



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA

SÉRGIO CASTRO GOMES; MARCELO JOSÉ BRAGA;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

VIÇOSA - MG - BRASIL

scgomes@unama.br

APRESENTAÇÃO ORAL

Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável

**Desenvolvimento econômico e Desmatamento na Amazônia Legal: Uma Análise
Econométrica**

Grupo de Pesquisa: Agropecuária, Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Resumo

O objetivo deste trabalho é testar empiricamente a hipótese ambiental de Kuznets aplicada ao relacionamento entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* nos estados da Amazônia Legal, além analisar o comportamento da taxa de desmatamento e da dinâmica populacional no período de 1990-2004. O teste econométrico utilizado para avaliar a hipótese ambiental de Kuznets é baseado na estimação de dois modelos específicos de regressão, o primeiro representa uma função quadrática e o segundo uma função cúbica, em que a taxa de desmatamento é a variável explicada, e a renda *per capita*, a densidade demográfica e o ano são as explicativas. Na estimação dos parâmetros utilizou-se a modelagem de dados em painel para efeitos aleatórios. Os resultados mostram que para a função quadrática original da hipótese ambiental de Kuznets apresentou resultado inverso ao esperado. Para função cúbica, a estimação da função apresenta evidência estatística de adequação aos pressupostos da curva “U” ambiental, para renda inferior a R\$ 6.000,00.

Palavras-chaves: Desmatamento, renda *per capita*, dados de painel, densidade demográfica.

Abstract

The objective of this study is to test the hypothesis empirically, environmental Kuznets applied to the relationship between the rate of deforestation in per capita income in the states of Amazonia Legal, besides analyzing the behavior of the rate of deforestation and population dynamics in the period of 1990-2004. The econometric test used to assess the environmental Kuznets hypothesis is based on the estimation of two specific models of regression, the first is a function quadratic and cubic according to a function, where the rate of deforestation is the variable explained, and the per capita income, the population density and the year are the explanatory. In the estimation of the parameters used to modeling data in panel for random effects. The results show that for the quadratic function of the original hypothesis of environmental Kuznets presented to the opposite result expected. For cubic function, the estimation of the function presents statistical evidence of the appropriateness of the assumptions curve "U" environmental, rent for less than \$ 6.000,00.

Key-words: Deforestation, per capita income, environmental degradation, population density

1. Introdução

A crescente demanda de grãos, carnes e produtos extraídos da floresta para atender as exportações do Brasil têm provocado mudanças expressivas no campo econômico e social da região amazônica e os resultados da exploração econômica e social na região fica a quem dos obtidos no restante do país, com exceção de alguns estados da região nordeste. A Amazônia Legal perdeu cerca de 143,1 mil km² de cobertura vegetal no período de 2000 a 2006, segundo estimativas do INPE (2008). A região é uma das últimas reservas de floresta nativa do globo terrestre, contempla quase dois terços das florestas ainda existentes no mundo e sua área representa em torno de 40% do território brasileiro. Os estados da Amazônia Legal concentram 33,9% da produção nacional de soja e algo em torno de 33,2% do rebanho de gado bovino brasileiro (IBGE, 2008). Cerca de 13,5% da produção mineral do país é extraída da região, com destaque para os minérios de ferro, alumínio, ouro, níquel e bauxita. Do total de toras de madeira exploradas no Brasil, os estados da Amazônia Legal responderam com 81,4% desse volume, cerca de 14,6 milhões de m³ (IBGE, 2008).

Na Amazônia o desflorestamento de áreas de floresta nativa está cedendo lugar a áreas de pastagens e agricultura, assim como áreas antigas de pastagens transformam-se em áreas agricultáveis e nas que estão, a bastante tempo, em uso agrícola são utilizados sistemas de manejo intensivo e tecnologias avançadas, de maneira a garantir o aumento da produtividade agropecuária e atender a demanda interna e externa por produtos agrícolas. Essa forma intensiva de avanço sobre as áreas de floresta e no uso do solo tem contribuído significativamente, para o aumento das queimadas, alterações climáticas mundial, degradação do solo, poluição de rios e igarapés e alterações nos diversos ecossistemas existentes na Amazônia.

A contribuição da região amazônica para a formação do PIB brasileiro de 2004 foi de 7,81%, a preços correntes de 2000. A taxa média de crescimento do PIB da Amazônia Legal foi de 2,70% a.a no período de 1990 a 2004, enquanto a do Brasil ficou em 1,52% a.a. Em termos *per capita*, o PIB da região cresceu no período de 1970 a 2003, saindo de R\$ 698,00 para R\$ 3.704,00, respectivamente, quando tomado a preços correntes de 2000 (IPEAData, 2007). Esse resultado decorreu, em parte, da queda da taxa de fecundidade e da desaceleração do processo migratório, por um lado, e da elevação do valor adicionado pelas atividades produtivas locais, por outro, com destaque para o setor de extração mineral, da geração de

energia elétrica, da produção de eletro-eletrônicos e da agricultura. No entanto, a renda *per capita* da região, em 2005, representava cerca de 61,2% da renda nacional.

Em 2004, residia na Amazônia legal cerca de 23 milhões de pessoas, correspondendo a 12,8% do total de brasileiros, sendo que a grande maioria habitava as áreas urbanas (68%). Em torno de 256 mil indígenas moram na Amazônia, cultivando seus hábitos e costumes tradicionais. Segundo Clement, Val e Oliveira (2003) a comunidade indígena da região “criou a maior parcela do conhecimento tradicional sobre a biodiversidade que a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) afirma ser importante para alcançar o tão desejado desenvolvimento sustentável”.

Com a expansão da agropecuária, tem-se a ampliação da fronteira agrícola e com ela a introdução de novas culturas e técnicas de produção adotadas, principalmente, pelos grandes latifúndios ligados a cadeia produtiva dos grãos e da pecuária na região. As atividades pertencentes a cadeia produtiva da madeira tem forte participação no processo de desmatamento, devido à crescente demanda por madeira beneficiada e artefatos de madeira, e aos elevados preços no mercado internacional de espécies nobres (SANTANA, 2001; SANTOS, 2002; GOMES, 2003). Empresas ligadas a cadeia produtiva de produtos vegetais e animais têm se adaptado as exigências internacionais com relação a certificação da origem dos produtos, processamento e qualidade dos produtos agropecuários como forma de manter ou ampliar as suas vantagens competitivas.

A relação entre desenvolvimento econômico e renda *per capita* foi observada empiricamente por Simon Kuznets na década de 1950 (apud MUELLER, 2007). Ele apresentou evidências sobre a correlação existente entre o processo de desenvolvimento e os aumentos da renda *per capita*, que representada graficamente, descreve uma trajetória em formato de “U” invertido. O relatório de 1992 do Banco Mundial mostrava evidências contrariando a idéia de relacionamento direto entre o produto e a degradação ambiental, de forma que, o uso de tecnologias limpas e de políticas de proteção ambiental contribuía para reduzir os impactos sobre o meio ambiente. A formulação especial proposta pelo Banco Mundial é análoga a relação proposta por Kuznets e passou a ser conhecida como hipótese ambiental de Kuznets.

O objetivo deste trabalho é testar empiricamente a hipótese ambiental de Kuznets aplicada ao relacionamento entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* nos estados da Amazônia Legal, no período de 1990 - 2004. O trabalho está distribuído da seguinte maneira, além desta introdução: na segunda seção, serão apresentados os fundamentos da hipótese ambiental de Kuznets e a literatura sobre as aplicações dessa hipótese; na terceira, são apresentados os procedimentos metodológicos, o modelo estatístico e a descrição das variáveis; na quarta seção, os resultados são apresentados e discutidos. Na parte final encontra-se a conclusão obtida diante das evidências estatísticas encontradas para a Amazônia Legal.

