

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

FRANTIESCA CHEIRAN PEREIRA

DESFLORESTAMENTO NO ESTADO DO MATO GROSSO E A EXPANSÃO  
DA FRONTEIRA AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA

Porto Alegre

2016

FRANTIESCA CHEIRAN PEREIRA

DESFLORESTAMENTO NO ESTADO DO MATO GROSSO E A EXPANSÃO  
DA FRONTEIRA AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia na Modalidade Profissional.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Tosi Feijó

Porto Alegre

2016

CIP - Catalogação na Publicação

Pereira, Frantiesca Cheiran  
Desflorestamento no Estado do Mato Grosso e a  
expansão da fronteira agrícola: uma análise  
econométrica / Frantiesca Cheiran Pereira. -- 2016.  
46 f.

Orientador: Flávio Tosi Feijó.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas,  
Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre,  
BR-RS, 2016.

1. Desflorestamento. 2. Expansão da fronteira  
agrícola. 3. Curva ambiental de Kuznets. I. Feijó,  
Flávio Tosi, orient. II. Título.

FRANTIESCA CHEIRAN PEREIRA

DESFLORESTAMENTO NO ESTADO DO MATO GROSSO E A EXPANSÃO  
DA FRONTEIRA AGRÍCOLA: UMA ANÁLISE ECONOMETRICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia na Modalidade Profissional.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Tosi Feijó.

Aprovada em: Porto Alegre, 23 de junho de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Flávio Tosi Feijó – Orientador

UFRGS

---

Prof. Dr. Eugênio Lagemann

UFRGS

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli

UEL

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrizia Raggi Abdallah

FURG

## RESUMO

O objetivo desta dissertação foi estudar os determinantes do desflorestamento e verificar empiricamente se a Expansão da Fronteira Agrícola no estado de Mato Grosso segue uma trajetória ao encontro da Curva Ambiental de Kuznets. O método utilizado para testar essa hipótese foi o de dados em painel econométrico. Este estudo se justifica devido à temática ambiental e ao caráter multidimensional do tema, como o abordado pelas ciências sociais. Os principais resultados apontam que inicialmente o uso e a ocupação da área causam desflorestamento, mas sem que ocorra crescimento do PIB per capita, em um segundo estágio, caracterizado pela instalação de atividades econômicas rentáveis, crescem tanto o desflorestamento como o PIB per capita e somente em um terceiro momento a degradação ambiental diminuirá. Esta última fase, quando verificada apenas pelo resultado econométrico induziria a um erro de interpretação, desfeito pela complementação da espacialização do processo da Expansão da Fronteira Agrícola.

**Palavras-chave:** Desflorestamento. Expansão da fronteira agrícola. Curva Ambiental de Kuznets.

## ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the determinants of deforestation and verify empirically if the expansion of the agricultural boundary in the State of Mato Grosso follows a trajectory to meet the environmental Kuznets Curve. The method used to test this hypothesis was the econometric panel data. This study is justified due to the environmental subject and the multidimensional character of the theme, as discussed by social sciences. The main results show that using and as well performing occupation of the area cause deforestation, nevertheless without per capita GDP increasing, in a second stage, characterized by the installation of profitable economic activities, increasing both the deforestation as the GDP per capita and only in a third environmental degradation will decrease. This last phase, when checked only by the econometric results, leads to an wrong interpretation, undone by complementing the definition of the agricultural boundary process expansion.

