pequena redução na área degradada à medida que mais pessoas alcançam uma melhor formação de maneira não significativa. Isso pode representar a estrutura do sistema educacional que ainda não se mostrou forte no sentido de ensino da preservação do meio ambiente, ou que a educação influencia indiretamente a preservação ambiental.

O coeficiente da razão entre o balanço dos municípios e o PIB não se mostrou com o sinal esperado da teoria⁴⁷. Talvez isso aconteça porque essa região tem como atividades econômicas principais a agricultura, a pecuária e o extrativismo. Logo, uma maior arrecadação deve implicar em uma intensificação dessas atividades. Em certos casos, como aparece com certa frequência em reportagens veiculadas pela imprensa, ou pela televisão, isso pode se dar por ineficiência do setor público. Nesse caso, o governo permite que essas atividades ocorram sem a devida fiscalização e sem vigiar se os requisitos ambientais estão sendo cumpridos.

A variável de tecnologia se mostrou significativa e com coeficiente negativo, como esperado. Da maneira como essa variável foi construída é possível inferir que, se os agricultores tornarem suas lavouras mais produtivas e valorizadas, eles não terão incentivo para desmatar uma vez que obterão lucros maiores com a mesma área de plantio. Ambos – efetivo de cabeças de gado e área plantada – apresentaram coeficientes positivos.

De acordo com os resultados obtidos, o investimento em tecnologia aparenta ser mais importante que a área plantada, ou o efetivo de cabeças de gado, uma vez que a soma desses dois coeficientes em valor absoluto é menor que o da variável de tecnologia. É preciso fazer destaque para a questão da interpretação dos coeficientes: para se manter o mesmo nível de degradação, é necessário que 4 km² de terra plantada, ou 10.000 cabeças de gado, sejam acompanhados do aumento de um real na produtividade por km².

A variável de densidade populacional apresentou um valor positivo e insignificante. Possivelmente isso se deve ao fato de que as atividades agrícolas e pecuárias, além da questão do extrativismo, já representem as demandas da população e torne a questão

⁴⁷ O software *Stata 11.2* não conseguiu incorporar a variável de balanço no modelo cúbico.

populacional insignificante do ponto de vista estatístico.

O tamanho da floresta apresentou coeficiente positivo com o esperado e significativo a 5%. Provavelmente isso se dá pelo fato do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal ser fruto da intenção de explorar o terreno no futuro para atividades agrícolas e pecuárias, sendo o extrativismo somente um primeiro passo. Nesse caso, como registrado em Araújo *et al* (2009) e Sant’anna e Young (2010), é possível que a atividade extrativista sirva para ocupar terras dentro da floresta as quais serão vendidas para grileiros futuramente.

As taxas de homicídio apresentaram coeficiente insignificante e, curiosamente, negativo. Há duas possíveis explicações: a primeira que pode ser apontada é o fato de que a taxa de homicídio dos municípios não é uma boa *proxy* para se avaliar qualidade institucional – o que talvez esteja ocorrendo diretamente com a razão entre o balanço dos municípios e o PIB. A outra possibilidade representa o fato do desmatamento na Amazônia Legal não estar ligado à criminalidade, pelo menos do ponto de vista econômico. Apesar de notícias referentes a homicídios relacionados a disputas ambientais, as decisões econômicas provavelmente levam em consideração a facilidade de se arrendar terras e a burocracias das instituições responsáveis pelo controle da terra. Logo, os homicídios seriam uma consequência da legislação fraca e não uma *proxy*.

Além de tudo, é preciso ressaltar o fato que os testes de Hansen e de Sargan tiveram sua hipótese inicial rejeitada a 5% para o modelo cúbico e só o de Hansen para o modelo quadrático. Isso demonstra que os dados possuem viés de endogeneidade. Provavelmente isso se deve ao fato de que o PIB *per capita* influencia todas as variáveis utilizadas no modelo e apontadas pela literatura. Logo, as estimativas feitas utilizando a metodologia da curva de Kuznets Ambiental provavelmente sofrem vieses de endogeneidade. Logo, a curva de Kuznets só é capaz de correlacionar pobremente as variáveis referentes na teoria.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo fazer um resumo crítico da literatura existente sobre a curva de Kuznets Ambiental bem como procurou estimar a mesma para os municípios da Amazônia Legal usando estimadores de Arellano-Bond. Essa metodologia nunca foi utilizada de acordo com a literatura pesquisada.