2. Hipótese ambiental de Kuznets e os resultados empíricos

A partir da segunda metade do século XX observa-se um ritmo acentuado da produção econômica mundial, exigindo a utilização de insumos diversos, com destaque para os recursos naturais, produzindo cada vez mais resíduos sólidos e líquidos absorvidos pelo meio ambiente. Segundo Mueller (2007), a escala com que ocorre a aceleração da produção econômica global apresenta dois componentes básicos: um demográfico, relacionado ao crescimento populacional e a necessidade crescente de alimentos, bens de consumo duráveis e semi-duráveis para atender esses habitantes; e o outro é o nível de renda *per capita* médio, relacionado a produção material por habitante. Ambos componentes estão relacionados as questões ligadas a degradação do meio ambiente e algebricamente pode-se escrever:

$$Y_{jt} = (Y_{jt}/P_{jt}) \times P_{jt} \quad (1)$$

$$DA_{jt} = \Omega(Y_{jt}) \quad (2)$$

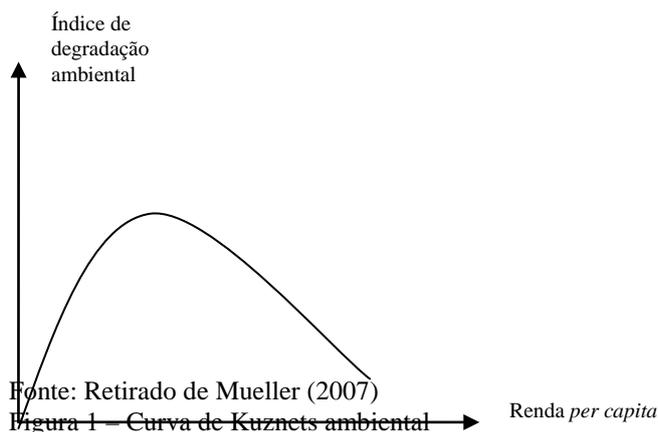
em que Y_{jt} é o produto interno bruto da economia j no ano t , representando a escala de produção material; P_{jt} é a população residente na economia j no ano t ; DA_{jt} é degradação ambiental relacionada a economia j no ano t . Dessa forma, a degradação ambiental está relacionada ao a produção material de cada habitante que por sua vez depende da composição da estrutura produtiva e das tecnologias empregadas na produção e dos componentes da dinâmica demográfica – Natalidade, Mortalidade e Migração líquida (MUELLER, 2007).

Se para uma determinada economia j , em um período t , o componente demográfico for tomado como dado, a equação (1) mostra que quanto maior for a renda per capita maior será o produto real da economia e a dimensão da escala de produção, que resultará em impactos sobre o meio ambiente, equação (2). A convicção de que a degradação ambiental estava diretamente relacionada ao nível de produção econômica perdurou durante as décadas de 1970 e 80, e apoiava-se em duas condições relacionadas ao limite ambiental: o da disponibilidade fixa de recursos naturais, pois quanto maior a escala econômica maior será a absorção de recursos naturais; e o limite do próprio meio ambiente em absorver os resíduos e dejetos resultantes da produção. Essa relação direta entre degradação ambiental e renda *per capita* pode não ocorrer em determinadas economias do planeta, conforme as evidências constatadas pelos estudos do Banco Mundial (1992). Nele, argumenta-se que o crescimento econômico acompanhado de políticas industriais que estimulem a adoção de novas tecnologias limpas, de políticas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), e de políticas ambientais e de uso dos recursos naturais, pode resultar em menor degradação ambiental.

Diante das evidências apresentadas no relatório de 1992 do Banco Mundial foi sugerida a formulação de uma hipótese especial sobre a relação entre o desenvolvimento econômico e a degradação ambiental, mostrando que:

“em um país subdesenvolvido cuja renda *per capita* aumenta consistentemente, um emprego de quantidades crescentes de energia e materiais conduz a uma degradação ambiental cada vez menor. Mas isso aconteceria até certo nível de renda *per capita*. Se a renda per capita (Y/P) continuar a crescer, cedo ou tarde será atingido um nível de renda *per capita*, após o qual, aumentos ulteriores nesse indicador de desenvolvimento trariam reduções na magnitude dos indicadores de degradação ambiental”.

Essa relação passou a ser conhecida como a hipótese ambiental de Kuznets, ou hipótese do “U” invertido ambiental. A Figura 1 descreve a relação sugerida por Kuznets, ou seja, que para países ou regiões em desenvolvimento, com renda *per capita* baixa, o nível de degradação ambiental tende a ser elevado, de forma que haverá um nível de renda que maximiza a degradação. E no caso de países desenvolvidos, com rendas acima dessa, a trajetória da degradação ambiental é de queda.



O nível do impacto dos aumentos na produção material decorre, em grande medida, de três efeitos: o efeito escala, o efeito produção e o efeito das mudanças metodológicas (BORGHESI; FAVARD, 2000). O primeiro efeito é o reflexo do aumento da escala de produção da economia, que resultaria no aumento da renda e do consumo, e na elevação dos níveis de poluição e da degradação ambiental.

O segundo efeito é resultante das mudanças ocorridas na composição da estrutura produtiva da economia decorrente do aumento da renda *per capita*, passando de uma economia em que o consumo está voltado para bens de consumo imediato, duráveis e semi-duráveis e de recursos naturais usados como insumos na produção desses, para uma economia pós-industrial, em que o setor de serviços passa a responder pela maior participação na composição do PIB. Assume-se a hipótese de que o setor de serviços consome energia e recursos naturais com menos intensidade, ou seja, a produção realizada por esse setor é mais limpa (MUELLER, 2007).

O efeito da mudança tecnológica resulta inicialmente da formação de capital humano e social e dos investimentos em P&D e Inovações, de maneira a estimular o desenvolvimento de tecnologias de produção menos agressivas ao meio ambiente ou de tecnologias “limpas” como elas são denominadas.

PANAYOTOU (1997) vai além dos efeitos escala, decomposição e tecnologia e associa o baixo nível de poluição aos deslocamentos da oferta e da demanda, enquanto efeito da variável renda. Em economias com baixo nível de renda há uma maior procura por produtos de necessidade imediata como alimentação, vestuário e moradia. Nas economias com renda elevada o consumo é mais seletivo e há a preocupação com a qualidade dos produtos, procedência e manejo, principalmente dos produtos oriundos da cadeia produtiva vegetal e animal. Do lado da oferta, aquelas economias com menor poder aquisitivo, mesmo que exista demanda, não apresentam condições de investir na preservação do meio ambiente. No entanto, se a economia é mais robusta, é possível que sejam feitas ações que amenizem os danos causados ao meio ambiente pelas unidades produtivas, a partir de ações reguladoras do uso dos recursos naturais e da dotação de infra-estrutura ambiental.

Outras investigações ampliam o conjunto de fatores que devem ser levados em consideração na análise da relação, as variáveis políticas e institucionais como: direito de propriedade não definido, externalidades não internalizadas e o uso dos recursos e poluição subsidiados pelo poder público, que atuam no lado crescente da curva da Figura 1; e a solução desses fatores amenizaria o impacto ambiental, representado no lado decrescente da curva de Kuznets (YANDLE; VIJAYARAGHAVAN; BHATTARAI, 2002).

A visão de que o crescimento econômico induz os agentes a adotarem medidas preventivas em relação a degradação ambiental não é de todo verdadeira, pois os agentes econômicos não estão acostumados a incorporar esse item de despesa em suas funções de

custo. Além do mais o ritmo das mudanças nos padrões sociais de uma população é muito inferior ao ritmo das mudanças econômicas com reflexos na degradação do meio ambiente (PANAYOTOU, 1997). Essa seria uma das explicações para o formato “U” invertido da hipótese ambiental de Kuznets.

A hipótese ambiental de Kuznets foi avaliada por vários autores utilizando indicadores de poluição do ar, da terra e dos rios como *proxies* da degradação ambiental e indicadores da distribuição de renda (índice de Gini e de Thiel) ou a renda *per capita* como *Proxy* do produto material por habitante.

Vicent e Ali (1997), analisaram o relacionamento linear entre o desmatamento e a densidade populacional, o crescimento populacional e a taxa de crescimento da renda, na Malásia, entre 1972 e 1981, utilizando uma regressão múltipla, e os resultados sugeriram que a relação entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* era significativa, de forma que, para distritos residenciais com renda mais elevada a taxa de desmatamento decresceria.

Os estudos desenvolvidos por Grossman e Kruguer (1995) e Shafik e Bandyopadhyay (1992), avaliaram a existência de uma relação não linear entre poluição e crescimento econômico. Os resultados mostraram que para alguns índices de poluição do ar e dos rios usados em vários países, assim como o nível de desmatamento anual das florestas, há evidências estatísticas de que problemas ambientais e a renda *per capita* teriam uma relação “U” invertido de forma que, a partir de certo ponto no tempo, o impacto ambiental decrescerá com o crescimento econômico. A pesquisa foi desenvolvida com base em dados oriundos do painel *Global Environmental Monitoring System* (GEMS) e do painel de países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que congrega informações sobre a qualidade do ar em áreas urbanas de algumas cidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento no mundo, além do desflorestamento.