**Keywords:** Deforestation. Agricultural boundary expansion. Environmental Kuznets curve.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curva em “U” invertido .....	20
Figura 2 – Diferença entre 2000 e 2012 da distribuição espacial dos dados analisados .....	37
Mapa 1 – Localização da área de estudo.....	35
Quadro 1 – Descrição das variáveis usadas na regressão .....	26
Quadro 2 – Interpretação dos resultados dos testes de hipóteses.....	29
Quadro 3 – Identificação numérica dos municípios matogrossenses no Mapa 1. ....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas .....	33
Tabela 2 – Resultados dos testes de hipóteses .....	38
Tabela 3 – Resultados .....	40



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Expansão da Fronteira Agrícola.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Curva Ambiental de Kuznets .....</b>	<b>16</b>
2.2.1	Aplicações internacionais para a Curva Ambiental de Kuznets .....	16
2.2.2	Aplicações nacionais para a Curva Ambiental de Kuznets .....	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização dos Dados .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Modelo Econométrico .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Espacialização das Variáveis Analisadas.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados Econométricos.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A preservação ambiental tem estado presente nas discussões científicas há pelos menos cinco décadas. Ao longo desse tempo foram verificadas correntes de pensamento indo desde a responsabilização ao sistema econômico vigente por toda e qualquer degradação ambiental, até o usufruto do crescimento econômico para o desenvolvimento de tecnologias limpas para o uso em atividades econômicas e melhorias nas condições ambientais. No entanto, o tema não se esgota, tanto pelos diferentes estágios econômicos e sociais dos países, como pelos diferentes processos de degradação ambiental ao qual cada um está submetido e pelos diferentes enfoques que as áreas de conhecimento lhe atribuem.

Em ciências, como a Geografia, o estudo das fronteiras se apresenta de diversas formas, uma em especial cabe neste contexto, a chamada fronteira agrícola, ou seja, limite onde a ocupação humana faz uso dos recursos naturais para desenvolver suas atividades econômicas e sociais. Nesse território de ocupação é notório que o ambiente foi transformado e ou degradado, principalmente quando para a instalação de colonizadores, de modo que a degradação também ocorre em culturas nativas. No Brasil, o referencial teórico sobre este tema é vasto, sendo objeto de estudo de historiadores como Luiza R.R. Volpato (1987), economistas como Sérgio Margulis (2003) e geógrafos como Bertha Koiffmann Becker (2001), com análises sobre o processo histórico da ocupação do território nacional e suas implicações ambientais, sociais e econômicas.

Em ciências, como a Economia, a Curva Ambiental de Kuznets é, possivelmente, o referencial teórico de maior popularidade para a verificação entre a relação degradação ambiental *versus* crescimento econômico, quando surgiu na década de 1990, em trabalhos como Grossman e Krueger (1991), Shafik e Bandyopadhyay (1992) e Panayotou (1993), trouxeram consigo esperança e descrença, uma vez que seus resultados quando projetados em um gráfico apresentavam a forma de um “U” invertido que permitia a seguinte leitura: a degradação ambiental cresce acompanhando o crescimento econômico até certo ponto em que ocorre uma inversão e a degradação ambiental passa a decair conforme a economia cresce. A visão esperançosa

estava na possibilidade de explorar os recursos naturais e que o controle ambiental surgiria naturalmente e a descrença estava no conhecimento de que há certos danos ambientais irreversíveis.

Nesse contexto, aqui é lançado o olhar sobre o impacto ambiental do desflorestamento no Brasil, iniciado no século XVI com a transformação das regiões Nordeste, Sudeste e Sul pelos colonizadores e em direção ao Centro-Oeste e Norte a partir da década de 1960. Essa transformação resultou na substituição dos biomas nativos por áreas de agropecuária e áreas urbanas, além da exploração mineral e madeireira. O desflorestamento impacta de forma negativa todo o ecossistema da região onde é realizado, majoritariamente, através da redução ou extinção de espécies de fauna e flora, contaminação das águas, alterações nos regimes pluviométricos e formação de processos erosivos no solo. As diversas formas de degradação ambiental têm acelerado a destruição da diversidade biológica, sendo que cerca de 70% do que restou de toda a variedade de espécies de vida existentes no mundo concentram-se em apenas 12 países, sendo um deles o Brasil (GUERRA; CUNHA, 2011).