Na revisão teórica foi notado que os artigos, apontando, ou não, a existência de uma CKA, costumam ser enfáticos na necessidade de adoção de políticas públicas⁴⁸, tal fato se deve ao meio ambiente ser considerado um bem público (MAGNANI, 2000). Logo, nenhum indivíduo – consumidor ou produtor – por si só, tem o incentivo de melhorar as condições ambientais no nível desejado para a sociedade.

Vale ressaltar, também, que os modelos analíticos precisam considerar um modelo que vislumbre a possibilidade de uma CKA (AYRES; van den BERGH, 2005), pois uma função de utilidade com elasticidade de substituição constante jamais permitirá um comportamento como o da curva de Kuznets ambiental, devido à propriedade de homotetia da função. Além disso, sempre é preciso ter em consideração quais hipóteses explícitas e implícitas esses modelos levantam em geral.

Com relação às aplicações econométricas do modelo, notou-se um certo descuido em fazer os devidos testes de autocorrelação (CANAS; FERRÃO; CONCEIÇÃO, 2003), de endogeneidade e de estacionariedade das variáveis (STERN, 2002)⁴⁹. É importante prestar atenção a esses detalhes para evitar problemas de multicolinearidade – no caso da endogeneidade – e de regressões espúrias no caso da autocorrelação e da não-estacionariedade das variáveis.

Com relação ao desmatamento, vários fatores, bem como questões sociais foram levantadas e serviram de respaldo para o modelo econométrico e a metodologia adotadas nesse trabalho. As variáveis escolhidas tiveram como objetivo checar se os municípios reagiriam de acordo com o esperado pela literatura pesquisada.

Neste trabalho procurou-se fazer uma revisão crítica da literatura existente, além de identificar o porquê dos resultados obtidos por esses pesquisadores, bem como possíveis problemas decorrentes desses resultados. Em seguida buscou-se fazer estimativas para os

48Além disso, sempre se referem à possível falta de precisão da base de dados e à necessidade de testar outras variáveis que não foram possíveis devido a restrições da mesma.

49Friedl e Getzner (2003) é uma das poucas exceções, mas, mesmo assim, ainda não abordou econometricamente a questão da co-integração com o termo de erro quadrático.

municípios da Amazônia Legal brasileira, através de painéis dinâmicos – metodologia que não foi encontrada na literatura pesquisada, mas que se adequa bem aos problemas apresentados (ROODMAN, 2006).

Os resultados encontrados mostram que a CKA é fundamentalmente macroeconômica. Quando se tenta fazer uso dessa abordagem em dados que tendem a ser micro econométricos, a Curva de Kuznets Ambiental geralmente se torna menos provável. Isso implica que individualmente devem existir fatores intrínsecos e idiossincráticos importantes para a preservação ambiental, mas de difícil captação em termos estatísticos e econométricos. Vários testes e estimativas foram feitos com a base de dados apresentada e a conclusão a que se chega é que há uma forte endogeneidade. Logo, as estimações da CKA amplamente feitas utilizando painéis tradicionais provavelmente estão comprometidas por esse viés. Uma possível explicação pode estar na homogeneidade dos municípios relacionados e, assim, os fatores pesquisados não ofereceriam resultados significativos.

Entender a natureza da curva de Kuznets ambiental é importante, pois há implicações políticas e sociais importantes sobre a relação entre o crescimento e o meio ambiente. Tentando estimar e entender essa relação, poderemos estabelecer até que ponto o estilo de vida atual pode ser mantido e em quais aspectos precisaremos estabelecer metas e nos adaptar. Contudo, este texto aponta para o fato de que a literatura da CKA apresenta fortes problemas de endogeneidade e que outros métodos se fazem necessários para entender a degradação ambiental do ponto de vista econômico.

Dessa forma, um próximo passo seria despertar o interesse dos governos no mundo com relação à questão ambiental de uma maneira mais profunda de tal modo que as bases de dados ofereçam estimativas mais precisas das variáveis ambientais assim como ofereçam novos dados necessários para os trabalhos dos pesquisadores na área. Também é necessária a busca, de métodos mais aprimorados que consigam contornar as dificuldades impostas na estimação dos modelos de CKA.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Claudio *et al.* Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, vol. 68, p. 2461-2468, 2009.