Fonseca e Ribeiro (2005) aplicaram a hipótese de Kuznets, no Brasil, para avaliar a relação entre o crescimento econômico e a qualidade do meio ambiente, usando como variável *proxy* para o indicador de degradação ambiental o percentual de áreas estaduais preservadas, de forma a testar a relação entre o crescimento econômico e a preservação ambiental. No conjunto de variáveis exógenas foi usada a renda *per capita*, escolaridade média, participação obtida pela parcela de votos brancos e nulos, e o índice de Gini. As estimativas mostraram ser significativa a renda *per capita* em polinômios e a escolaridade, porém, o capital social e índice de Gini não afetaram significativamente a variável. Esse trabalho segue a linha desenvolvida por BIMONTE (2001), em que o autor usa o percentual de áreas protegidas como variável explicada.

O trabalho de Jha e Murthy (2003) discute a qualidade dos indicadores de degradação ambiental utilizados e o nível de desenvolvimento de um grupo de 174 países. A discussão gira em torno da construção do Índice global de degradação ambiental, obtido a partir da utilização da técnica de componentes principais aplicada a um conjunto de índices que envolvia: o desflorestamento, a emissão de CO₂, o consumo per capita de papel, a participação relativa do país nas emissões totais de CO₂, entre outros. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foi utilizado como *proxy* do desenvolvimento. Os países foram estratificados em grupos, de acordo com o IDH, como alto, médio e baixo índice de desenvolvimento humano. O resultado das regressões utilizadas para avaliar a adequação dos dados a curva ambiental global de Kuznets, mostraram que a relação cúbica entre o índice de degradação e o nível do IDH é melhor que a relação quadrática. Ou seja, no caso de níveis menores de IDH observou-se, graficamente, o formato da curva em “U” invertido, porém, para níveis elevados de IDH foi constatada uma relação direta entre as variáveis. Os autores concluem que os 22 países com maior IDH foram responsáveis por mais de 50% da degradação ambiental global.

Os resultados econométricos encontrados por diversos autores para a relação entre a degradação ambiental e a renda *per capita*, não são conclusivos quanto ao sentido e a intensidade da correlação entre as diversas variáveis utilizadas como *proxies* da variável explicada e do vetor de variáveis explicativas. Ou seja, não é possível afirmar que existe uma relação direta entre o crescimento econômico e o nível de degradação ambiental, assim como não há evidências fortes para não rejeitar a hipótese ambiental de Kuznets.

O presente trabalho estimou os coeficientes da regressão entre a degradação ambiental e o desenvolvimento econômico na Amazônia Legal, o primeiro representado pela taxa de desflorestamento e o segundo pela renda *per capita*, assumindo que a relação entre as variáveis pode ser modelada por funções não-lineares, quadrática e cúbica.

3. Metodologia

3.1 Fontes dos dados

Desmatamento (Desm): A variável representativa do desmatamento é a taxa de desflorestamento, ou desmatamento, calculada pelo INPE (2007) com base no Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), que utiliza as imagens captadas pelo Satélite LANDSAT, para toda a região amazônica. Segundo Alves (2001), algumas restrições são feitas aos dados gerados pelo INPE: os levantamentos são realizados com defasagens de dois ou mais anos, em decorrência de problemas orçamentários e organizacionais; os levantamentos são restritos a áreas de floresta, deixando de avaliar as áreas de cerrado e campos naturais, que representam 20% da Amazônia Legal; a metodologia prevê a detecção sistemática de desflorestamento em áreas que excedem 6,25 ha, omitindo as derrubadas realizadas pelos produtores tradicionais (agricultura itinerante) e a extração seletiva de madeira.

Renda *per capita* (Rpc): Relação entre o nível total da produção e o total de pessoas residentes em cada um dos estados da Amazônia legal, obtidos a partir dos dados disponíveis no IPEADData (2007) e no IBGE, expressos em R\$ mil de 2000.

Densidade demográfica (Ddem): Variável utilizada para avaliar o efeito da dinâmica populacional nos Estados da Amazônia Legal sobre a taxa de desmatamento. Essa medida é usada no modelo original formulado por England (2000) e apontada por Alves (2001) como importante fator de pressão sobre as áreas de floresta, principalmente nas áreas ao longo das estradas vicinais abertas pela atividade de extração de madeira, bem como daquelas usadas por mineradoras para viabilizar a extração de minérios na região.

3.2 Modelo empírico

O teste econométrico utilizado para avaliar a hipótese ambiental de Kuznets é baseado na estimação de dois modelos específicos de regressão, o primeiro representa uma função quadrática e o segundo uma função cúbica, em que a taxa de desmatamento é a variável explicada, enquanto a renda *per capita*, a densidade demográfica, o ano e uma dummy usada para captar o efeito dos estados incluídos na área territorial denominada de “Arco do Desmatamento”, são as explicativas. O modelo da função cúbica é baseado na formulação não-linear proposta por Grossman e Kruguer (1995; Jha e Murthy (2003), de maneira a capturar a renda *per capita* que maximiza o nível de desmatamento na Amazônia Legal, ou seja, qual o nível de aumento da renda a partir do qual o desflorestamento na região amazônica passaria a declinar, levando-se em consideração a defasagem de um período de tempo para a variável renda *per capita*.

As equações a serem estimadas apresentam a seguinte estrutura:

1ª especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(rpc) + \beta_2 (\ln rpc)^2 + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

2ª especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(rpc) + \beta_2 (\ln rpc)^2 + \beta_3 (\ln rpc)^3 + \beta_4 \ln rpc_{-1} + \beta_5 (\ln rpc)^2_{-1} + \beta_6 (\ln rpc)^3_{-1} + \beta_7 Ano + \beta_8 D1 + \beta_9 Ddem_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

em que,

Y_{it} = taxa anual de desmatamento do estado $i = 1, 2, 3, \dots, 9$, no ano $t = 1990, 91, 92, \dots, 2004$

$\ln rpc$ = logaritmo natural da renda *per capita*, em R\$1.000 a preços de 2000

Ano = variável de tendência

$D1$ = *dummy* (d1) igual a um, para representar os estados que compõem o “Arco do desmatamento” e zero para os demais

$Ddem$ = Densidade demográfica (Ddem), tomada em logaritmo natural.

ε_{it} = Distúrbio aleatório

3.3 Modelagem para dados em painel

Um conjunto de dados em painel tem inúmeras vantagens sobre os estudos convencionais de séries no tempo e seção cruzada, pois consegue: aumentar o número de pontos observados; elevar os graus de liberdade; reduzir a multicolinearidade entre as variáveis explicativas; maior eficiência das estimativas; e tem sido frequentemente utilizado em estudos empíricos sobre a hipótese ambiental de Kuznets. Em síntese, o estudo de dados em painel permite a identificação de certos parâmetros sem a necessidade de fazer suposições restritivas sobre eles (GRENNE, 2003; HSIAO, 2002).

Ao organizar os dados em um formato de painel torna-se possível avaliar os efeitos das variações ocorridas nas variáveis explicativas sobre a taxa de desmatamento, em função do tempo e das diferentes características entre os Estados.

Em termos matriciais as equações (3) e (4) podem ser expressas por:

$$y_{it} = x_{it} \beta + u_{it} \quad (5)$$

$$u_{it} = z_i \delta + \varepsilon_{it},$$

$$\varepsilon_{it} = \sum_{j=1}^p \rho_{ij} \varepsilon_{i,t-j} + v_{it}$$

Assumindo-se que $z_i \delta = \alpha_i$, a equação (5) pode ser reescrita como:

$$y_{it} = \delta + \alpha_i + x_{it} \beta + \varepsilon_{it}, \quad (6)$$

em que y_{it} é um vetor $nT \times 1$ representando a variável dependente; x_{it} é uma matriz de regressores $nT \times k$; β é um vetor de parâmetros $k \times 1$ e u_{it} é um vetor de erros $nT \times 1$; α_i representa os efeitos fixos ou aleatórios não observados nos Estados que se mantêm invariantes no tempo; $|\rho_{ij}| < 1$ são os parâmetros que representam a autocorrelação serial, caso existam; e ε_{it} são os erros idiossincráticos, independente e identicamente distribuído (iid), com média zero e variância σ^2 .