Em um processo de Expansão da Fronteira Agrícola existem diversos atores sociais, fases e consequências, com isso criam-se diversas questões a serem respondidas, uma tentativa de analisar todas as possibilidades exigiria um trabalho amplo e multidisciplinar e poderia incorrer em exclusão de alguma dimensão importante. Desse modo, a questão aqui formulada é: a Expansão da Fronteira Agrícola no estado do Mato Grosso estaria em uma trajetória ao encontro da teoria preconizada pela Curva Ambiental de Kuznets? A hipótese levantada é de que exista uma relação direta de causa e efeito com o processo de Expansão da Fronteira Agrícola no país. Diante disso, o objetivo geral da presente pesquisa é verificar os fatores do desflorestamento no estado do Mato Grosso, circunstanciado pelo processo de Expansão da Fronteira Agrícola. De modo específico objetiva-se testar através de dados em painel econométrico a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico, além de revisar a literatura sobre o processo de Expansão da Fronteira Agrícola e sobre a Curva Ambiental de Kuznets.

A justificativa e relevância dessa pesquisa estão na proposição de realizar uma análise sobre o processo de Expansão da Fronteira Agrícola e uma análise econométrica, a luz da teoria da Curva Ambiental de Kuznets, para

a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico, ou seja, trabalhar com visões, conceitos e técnicas tanto das ciências humanas como das ciências sociais aplicadas, para verificar as causas de um problema e com isso trazer maior robustez aos resultados. Além disso, ao ter como estudo de caso o estado do Mato Grosso se traz para o tema em análise o passado, o presente e o futuro pelo caráter estratégico desse território tanto no âmbito econômico como ambiental.

A estrutura do trabalho de dissertação segue com o segundo capítulo, no qual é detalhada a revisão da literatura teórica e empírica que fundamenta os conceitos abordados. A metodologia de trabalho é apresentada no terceiro capítulo da dissertação, contendo detalhadamente a fonte dos dados e o modelo econométrico empregado. O quarto capítulo aborda os resultados da pesquisa, com uma primeira seção sobre a espacialização das variáveis analisadas no contexto do processo de Expansão da Fronteira Agrícola, seguido de outra seção onde os resultados econométricos são apresentados e contextualizados com a literatura acerca da Curva Ambiental de Kuznets. Por fim, no sexto capítulo são abordadas as considerações finais do estudo desenvolvido.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura está estruturada nos temas Expansão da Fronteira Agrícola e Curva Ambiental de Kuznets.

### 2.1 Expansão da Fronteira Agrícola

A palavra fronteira na expressão Expansão da Fronteira Agrícola vai além do significado usual de limite físico e geográfico entre países, estados e municípios, nessa expressão o sentido ganha conotação de limite e processo social simultaneamente (SILVA, 2011). De acordo com Turner em 1896 (*apud* SILVA, 2011), no contexto histórico dos Estados Unidos da América, a fronteira era o limite entre a civilização e a barbárie. O avanço da primeira sobre a segunda implicava em civilizar, urbanizar e transformar a produção nas terras consideradas livres, já que as comunidades locais eram desconsideradas nesse processo de americanização. Essa ideia influenciou o projeto de integração nacional do Brasil (SILVA, 2011).

Nesse sentido, a fronteira é um fenômeno histórico-geográfico, onde há uma linha de contato entre diferentes grupos e os usos do espaço que estes fazem (SILVA, 2011). Nesse processo os “civilizantes” levam a visão de terras disponíveis (onde vão implementar a propriedade privada) e a colonização (onde as mudanças no uso do espaço vão ocorrer, considerando também as transformações e perdas ambientais).

Nesse contexto, Margulis (2003) citando Schneider (1995), explica que os agentes pioneiros são atraídos para as áreas mais distantes dado seu poder aquisitivo mais baixo, enquanto que os agentes capitalizados vão se instalar em áreas consolidadas. As atividades desenvolvidas pelos pioneiros são basicamente ligadas à exploração mineral, madeireira, pequena agricultura e pecuária de baixa intensidade, todas de baixa rentabilidade, mas que lhes garantem a propriedade da terra e graças a isso, no futuro, poderão atuar de forma especulativa na valoração de suas propriedades, conforme se aproximam as frentes de produção agropecuária dos agentes capitalizados. Uma vez negociada a terra entre esses dois agentes, os pioneiros vão

novamente se deslocar para áreas distantes e iniciar um novo ciclo do processo de Expansão da Fronteira Agrícola.