ARELLANO, M.; BOND, S. **Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations.** **Review of Economic Studies**, Vol.58, nº 2, p.277-297, 1991.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another Look at the Instrumental-Variable Estimation of Error-Components Models. **Journal of Econometrics**, Vol.68, p.29-51, 1995.

ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia J. T. Curva Ambiental de Kuznets e desenvolvimento sustentável. **RER**, vol. 44, n. 3, p. 525-547, 2006.

ASLANIDIS, Nektarios; XEPAPADEAS, Anastasios. Smooth transition pollution-income paths. **Ecological Economics**, v. 57, p. 182-189, 2006.

AUCI, Sabrina; BECCHETTI, Leonardo. The instability of the adjusted and unadjusted environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, v. 60 ,p. 282-298, 2006.

AYRES, Robert U.; van den BERGH, Jeroen C. J. M. **A theory of economic growth with material/ energy resources and dematerialization: interaction of three growth mechanisms.** **Ecological Economics**, v. 55, p. 96-118, 2005.

BALTAGI, Badi H. **Econometric Analysis of Panel Data**, 3rd Edition, West Sussex: John Wiley & Sons, 2005.

BARBIER, Edward B. Explaining agricultural land expansion and deforestation in developing countries. **American Journal of Agricultural Economics**. Vol. 86, No. 5, p. 1347-1356, 2004.

BARROS, Fábio G.; MENDONÇA, Augusto F.; NOGUEIRA, Jorge M. **Poverty and Environmental Degradation: the Kuznets Environmental Curve for the Brazilian Case.** **Universidade de Brasília**, n. 267, Brasília, Dez. 2002.

BHATTACHARYA, Haimanti; LUECK, Dean. The role of property rights in determining the environmental quality-income relationship. **Ecological Economics**, v.68, p. 2511-2524, 2009.

BHATTARAI, Madhusudan; HAMMIG, Michael. Governance, economic policy and the environmental Kuznets curve for natural tropical forests. **Environment and Development Economics**, vol. 9, p. 367-382, 2004.

BHATTARAI, Madhusudan; HAMMIG, Michael. **Institutions and the Environmental Kuznets Curve for deforestation: a crosscountry analysis for Latin America, Africa and Asia.** **World Development**, vol. 29, No. 6, p. 995-1010, 2001.

BIMONTE, Salvatore. Information access, income distribution and the environmental

Kuznets curve. **Ecological Economics**, vol. 41, p. 145-156, 2002.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, Vol.87, p.115-143, 1998.

BOND, S.; HOEFFLER, A.; TEMPLE, J. GMM Estimation of Empirical Growth Models. University of Oxford, **The Institute for Fiscal Studies**, Working Paper nº 21, 2001.

BORGHESI, Simone; VERCELLI, Alessandro. Sustainable globalisation. **Ecological Economics**, v. 44, p. 77-89, 2003.

BRITO, Ricardo A. MELO, Andrea S. S. A. **Curva de Kuznets Ambiental: uma revisão teórica**. In: IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO), Brasília, 2011. **Anais do IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO)**, 2011.

BRUVOLL, Annegrete; FOEHN, Taran. **Transboundary effects if environmental policy: markets and emission leakages**. **Ecological Economics**, v. 59, p. 499-510, 2006.

de BRUYN, S. M.; van den BERGH, Jeroen C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. **Economic growth emissions: reconsidering the empirical basis of the environmental Kuznets curves**. **Ecological Economics**, v. 25, p. 161-175, 1998.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, Pravin K. **Microeconometrics: methods and applications**, 1st Edition, Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

CANAS, Ângela; FERRÃO, Paulo; CONCEIÇÃO, Pedro. **A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: evidence from industrialized countries**. **Ecological Economics**, v.46, p. 217-229, 2003.

CARVALHO, Terciane S.; ALMEIDA, Eduardo. **A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial**. In: XXXVI Encontro Nacional de Economia (ANPEC), 2008, Salvador. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia (ANPEC)**, 2008.

COLE, Matthew A. **Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages**. **Ecological Economics**, v. 48, p. 71-81, 2004.

COONDOO, Dipankor; DINDA, Soumyananda. **Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis**. **Ecological Economics**, v. 40, p. 351-367, 2002.

CULAS, Richard J. **Deforestation and the environmental Kuznets curve: an institutional perspective**. **Ecological Economics**, v. 61, p. 429-437, 2007.