No caso da equação (6) representar matricialmente a equação (3) o vetor y_{it} é a taxa de desmatamento e $x_{it} = [\ln rpc, (\ln rpc)^2, Ano, Ddem]$. Se a equação (6) representar a equação (4), $x_{it} = [\ln rpc, (\ln rpc)^2, (\ln rpc)^3, \ln rpc_{-1}, (\ln rpc)^2_{-1}, (\ln rpc)^3_{-1}, Ano, Ddem]$. A escolha do

melhor modelo de estimação, se Efeito Fixo (EF) ou Efeito Aleatório (EA), foi tomada com base nos resultados do teste de Hausman.

A estimação do modelo de EF é feita com base nos desvios em torno da média das seções cruzadas: $(y_{it} - \bar{y}_{i\bullet}) = \beta'(x_{it} - \bar{x}_{i\bullet}) + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i\bullet})$, em que, $\bar{y}_{i\bullet} = N^{-1} \sum_{t=1}^T y_{it}$;

$\bar{x}_{i\bullet} = N^{-1} \sum_{t=1}^T x_{it}$; e $\bar{\varepsilon}_{i\bullet} = N^{-1} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}$. De posse das transformações para as séries da variável dependente e das independentes, basta utilizar o MQO para encontrar os estimadores do coeficiente β . Porém, o efeito individual α_i é eliminado. Esse tipo de procedimento é conhecido como transformação dentro de e o estimador dos coeficientes é denominado de estimador dentro de.

No modelo de EA examinam-se como as seções cruzadas ou o tempo afeta a variância do erro. Considere a formulação do modelo representado pela equação (6)

$$y_{it} = \delta + x'_{it}\beta + (\alpha_i + \varepsilon_{it}),$$

em que δ é a média da heterogeneidade não observada e o α_i é o termo de heterogeneidade aleatória específica para cada seção cruzada e constante no tempo. Nesse caso, o termo α_i passa a ser uma variável gerada por um processo aleatório.

Supõe-se também que,

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_{it} | X] &= E[\alpha_i | X] = 0; \\ E[\varepsilon_{it}^2 | X] &= \sigma_\varepsilon^2; \\ E[\alpha_i^2 | X] &= \sigma_\alpha^2; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_{it}\alpha_j | X] &= 0 \text{ para todo } i, t \text{ e } j; \\ E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{js} | X] &= 0 \text{ se } t \neq s \text{ ou } i \neq j; \\ E[\alpha_i\alpha_j | X] &= 0 \text{ se } i \neq j. \end{aligned} \quad (8)$$

Fazendo $w_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$ temos o modelo de componentes do erro em que,

$$\begin{aligned} E[w_{it}^2 | X] &= \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\alpha^2 \\ E[w_{it}w_{is} | X] &= \sigma_\alpha^2, \quad t \neq s \\ E[w_{it}w_{js} | X] &= 0, \text{ para todo } t \text{ e } s \text{ se } i \neq j. \end{aligned}$$

Segundo Wooldridge (2002), assumindo-se que as equações (7) e (8) são satisfeitas, a matriz de covariância dos erros apresenta a seguinte forma:

$$\Omega = E(w_i w_j') = \begin{bmatrix} \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_\alpha^2 & \cdots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \ddots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \cdots & \cdots & \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

e pode ser escrita como

$$\Omega = \sigma_\varepsilon^2 I_T + \sigma_\alpha^2 j_T j_T',$$

desde que $j_T j_T'$ seja uma matriz $T \times T$ de uns. Assumindo-se que i e j são independentes, a matriz (9) para o total das nT observações, pode ser escrita da seguinte maneira (GREENE, 2003):

$$\Omega = \begin{bmatrix} \Sigma & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Sigma & \cdots & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & 0 & \cdots & \Sigma \end{bmatrix} = I_n \otimes \Sigma,$$

em que \otimes representa o produto Kronecker.

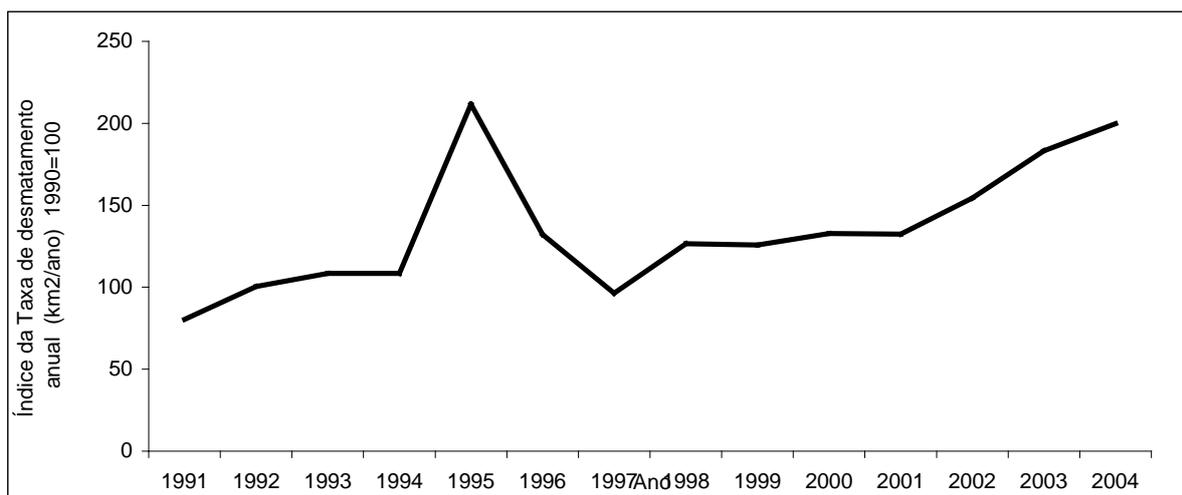
O modelo de EA pode ser estimado de duas maneiras, de acordo com a condição de conhecimento, ou não, da estrutura de variância. Quando a estrutura da variância for conhecida é adequado usar o modelo de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), em caso contrário, é propício o uso do modelo de Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis (MQGF). Para geração da estimativa dos coeficientes utilizou-se o software STATA 9.0.

4. Resultados e discussões

4.1. Taxa de desmatamento e renda *per capita* na Amazônia Legal

O avanço sobre áreas de floresta nativa na região amazônica é acentuado nos anos de 1990, visto que cerca de 17% da floresta já foi devastada. A Figura 2 apresenta o comportamento do índice da taxa de desmatamento para a região, em comparação ao desmatamento realizado no ano de 1990. A Figura 2 mostra uma tendência crescente, porém com inclinação mais aguda nos períodos 1994-95, 1996-97 e 2001-02. Os dois primeiros períodos coincidem com o período pós-plano real, em que a demanda interna ficou aquecida pelo aumento do poder de compra dos salários e o último pela elevação das exportações como consequência imediata da desvalorização do real.

A pressão sobre os recursos naturais da Amazônia Legal, em especial sobre a floresta, é realizada de forma concomitante pelos diversos setores das cadeias produtivas da madeira, do gado, dos grãos e do minério, este último pelo setor ligado as guseiras da Região Norte que utilizam carvão de mata nativa para abastecer os alto-fornos. Segundo o Governo do Pará (2007) a negociação de madeira irregular na região é extremamente elevada, pois em apenas uma única operação conjunta do IBAMA com a SEMA/PA foram descobertos mais de 100 mil metros cúbicos de carvão de mata nativa.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 2 – Índice da taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 1990 – 2004.

Os dados do IBGE (2007) para 2006 mostram que 17,7 milhões m³ de toras de madeira foram retirados da Região Norte, perfazendo R\$ 1,4 bilhões. Do total de m³ extraídos, 12,3 milhões (69,5%) são de floresta nativa e o restante de reflorestamento (30,5%). A região produziu 224 mil ton de carvão vegetal, em que o Estado do Pará

contribuiu com 216 mil ton, cerca de 96,4% do total da região com o objetivo de atender a crescente demanda das siderúrgicas de ferro-gusa.

Da madeira extraída na Amazônia Legal, 68% destina-se ao mercado doméstico e 32% é destinada a exportação. A Região sudeste consome 36% e o restante é consumido nas outras regiões do país, inclusive na Amazônia Legal. Os estudos realizados sobre a demanda de madeira da região amazônica indicam que no caso dos aumentos da renda dessas regiões e do resto do mundo a pressão sobre a floresta será intensificada caso não sejam implementadas ações mitigatórias que incidam sobre os extratores e seus clientes, além da necessidade de mudança do paradigma tecnológico de produção do setor madeireiro (HOMMA; SANTANA, 2008; SANTANA, 2001; 2002).