Na literatura esse ciclo é chamado de “efeito de arrasto”, no qual a floresta é derrubada pelos madeireiros, em seguida os pecuaristas assumem este espaço com pastagens e criações (o pisoteio do gado garante que as sementes da floresta não germinem) até que o agronegócio, de grão primordialmente, adquire essas terras para a expansão da agricultura. A importância econômica dessa atividade demanda dos governos a implantação de infraestrutura viária para o escoamento da produção e tanto a abertura de novas estradas como a melhoria das existentes trazem consigo a especulação fundiária, novas frentes de desmatamento e de fluxos migratórios.

De acordo com Silva (2011), a delimitação temporal desse processo no Brasil ocorreu a partir da década de 1930 pela consolidação da sociedade urbano-industrial. O espaço geográfico foi integrado à economia nacional e posteriormente à economia global através de:

[...] expansão agrícola em área, concentração fundiária, transformação das relações de produção (êxodo rural e emergência de um exército de boias-frias) e conflitos fundiários; modernização da base técnico-produtiva, implantação da rede de fixos (armazéns, indústrias, latifúndios, centros de pesquisa, bancos, cidades, empresas, distribuidoras, portos, etc.) e de fluxos de informações, capitais, mercadorias e mão de obra, integração espacial em diversas escalas geográficas, extensão da fronteira urbano-industrial de um país, desterritorialização, territorialização e marginalização de grupos sociais e/ou lugares. (SILVA, 2011, p. 292).

A expansão da fronteira agrícola no Brasil foi marcada pelas iniciativas do Estado em consolidar o território nacional, como no Governo Vargas, no período do Estado Novo, onde foi lançado o projeto de Marcha para o Oeste e com isso as primeiras Colônias Agrícolas Nacionais, posteriormente a criação de Brasília e das rodovias Belém-Brasília e Brasília-Acre, no Governo de Juscelino Kubitschek (JK), no entanto, foi a partir do Governo Militar que a Expansão da Fronteira Agrícola se tornou mais efetiva. Becker (2001) pontua que o planejamento regional do Estado Novo foi mais discursivo do que ativo e que no governo de JK as iniciativas ocorreram pela necessidade de unificar o mercado interno frente ao crescimento da indústria, mas que a partir de 1966

até 1985, o projeto geopolítico esteve centrado na ocupação do território amazônico.

Na década de 1960, o processo de modernização das atividades agrícolas nas demais regiões do país ocasionaram um movimento de êxodo rural, esse contingente populacional foi então atraído para o Centro-Oeste e Norte do país, “empurrando” o problema fundiário para essas regiões. Além disso, focos de tensões sociais, tidas como revolucionárias, poderiam surgir na região, isso deu ao governo a justificativa de estarem atuando pela segurança nacional, assim como a manutenção das fronteiras internacionais frente a movimentos migratórios estrangeiros dentro da Amazônia. Becker (2001) cita três estratégias do governo para ocupação do Centro-Oeste e Norte nesse período, a saber: implantação de redes de integração espacial (telecomunicações e rodoviária); subsídios aos fluxos de capital e indução dos fluxos migratórios (incentivo fiscal, crédito e colonização) e superposição de territórios federais sobre os estaduais (para efetivar a distribuição de terras a União passou a ter controle sobre terras que anteriormente estavam na jurisdição das Unidades Federativas).