CULAS, Richard; DUTTA, Dilip. **The underlying causes of deforestation and environmental Kuznets curve: a crosscountry analysis**. In: Econometric Society of Australasia Meeting (ESAM02). **Anais da Econometric Society of Australasia Meeting (ESAM02)**.

CZECH, Brian. A potential catch-22 for a sustainable American ideology. **Ecological Economics**, v. 39, p. 3-12, 2001.

DIARRASSOUBA, Malick; BOUBACAR Inoussa. Deforestation in Sub-Saharan Africa. In: Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Atlanta, Georgia, 2009. **Anais do Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Atlanta, Georgia, 2009**.

DIETZ, Simon; ADGER, W. Neil. Economic Growth, biodiversity loss and conservation effort. **Journal of Environmental Management**, v.68, p. 23-35, 2003.

DINDA, Soumyananda. **Environment Kuznets curve hypothesis: A survey**. **Ecological Economics**, v. 53, p. 403-413, 2005.

DINDA, Soumyananda. A theoretical basis for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431-455, 2004.

DINDA, Soumyananda; COONDOO, Dipankor; PAL, Manorajan. **Air quality and economic growth: an empirical study**. **Ecological Economics**, v. 34, p. 409-423, 2000.

FRIEDL, Brigit; GETZNER, Michael. Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. **Ecological Economics**, v.45, p. 133-148, 2003.

GALEOTTI, Marzio; LANZA, Alessandro; PAULI, Francesco. **Reassessing the environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: a robustness exercise**. **Ecological Economics**, v. 57, p. 152-163, 2006.

GANGADHARAN, Lata; VALENZUELA, Ma. Rebecca. **Interrelation between income, health and the environment: extending the environmental Kuznets curve hypothesis**. **Ecological Economics**, v. 36, p. 513-531, 2001.

GAWANDE, Kishore; BERRENS, Robert P.; BOHARA, Alok K. A consumption-based theory of the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 37, 101-112, 2001.
GREENE, William H. **Econometric Analysis**, 5th edition, New Jersey: Prentice Hall, 2003.

GYLFASSON, Thorvaldur. Natural resources, education and economic development. **European Economic Review**, vol. 45, p. 847-859, 2001.

HEERINK, Nico; MULATU, Abay; BULTE, Erwin. **Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curve**. **Ecological Economics** v. 38, p. 359-367, 2001.

HYDE, William F.; AMACHER, Gregory S.; MAGRATH, William. **Deforestation and forest land use: theory, evidence and policy implications**. **The World Bank Research Observer**, vol.11, n.2, p. 223-248, 1996.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em:

<<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

JORGENSON, Andrew K. **Structural integration and the trees: an analysis of deforestation in less-developed countries, 1990-2005.** *The Sociological Quarterly*, vol. 49, p.503-527, 2008.

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

KAUFMANN, Robert K.; CLEVELAND, Cutler J. **Measuring Sustainability: needed an interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept.** *Ecological Economics*, v. 15, p. 109-112, 1995.

KANDER, Astrid. Baumol's disease and dematerialization of the economy. *Ecological Economics*, v. 55, p. 119-130, 2005.

KHANNA, Neha; PLASSMANN, Florenz. The demand for environmental quality and the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, v. 51, p. 225-236, 2004.

KHANNA, Neha; PLASSMANN, Florenz. **Total factor productivity and the environmental Kuznets curve: a comment and some intuition.** *Ecological Economics*, v. 63, p. 54-58, 2006.

KWON, Tae-Hyong. Decomposition of factors determining the trend of CO₂ emissions from car travel in Great Britain (1970-2000). *Ecological Economics*, v. 53, p. 261-275, 2005.

KUNNAS, Jan; MYLLYNTAUS, Timo. **Anxiety and technological change: explaining the inverted U-curve of sulphur dioxide emissions in late 20th century Finland.** *Ecological Economics*, v. 69, p. 1587-1593, 2010.

LEITÃO, Alexandra. **Corruption and the environmental Kuznets curve: empirical evidence for sulfur.** *Ecological Economics*, v. 69, p. 2191-2201, 2010.

LIM, Jaekyu. **Economic growth and environment: some empirical evidences from South Korea.** Setembro 1997. Disponível em: <http://www.docs.fce.unsw.edu.au/economics/Research/WorkingPapers/1998_2.pdf> acesso em: 18 jun. 2011.

LINDMARK, Magnus. **An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870-1997.** *Ecological Economics*, v. 42, p. 333-347, 2002.