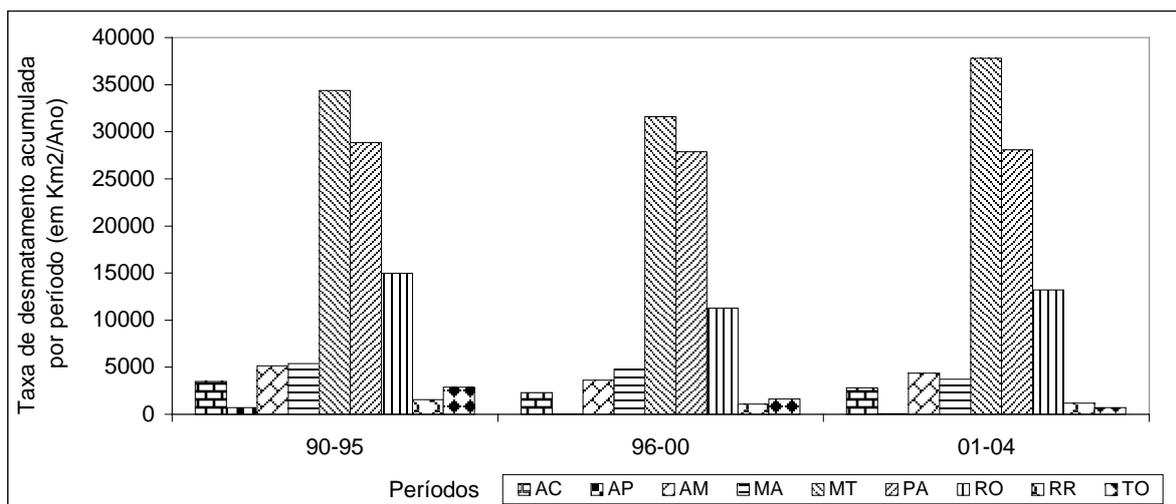
Segundo Santana et al (2008), a exploração florestal nos Estados do Pará e Amapá predomina sobre a atividade de silvicultura, em decorrência do elevado valor dos estoques naturais de madeira. As áreas de floresta plantada na região resultam da utilização de sistemas agroflorestais, silvipastoril ou reflorestamento de forma a atender a demanda da indústria de papel e celulose, da produção de carvão e de serrarias e de cavaco para exportação.

Com base nas imagens dos satélites Landsat, Alves (2001) investigou a distribuição do desmatamento na Amazônia e afirma que cerca de 90% do desflorestamento ocorre ao longo da malha rodoviária municipal, que circunda os grandes eixos e pólos de desenvolvimento nas décadas de 1970 e 1980. Com a consolidação dos grandes projetos, denominado como Pólo Siderúrgico de Carajás – envolvendo as minas, estrada de ferro, usinas siderúrgicas e a hidroelétrica de Tucuruí – tem-se um efeito indireto sobre a área rural, em decorrência da elevação da demanda por terras agricultáveis, que foi induzida pelo processo de urbanização e de industrialização e não um efeito direto sobre as áreas de floresta nativa para atender a demanda de carvão das siderúrgicas (REIS, 2001).

Na região amazônica há situações em que, após o desmatamento, as atividades agropecuárias implementadas contribuíram para elevar a produtividade da região a partir da adoção de novas tecnologias aplicadas em culturas permanentes como a soja e o algodão no Mato Grosso e Tocantins, e a produção de gado bovino e beneficiamento de madeira, no Pará. No entanto, há casos em que o avanço sobre a floresta nativa e matas secundárias não resultaram em ganhos expressivos de produtividade, como é o caso das culturas itinerantes, usadas por camponeses tradicionais da região, principalmente nos estados do Pará e Maranhão, que utilizam as técnicas de derrubada e queima para realizar sua produção. Segundo Hurtienne (2005), os dados do censo agropecuário de 1995/96 mostram que, no estado do Pará, o valor da produção por pessoa ocupada na agricultura familiar foi de R\$ 834,00, enquanto nas fazendas e em grandes empresas agropecuárias esse valor ficou em R\$ 3.517,00 e R\$ 7.322,00, respectivamente.

Em relação à distribuição espacial do desmatamento, a Figura 3 mostra uma concentração elevada do desmatamento nos estados do Mato Grosso, do Pará e de Rondônia. A participação desse grupo de Estados, nos períodos de 1990-95, 1996-00 e 2001-04, foi de 80,2%, 84,0% e 86,0%, respectivamente. Esses Estados fazem parte da extensão territorial denominada de “Arco do Desmatamento”, que vai do Maranhão até Rondônia, que Becker (2004) afirma ser uma área de povoamento consolidado, com atividades mais eficientes e rentáveis, representadas na agricultura e pecuária mais tecnificadas e mais produtivas¹.

¹ Para a autora a área não é mais a grande fronteira de expansão territorial e o desmatamento processado nesta área decorre da expansão das atividades agrícolas e pecuárias já existentes na área a qual prefere denominar de “arco do povoamento”.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE e IPEADData.

Figura 3 – Taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 1990-95, 1996-00 e 2001-04.

Os Estados mais aquinhoados com a política de desenvolvimento regional, desde 1970, aqueles que receberam o maior volume de recursos em programas de colonização, de infra-estrutura e a renúncia fiscal direcionada à pecuária, à extração mineral e à exploração de madeira, foram os que apresentaram as maiores taxas de desmatamento acumulada, quais sejam: Pará, Maranhão, Mato Grosso e Rondônia (CASTRO, 2005).

Ao avaliar cada um dos Estados que compõem o “Arco do desmatamento”, verifica-se que o Mato Grosso contribuiu com 35% da área desmatada no período de 1990-95, enquanto os estados do Pará e de Rondônia participaram com 30% e 15%, respectivamente. Os dados do INPE mostram que o desmatamento ocorreu ao longo da rodovia Cuiabá – Porto Velho – Rio Branco; das rodovias que ligam o Centro-Oeste ao Pará e ao Maranhão; e ao longo das rodovias Cuiabá – Santarém e Transamazônica. Na segunda metade da década de 1990 e nos anos iniciais de 2000, a expansão da cultura da soja tem forte participação na ampliação da área desmatada, com destaque para o Estado do Mato Grosso.

A Tabela 1 aponta evidências para a relação positiva entre o tamanho da população dos Estados da região amazônica e a taxa de desmatamento, indicando que nos Estados com maior adensamento populacional há uma pressão maior sobre o desflorestamento. Essa idéia está presente no modelo formulado por Mueller (2007) em que a componente demográfica é um dos fatores que influencia no nível de produção econômica e, por conseguinte, na degradação ambiental.

Tabela 1 – Participação relativa porcentual da Taxa de desmatamento anual e da população residente, em relação ao total da Amazônia Legal, segundo estado, 1990/1995/2000/2004

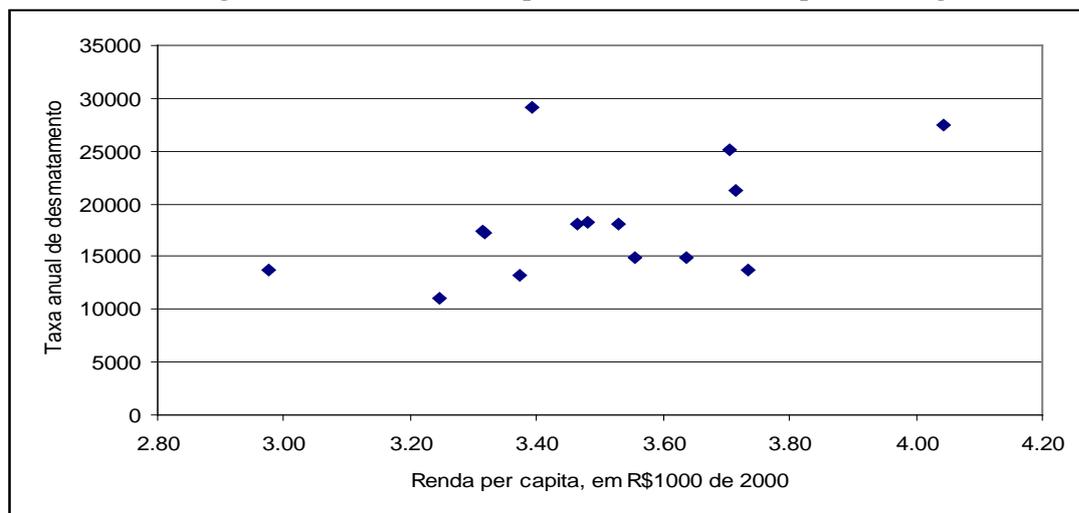
Estados	1990		1995		2000		2004	
	POP	Desm	POP	Desm	POP	Desm	POP	Desm
AC	2,47	4,01	2,54	4,16	2,65	3,00	2,73	2,80
AM	12,38	3,79	12,81	7,27	13,36	3,35	13,79	4,45
AP	1,68	1,82	1,93	0,03	2,27	0,10	2,57	0,17
MA	29,49	8,01	28,05	6,01	26,84	5,84	25,88	2,75
MT	11,72	29,28	11,92	35,76	11,89	34,91	11,86	43,07
PA	29,15	35,62	29,27	27,00	29,41	36,56	29,48	31,07
RO	6,40	12,16	6,62	16,28	6,55	13,51	6,49	13,98
RR	1,21	1,09	1,39	0,76	1,54	1,39	1,67	1,13
TO	5,50	4,22	5,45	2,74	5,50	1,34	5,52	0,58
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE e IPEADData

POP = População residente; Desm = Taxa de desmatamento anual.

Em 1990, os estados do Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia contemplavam 76,76% da população residente na região e foram responsáveis por 85,07% do desflorestamento. Em 2000, a população nesses Estados representava 74,69%, enquanto o desmatamento alcançou 90,82% do total de área desflorestada.

Com as altas taxas de desmatamento no período 1990-2004, resultantes, em parte, do modelo de desenvolvimento regional adotado, esperava-se que os indicadores econômicos e sociais refletissem os investimentos públicos na região. A renda *per capita* da região representava 61,2% da renda *per capita* nacional. O IDH dos estados da Amazônia Legal, em 2000, é superior ao observado em 1980, porém, ficam abaixo da média nacional de 0,690. Apenas o Estado do Mato Grosso alcançou IDH acima da média do Brasil, de 0,773. O IDH dos estados da região amazônica ficou aquém dos observados para as Regiões Sul e Sudeste.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 4 – Taxa de desmatamento anual versus renda *per capita*, Amazônia Legal, 1990-2004.

No contexto regional, os Estados com a maior elevação da renda foram: Mato Grosso, Rondônia, Maranhão e Tocantins. A Figura 4 mostra a relação linear positiva entre os níveis de desmatamento e a renda *per capita*, sugerindo que aumentos da renda estão associados com a elevação das taxas de desmatamento, e vice-versa. A correlação entre as variáveis é da ordem de 0,491, que pode ser considerada fraca para o intervalo de renda da Amazônia Legal.

4.2 Evidências sobre a hipótese ambiental de Kuznets na Amazônia

Inicialmente foram estimados os modelos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) agrupados, de efeitos fixos e de efeitos aleatórios para as duas especificações. Com base no teste de Chow, o modelo de efeitos fixos é preferível ao modelo de MQO agrupado em ambas as especificações, o que mostra a existência de diferenças seccionais. No caso dos modelos de MQO agrupado e efeitos aleatórios o resultado é que existem diferenças seccionais. Dessa forma, confirma-se a heterogeneidade entre as seções cruzadas (estados). A partir dos resultados do teste de Hausman (Tabela 2) não se rejeitou a hipótese nula de que a diferença entre os coeficientes é aleatória, em ambas as especificações.

Tabela 2 – Resultados do teste de Hausman

Variável independente	Modelo A			Modelo B		
	Coef. Fixo (b)	Coef. Aleatório (B)	Diferença (b-B)	Coef. Fixo (b)	Coef. Aleatório (B)	Diferença (b-B)
ln(rpc)	0,23449	-0,25616	0,02167	-4,03901	8,84830	-12,88733
(lnrpc) ²	0,21856	0,20118	0,01738	3,09749	-8,07509	-2,69106
(lnrpc) ³				-0,72191	1,96914	-2,69106

(lnrpc) ₋₁			0,96474	8,14741	-7,18266
(lnrpc) ² ₋₁			0,78465	-5,18544	4,40079
(lnrpc) ³ ₋₁			0,30557	1,30851	-1,00293
Ddem			-0,49652	1,61515	-2,11168
Ano			0,03110	-0,06293	0,09403
Prob>Qui quadrado	0,8739		0,7189		

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados do STATA

Após estimação, foram realizados os teste de homocedasticidade (Breusch-Pagan), de correlação serial (WOOLDRIDGE, 2002:282) e de normalidade dos resíduos. Em ambas as especificações, os resultados sugerem que os resíduos são heteroscedasticos, correlacionados em primeira ordem e não apresentam uma distribuição normal, o que implica em estimadores inconsistentes e torna os testes de hipótese não válidos. Diante da presença de autocorrelação nos erros, optou-se pela estimação de Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis (MQGF) para avaliar a relação entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* (Tabela 3). Como todas as variáveis estão na base logarítmica, os resultados podem ser interpretado como uma elasticidade da taxa de desmatamento em relação a cada um dos regressores, menos no caso da *dummy*.

A primeira especificação, utilizando uma função quadrática simples, apresenta todos os termos significativos a 1%, e mostra que a taxa de desmatamento e o nível de renda não segue os postulados da hipótese ambiental de Kuznets, pelo contrário, a curva tem o formato de “U” com um ponto de mínimo cuja renda *per capita* é em média, de R\$ 4.311,87 (em reais de 2000). Esse resultado sugere que no lado esquerdo da curva a evolução da renda está relacionada a reduções no nível da taxa de desmatamento, ou seja, nos estados com baixo nível de renda *per capita* a pressão sobre a floresta leva a maior degradação ambiental e, com a evolução dessa a taxa de desmatamento tende a reduzir. Do lado direito da curva tem-se o contrário, e nos estados com renda mais eleva é esperado maior desflorestamento.

O primeiro modelo especificado relaciona o desmatamento a componente renda *per capita*, deixando de fora os fatores demográficos que influenciam na degradação ambiental segundo Mueller (2007) e a inclusão da renda defasada é para reduzir o nível da correlação serial dos resíduos. Ambos os fatores, mais a tendência foram incluídos na segunda especificação do modelo (Tabela 3).

Os resultados da segunda especificação mostram que as estimativas apresentam os sinais esperados e são condizentes com a relação proposta por Grossman e Kruguer (1995) e Jha e Murthy (2003). Nessa especificação, para níveis de renda per capita abaixo de RS 6.000, há evidências estatísticas de adequação aos pressupostos da hipótese ambiental de Kuznets para a relação entre desmatamento e nível de renda na Amazônia, ou seja, graficamente a curva tem o formato do “U” invertido. Para renda acima desse valor observa-se uma tendência crescente do desmatamento, com destaque para o Estado do Mato Grosso.

A elasticidade² da taxa de desmatamento em relação à renda *per capita* foi calculada levando-se em consideração três níveis médios de renda *per capita*: baixa (R\$1.500,00), média (R\$2.500,00) e alta (R\$4.500,00), a preços de 2000. Os valores obtidos para as elasticidades nos níveis de renda estabelecidos foram: 3,91 para baixa; -1,10 para a média e -0,61 para a alta. O ponto máximo da parte que se aproxima ao formato do “U” invertido é de R\$ 2.023,00,

Tabela 2 – Resultado da regressão para estimação dos coeficientes das equações por MQGF, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável independente	Modelo A	Modelo B
-----------------------	----------	----------

² Elasticidade obtida por $\varepsilon = \beta_1 + 2\beta_2 \ln rpc + 3\beta_3 (\ln rpc)^2$

Constante	7,5761*** (0,0824)	-0,295 (0,693)
ln(rpc)	-1,4533*** (0,1487)	8,548*** (2,779)
(lnrpc) ²	0,4492*** (0,0609)	-6,620*** (2,119)
(lnrpc) ³		1,486*** (0,499)
(lnrpc)_1		4,013 (2,512)
(lnrpc) ² _1		-3,157* (1,856)
(lnrpc) ³ _1		0,928** (0,431)
Ano		-0,049*** (0,012)
Ddem		1,509*** (0,066)
D1		1,35*** (0,107)

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados do STATA

Nota: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%. O valor entre parêntese refere-se ao erro padrão

A elevação da renda doméstica e internacional são fatores que impulsionam o consumo de bens de consumo imediato, semi-duráveis e duráveis como os da cadeia produtiva de produtos animal e vegetal. Com o aumento da renda têm-se mudanças na estrutura da demanda e, por conseguinte, uma pressão sobre os recursos naturais renováveis e não renovável o que leva a uma maior degradação ambiental.