LIST, John A.; GALLET, Craig A. **The environmental Kuznets curve: does one size fit all?** *Ecological Economics*, v. 31, p. 409-423, 1999.

LÓPEZ, Ramón; GALINATO, Gregmar I. **Deforestation-induced carbon dioxide emissions in tropical countries: how do governance and trade openness affect the emissions-income relationship?** **EPA report**, nov. 2004.

LÓPEZ, Ramón; MITRA, Siddharta. Corruption, pollution and the Kuznets environmental curve. **Journal of Environment Economics and Management**, v. 40, p. 137-150, 2000.

LUCENA, André F. P. Estimativa de uma curva de Kuznets ambiental aplicada ao consumo de energia e às emissões de carbono no Brasil. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa1/estimativa_kuznets.pdf> acesso em: 16 jun. 2011.

MAGNANI, Elisabetta. The environmental Kuznets curve, environmental protection policy and income distribution. **Ecological Economics**, v. 32, p. 431-443, 2000.

MANAGI, Shunsuke. **Are there increasing returns to pollution abatement?** Empirical analytics of the environmental Kuznets curve in pesticides. **Ecological Economics**, v. 58, p. 617-636, 2006.

MARGULIS S. **Causas do desmatamento da amazônia brasileira**, 1ª edição, Brasília: Banco Mundial, 2003.

McPHERSON, Michael A.; NIESWIADOMY, Michael L. Environmental Kuznets curve: threatened species and spatial effects. **Ecological Economics**, v. 55, p. 395-407, 2005.

MERLEVEDE, Bruno; VERBEKE, Tom; CLERCQ, Marc D. **The EKC for SO₂: does firm size matter?** **Ecological Economics**, v. 59, p. 451-461, 2006.

METE, Feridun; AYADI, Folorunso S.; BALOUGA, Jean. **Impact of trade liberalization on the environment in developing countries: the case of Nigeria.** **MPRA**, nov. n. 731. 2006, Disponível em: <<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/731/>>. Acesso em: 18 jun. 2011.

MONTENEGRO, Rosa L. G.; GONÇALVES, Eduardo; ALMEIDA, Eduardo. O papel das externalidades de diversificação e especialização produtivas: uma análise da atividade inovativa em São Paulo. In: XXXVII Encontro Nacional de Economia (ANPEC), 2009, Salvador. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia (ANPEC)**, 2009.

MÜLLER-FÜRSTENBERGER, Georg; WAGNER, Martin. **Exploring the environmental Kuznets hypothesis: theoretical and econometric problems.** **Economic Series**, n. 183, 2006.

MUNASINGHE, Mohan. **Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve.** **Ecological Economics**, v. 29, p. 89-109, 1999.

MURADIAN, Roldan; MARTINEZ-ALIER, Joan. **Trade and the environment: from a "Southern" perspective.** **Ecological Economics**, v. 36, p. 281-296, 2001.

MURADIAN, Roldan; O'CONNOR, Martin; MARTINEZ-ALIER, Joan. **Embodied pollution in trade: estimating the "environmental load displacement" of industrialized countries.** *Ecological Economics*, v. 41, p. 51-67, 2002.

PANDIT, Ram; LABAND, David N. Spatial autocorrelation in country-level models of species imperilment. *Ecological Economics*, v. 60, p. 526-532, 2007.

PASCHE, Markus. Technical progress, structural change, and the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, v. 42, p. 381-389, 2002.

ROCA, Jordi; SERRANO, Mònica. **Income Growth and atmospheric pollution in Spain: an input-output approach.** *Ecological Economics*, v. 63, p. 230-242, 2007.

RODRIGUEZ-MEZA, Jorge; SOUTHGATE, Douglas; GONZÁLEZ-VEGA, Claudio. Rural development, poverty and agricultural land use in El Salvador. Disponível em : <http://www.redcamif.org/uploads/tx_rtgfiles/4southgate02P7.pdf>, Acessado em 20 de outubro de 2010, 2008.

ROODMAN, D. **How to Do xtabond2: An introduction to "Difference" and "System" GMM in Stata** Working Paper 103, Center for Global Development, Washington, 2006.

ROTHMAN, Dale S. **Environmental Kuznets curve – real progress or passing the buck?** A case for consumption-based approaches. *Ecological Economics*, v. 25, p. 177-194, 1998.