Na região amazônica, a introdução e expansão da cultura da soja, a ampliação das áreas de pastagem, além da modernização do beneficiamento das diversas etapas da cadeia produtiva de setores como o da madeira e do gado levaram ao crescimento do produto real e da procura por toras de madeira e de novas áreas de pastagem. Esses setores passaram a ter maiores ganhos de escala com a incorporação de equipamentos com qualidade e escala técnica superior, fruto do investimento de grandes empresas nacionais e internacionais que atuam, principalmente, no setor mineral e madeireiro (SANTANA, 2002; GOMES, 2003; 2007).

O valor elevado da elasticidade para o nível de renda baixo sinaliza para o uso intensivo de novas áreas de floresta, primária ou secundária, utilizadas, em grande medida, para a produção de culturas de subsistência ou como consequência da extração de espécies nobres de madeira, em muitos casos, realizada de maneira ilegal cujo objetivo é o de atender a demanda de empresas do setor madeireiro da região e seus compromissos com clientes nacionais e internacionais. Nesses casos, a pressão sobre a floresta é intensa e mostra que o uso do recurso natural é feito de forma danosa ao meio ambiente, de forma que existe pouco incentivo para reverter esse comportamento, que compromete a alocação dos recursos e reduz os benefícios privados e sociais na região.

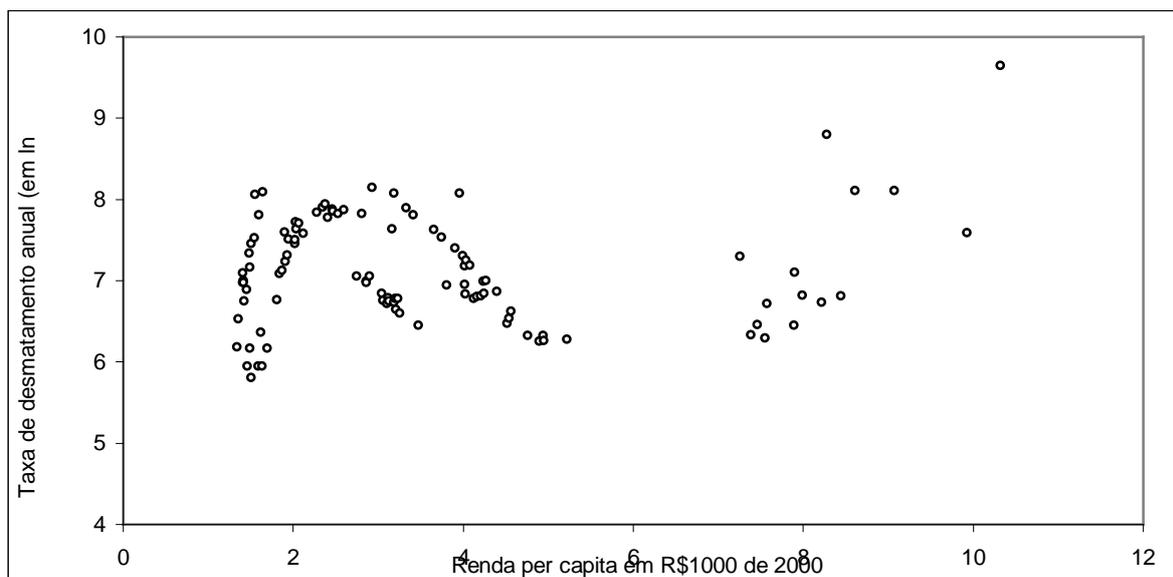
Com a proposta de implantação da Agenda 21 (MMA, 2007), alguns poucos estados e municípios da Região Norte iniciaram o processo de construção da Agenda 21 local, que visa dotar os municípios de um mecanismo de decisão coletiva, em que participam representantes da sociedade civil, associações de empresários e trabalhadores e organismos do poder público, das três esferas de governo, e instituições não governamentais, onde se discutirá sobre a

utilização dos recursos naturais do município de forma sustentável e sobre quais arranjos produtivos são os mais adequados, levando-se em consideração as características socioeconômicas do município. O processo de construção da Agenda 21 visa à formação de capital social em nível micro e meso, ou seja, foca atenção diretamente sobre as relações de confiança entre os indivíduos, a cooperação entre as comunidades, o relacionamento entre as empresas e desses com as instituições públicas, de forma a construir uma estrutura social de valores que, quando combinados, resultem: na proteção e restauração de áreas degradadas; na prevenção do dano ao ambiente como o melhor método de proteção ambiental; na adoção de padrões de produção, consumo e reprodução que protejam as capacidades regenerativas da Terra, os direitos humanos e o bem-estar comunitário.

A renda defasada em dois ou três anos também apresenta a mesma configuração de sinais da renda em nível, mas com menor intensidade das inclinações. Vale ressaltar que, níveis elevados de renda são restritos a uma parcela pequena da população e por isso são esperados ajustes com pouca significância para intervalos de renda superiores a R\$6.000,00.

O coeficiente da variável *Dummy* indica que nos Estados da área do “Arco do Desmatamento” tem-se taxa maior que a dos outros Estados. No entanto, o sinal da variável ano aponta que no decorrer do tempo a taxa de desmatamento tende a decrescer. A elevação da densidade demográfica na região contribuiu com a elevação do desmatamento, sendo que um aumento de 1% na densidade provoca o crescimento do desmatamento em 1,51%, mantido tudo o mais constante. Esse resultado é coerente com a construção lógica apresentada pela economia ambiental, em que o crescimento demográfico é um dos componentes que pressiona positivamente a taxa de desflorestamento, principalmente em áreas com baixo nível de renda (SHAFIK, 1994; GROSSMAN; KRUEGER, 1995; CROPPER; GRIFFITHS, 1994; PANAYOTOU, 1995).

Fonseca e Ribeiro (2005) aplicaram a hipótese de Kuznets, no Brasil, para avaliar a relação entre o crescimento econômico e a qualidade do meio ambiente, usando como variável *proxy* para o indicador de poluição ambiental o percentual de áreas estaduais preservadas, de forma a testar a relação entre o crescimento econômico e a preservação ambiental. No conjunto de variáveis exógenas foi usada a renda per capita, escolaridade média, participação obtida pela parcela de votos brancos e nulos, e o índice de Gini. As estimativas mostraram ser significantes a renda *per capita* em polinômios e a escolaridade, porém, o capital social e índice de Gini não afetaram significativamente a variável.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 5 – Relação entre Taxa de desmatamento anual e *renda per capita*, evidências da hipótese ambiental de Kuznets, Amazônia Legal, 1990 –2004.

Nota: Não inclui as taxas de desmatamento dos Estados do Amapá e Roraima

É preciso ser cauteloso com as evidências encontradas pelo fato de que não basta a *renda per capita* crescer para que haja a redução do desmatamento. A reflexão sobre a lógica da relação entre desmatamento e crescimento econômico não pode ser tomada como verdade absoluta. Como o estoque florestal é esgotável, o questionamento é para saber quanto e por quanto tempo deve-se desmatar.

A formulação da política regional para a Amazônia, focada na formação dos Arranjos Produtivos Locais (APL), visa criar referências com base na dotação de fatores de produção (capital físico, natural, humano), aporte de conhecimento tácito sobre tecnologias, inovações, organização da produção e na cultura local, de forma a alcançar o ambiente econômico e social necessário ao desenvolvimento local sustentável, a partir da combinação dessas forças com ações exógenas de política macroeconômica. A condução dessa política contribui sobremaneira para a geração de renda nas comunidades locais, que por um lado vai ampliar a demanda de produtos de consumo imediato, de bens duráveis e semi-duráveis e, por outro lado, é esperado a elevação da degradação ambiental, ou seja, crescimento do desmatamento, aumento da poluição do ar, rios e igarapés e lixo urbano. A redução do impacto sobre o meio ambiente só será alcançado caso sejam implementadas políticas de proteção, educação ambiental e o desenvolvimento de processos tecnológicos avançados que possam tornar mais eficiente o sistema produtivo da região.

Várias ações podem ser tomadas como forma de mitigar o efeito das externalidades provocadas pelo desmatamento, entre elas o aperfeiçoamento das medidas de regulação e fiscalização propostas pelo poder público; proposição de políticas públicas voltadas para a conscientização do uso sustentável dos recursos naturais, de forma a extrair os recursos da floresta com o mínimo de impacto sobre os ecossistemas da região; o aprofundamento de pesquisas científicas sobre o potencial de uso da biodiversidade da Amazônia; a utilização de novos processos tecnológicos limpos (com baixo impacto sobre o meio ambiente), que maximizem o aproveitamento dos recursos naturais de forma a reduzir os custos sociais das atividades produtivas e a ampliar o benefício social, de maneira a melhorar o bem-estar das famílias na Região.

5. Conclusões

A procura por recursos naturais da Amazônia tende a se elevar nos próximos anos e o nível de desmatamento a seguir essa tendência. Enquanto uma das últimas fronteiras a ser desbravada a região deve ampliar sua área de produção de produtos agropecuários para áreas além daquelas desmatadas anteriormente e fruto da política de desenvolvimento regional gestada nos anos de 1970 e 1980.

As atividades ligadas a cadeia produtiva da soja, milho, algodão, carne, madeira, frutos, essências naturais e minério serão aquelas com maior impactos sobre a degradação ambiental caso não sejam estabelecidas regras de utilização do solo e dos rios da região amazônica. O fomento de atividades de pesquisa que desenvolvam novas técnicas de manejo dos recursos e que possibilite a inovação de processos de produção limpos e sustentáveis é de primordial importância para reverter a tendência de desenvolvimento econômico com desmatamento. A formação de capital humano qualificado e ações que induzam a cooperação entre os agentes econômicos, a formação de uma coesão social, o estabelecimento de regras bem definidas que garantam o direito de propriedade, a internalização das externalidades é fundamental para concretização de um novo paradigma econômico e social, na busca da eficiência coletiva.

Os resultados sobre a adequação dos dados à hipótese ambiental de Kuznets mostram que a pressão sobre a floresta é forte nas áreas em que o nível de renda é muito baixo ou

muito elevado no caso do ajuste da função polinomial de segundo grau, o inverso do esperado pela curva “U” ambiental. Isso se deve, em parte, pela ação dos pequenos produtores pela utilização das culturas itinerante cujo retorno financeiro é bem inferior ao obtido pelos grandes fazendeiros produtores de grãos e pecuaristas. Por outro lado, o ajuste do modelo cúbico com a inclusão da componente demográfica, tem-se a evidência estatística da adequação dos dados ao formato do “U” invertido para o nível médio de renda *per capita* inferior a R\$ 6.000,00. Acima desse limite há uma tendência de crescimento da taxa de desmatamento com a elevação da renda.

O impacto do desenvolvimento econômico, expresso pela renda *per capita*, sobre a taxa de desmatamento pode ser mitigado caso sejam adotadas medidas como as propostas pela Agenda 21, além do estabelecimento de políticas econômicas que contribuam para a ampliação dos fatores tradicionais de produção, na construção de um sistema de sistemas de governança adequados aos diferentes sistemas de produção, na ampliação dos mercados, na redução dos custos de produção, ou seja, na criação de um ambiente sistêmico de forma a ampliar ou garantir as vantagens competitivas sustentáveis aos produtos oriundos da região amazônica.

Diante da presente situação em que se encontra o desmatamento e a degradação ambiental na Amazônia, é necessário que sejam elaboradas e implantadas ações que visem resolver alguns fatores que atuam de forma direta e outros de maneira subjacente sobre o desmatamento, entre eles destacam-se: a infra-estrutura, o investimento em pesquisa, tecnologia e inovação, a política de implantação de áreas protegidas, reservas florestais, a regulação de títulos de terra, e a política macroeconômica regional e nacional.

7. Referencia bibliográfica

- ALVES, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. Revista Parcerias Estratégicas. Ministério da Ciência e Tecnologia. n. 12, 2000.
- BANCO MUNDIAL. Informe sobre el desarrollo mundial 1992 – Desarrollo y Medio Ambiente. Washington, D. C.,: Banco Mundial, 1992.
- BECKER, B. K. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- BIMONTE, S. Modelo of growth and environmental quality. A new evidence of the environmental Kuznets curve. April, mimeo, 2001.
- BOUSQUET, A; FAVARD, P. Does S. Kuznets belief question the environmental Kuznets curves?. September, mimeo, 2000.
- CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA). Novos cadernos NAEA, Belém, v.8 n.2, p. 5-39, dez. 2005.
- CLEMENT, C. R; VAL, A. L.; OLIVEIRA, J. A. O desafio do desenvolvimento sustentável na Amazônia. In T&C Amazônia Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica - FUCAPI, Amazonas: v1(3): p. 21-32, 2003.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. Thr Interaction of Population Growth and Environmental Quality. American Economic Review Papers and Proceedings 84(2): 478-81.
- ENGLAND, R. W.. Natural capital and the theory of economic growth. Ecological Economics, v34 (3): p. 425-431, 2000.
- FONSECA, L. N.; RIBEIRO, E. P. Preservação ambiental e crescimento econômico. VIII Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC SUL. Porto Alegre, 2005.
- GOMES, S. C. Análise econométrica da Produtividade Total dos Fatores na Amazônia Legal 1990-2004. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2007. 224p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada).

GOMES, S. C. Estrutura industrial e competitividade das empresas de madeira do Estado do Pará – 2001. Universidade da Amazônia – UNAMA, 2003. 151p. Tese (Mestrado em Economia).

GREENE, W. H. Econometric Analysis. 5ª edição. Pearson Education, Inc. Singapura, 2003.

GROSSMAN, G. M; KRUGUER, A. B. Economic growth and the environment. The Quarterly Journal of Economics. May, 1995.

HOMMA, A. K. O.; SANTANA, Antônio C. de. *O desenvolvimento da agroindústria na Amazônia*. Rio Grande do Sul: 2008. (no prelo)

HSIAO, C. Analysis of Panel Data. 2ª Edition. New York: Cambridge University Press, 2002. 384p.

HURTIENNE, T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. In: Novos cadernos NAEA/UFPA. V.8, nº.1, Junho/2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção extrativista vegetal. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 12 de fevereiro de 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Prodes. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Acesso em: 03 de setembro de 2007.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. Ipeadata. Disponível em: www.ipeadata.gov.br. Acesso em 02 de Setembro de 2007.

Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 30 de novembro de 2007.

MUELLER, C. C. Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília: Editora UnB, 2007.

PANAYOTOU, T. Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. Environment and Development Economics. 1997. p 465-484.

PANAYOTOU, T. Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. In Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World, ed. 1. Ahmed and J. A. Doeleman. ILO Studies Series. New York: St. Martin's Press. 1995.

REIS, E. J. Os impactos do pólo siderúrgico de Carajás no desflorestamento da Amazônia brasileira. Revista Parcerias Estratégicas. Ministério da Ciência e Tecnologia. n. 12, 2001.

SANTANA, A.C. et al. Identificação e caracterização de arranjos produtivos locais nos Estados do Pará e Amapá, no período 2000 a 2005: orientações para políticas de desenvolvimento local. Belém. FIDESA, 2008 (versão preliminar).

SANTANA, Antônio C. de. *A competitividade sistêmica das empresas de madeira da Região Norte*. Belém: M & S Gráfica Editora, 2002.

SANTANA, Antônio C. de. A indústria de madeira do Estado do Pará: análise de competitividade. *Novos Cadernos Naea*, v.4, p.83-114, 2001.

SANTOS, M.A. Organização e competitividade das micro e pequenas empresas de artefatos de madeira do Estado do Pará. 2002, 153f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Unama; Belém.

SHAFIK, N. Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis. Oxford Economic Papers 45: 757-77. 1994

SHAFIK, N; BANDYOPADHYAY, S. Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence. WORLD BANK. Working papers n. 904, 1992.

VINCENT, J. R.; ALI, R. M. Environment and development in resource rich economy: Malaysia under the new economic policy. Harvard, Havard Institute for International Development, 1997.

WOOLDRIDGE, J. M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. MIT: 2002

YANDLE, B.; VIJAYARAGHAVAN, M.; BHATTARAI, M. The Environmental Kuznets Curve: A Primer. PERC Research Study 02-1. May 2002.