SANT'ANNA, André A.; YOUNG, Carlos E. F. Direitos de Propriedade, desmatamento e conflitos rurais na Amazônia. *Economia Aplicada*, v.14, n.3, p. 381-393, 2010.

SANTOS, Jair C.; BRAGA, Marcelo J.; HOMMA, Alfredo K. O. Determinantes do desmatamento em pólos de produção agropecuária no estado do Acre, Amazônia Brasileira. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, Rio Branco, Acre, 2008. **Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, 2008.**

SANTOS R. B. N. *et al.* Estimativa da curva de Kuznets para a Amazônia Legal. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, Rio Branco, Acre, 2008. **Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, 2008.**

SHANDRA, John M. **Economic Dependency, repression and deforestation: a quantitative cross-national analysis.** *Sociological Inquiry*, vol. 77, n. 4, p. 543-571, 2007.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

SKONHOFT, Anders; SOLEM, Håvard. **Economic Growth and land-use changes: the declining amount of wilderness land in Norway.** *Ecological Economics*, v. 37, p. 289-301, 2001.

SOYTAS, Ugor; SARI, Ramazan; EWING, Bradley T. Energy consumption, income and carbon emissions in the United States. **Ecological Economics**, v. 62, p. 482-489, 2006.

SPANGEBERG, Joachim H.; OMANN, Ines; HINTERBERGER, Friedrich. **Sustainable growth criteria**: minimum benchmarks and scenarios for employment and the environment. **Ecological Economics**, v. 42, p. 429-443, 2002.

STERN, David I. **Explaining changes in global sulfur emissions**: an econometric decomposition approach. **Ecological Economics**, v. 42, p. 201-220, 2002.

SURI, Vivek; CHAPMAN, Duane. **Economic growth, trade and energy**: implications for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 25, p. 195-208, 1998.

TISDELL, Clem. **Globalisation and sustainability**: environmental Kuznets curve and the WTO. **Ecological Economics**, v. 39, p. 185-196, 2001.

TORRAS, Mariano; BOYCE, James K. **Income, inequality and pollution**: a reassessment of the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 25, p. 147-160, 1998.

UNRUH, G. C.; MOOMAW, W. R. An alternative analysis of apparent EKC-type transitions. **Ecological Economics**, v. 25, p. 221-229, 1998.

VERBEKE, Tom; CLERCQ, Marc D. **The income-environment relationship**: evidence from a binary response model. **Ecological Economics**, v. 59, p. 419-428, 2006.

VOLLEBERGH, Herman R. J.; MELENBERG, Bertrand; DIJKGRAAF, Elbert. **Identifying reduced-form relations with panel data**: the case of pollution and income. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 58, p. 27-42, 2009.

YORK, Richard; ROSA, Eugene A.; DIETZ, Thomas. **STIRPAT, IPAT and ImPACT**: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. **Ecological Economics**, v. 46, p. 351-365, 2003.

ZHANG, Yufu; TACHIBANA, Satoshi; NAGATA, Shin. Impacto f sócio-economic factors on the changes in forest áreas in China. **Forest Policy and Economics**, vol. 9, p. 63-76, 20006.

APÊNDICE A - REGRESSÕES POR MQO PARA COMPARAÇÃO COM O MODELO PROPOSTO

Tabela A1 – Regressão por MQO para comparação com a regressão feita neste trabalho

Variáveis	Modelo quadrático	Modelo cúbico
pibcorpc	-0,592711 (0,011)	-0,8909251 (0,006)
Pib2pc	-2,84e-08 (0,726)	-2,64e-08 (0,746)
Pib3pc	-----	0,0001753 (0,179)
densidade	-0,0143618 (0,313)	-0,0150213 (0,292)
salmed	0,0407044 (0,000)	0,0405737 (0,000)
tecnologia	-0,4452457 (0,465)	-0,4344421 (0,476)
matrícula	-0,0002604 (0,513)	-0,000271 (0,496)
floresta	0,0004885 (0,000)	0,0004872 (0,000)
lpap	0,3307276 (0,000)	0,3276172 (0,000)
pecef	0,000057 (0,000)	0,0000586 (0,000)
balpib	18,18875 (0,828)	17,66563 (0,833)
homicídio	0,0116344 (0,870)	0,0172789 (0,808)
R ²	0,0801	0,0808
F	21,05 (0,000)	19,46 (0,000)

Fonte: elaboração própria com dados do IPEA, IBGE e Tesouro Nacional. Os valores entre parênteses são p-valores.