Na década de 1970, com as duas crises do petróleo o governo precisou ampliar as exportações e o desenvolvimento de novas tecnologias, junto a isso incentivou a migração de pessoas e empresas com maior poder aquisitivo para a região, gerando a expansão do agronegócio e da mineração. Margulis (2003) se referindo mais especificamente à pecuária, verificou que as imposições geográficas da região Centro-Oeste e Norte elevavam os custos de transportes da produção favorecendo a condição de fronteira econômica, populacional e geopolítica da região. No entanto, foi a partir da década de 1970 que as questões de escoamento da produção passaram a ser resolvidas, tanto que desse ano até o ano 2000 a malha rodoviária da região amazônica foi duplicada (sem considerar Maranhão e Tocantins), chegando a 80.000 km de estradas, assim como a densidade populacional passou de 1,5 habitante/km<sup>2</sup> em 1970 para 4,1 habitante/km<sup>2</sup> em 2000, valor que representou um crescimento anual de 3,5% e a economia das atividades agropecuárias converteu 12% do território, ou seja, uma redução de 600.000 km<sup>2</sup> de floresta.

A partir de 1985, as comunidades locais puderam se organizar em resistência às iniciativas exógenas e predatórias de uso e ocupação da região,

exemplo disso é o Conselho Nacional dos Seringueiros e movimentos ambientalistas, seguidos por organizações indigenistas, quilombolas e outras comunidades tradicionais. No entanto, os governos seguintes continuaram com o mecanismo de planejamento regional exógeno, como na proposição do Programa Brasil em Ação de 1996 e do Programa Avança Brasil iniciado nos anos 2000 (BECKER, 2001). O programa da década de noventa pautava o desenvolvimento de corredores para dar fluidez na circulação territorial e o outro programa pretendia estimular as exportações, em especial para o hemisfério Norte e também consolidar as relações comerciais do Mercosul.

Santos (2010) aponta que os resultados da política governamental entre os anos 1970 e 1990, do ponto de vista econômico, foram abaixo do esperado em produtividade (pecuária) e também em termos de fixação humana levando o governo a cortar os subsídios e incentivos instituídos anteriormente. No entanto, segundo o autor, a atividade pecuarista já tinha dinâmica própria com taxas de retorno aos produtores que incentivaram a permanência na região mesmo sem a ajuda do governo, além disso, a propriedade da terra, como já mencionado, lhes garantia poder especulativo conforme o avanço dos cultivos agroexportadores.

O perfil atual da fronteira agrícola está marcado pela tecnologia moderna empregada no agronegócio exportador, sendo que no cultivo de grãos as áreas de Cerrado favoreceram a mecanização, tanto que grande parte do território do estado do Mato Grosso apresenta áreas de ocupação consolidada, nas quais o conceito de fronteira não parece ser adequado (BECKER, 2005).

Cabe nessa revisão de literatura contextualizar o processo de ocupação do Mato Grosso, por não indígenas, ainda que pareça repetitivo aos expostos anteriormente. Desse modo, pode-se retroceder no tempo ao século XVII, com as Bandeiras, incentivadas pela coroa Portuguesa, em busca de ouro e indígenas para escravizar. No ano de 1719 foi encontrado ouro na região de Cuiabá e logo se formou um povoado, além disso, a coroa portuguesa também fez doação de sesmarias para portugueses interessados em explorar a região. Outro movimento que pode ser citado nesse período são as expedições fluviais, chamadas de “Monções”, que ajudaram a formar povoados ao longo das rotas de mineração e comerciais (VOLPATO, 1987). Já em 1748 foi criada a Capitania de Mato Grosso, cuja capital era a Vila Bela da Santíssima



Trindade (a oeste de Cuiabá) com localização estratégica para proteção territorial contra as invasões vindas das colônias espanholas na América.

No entanto, nesse período Portugal impunha que as atividades econômicas dessa capitania não concorressem com o litoral, garantindo com isso o foco na mineração e na captura de indígenas, ficando a agropecuária com caráter de subsistência. No final do século XVIII, com o esgotamento das jazidas de ouro a economia da região pôde ser diversificada. Ao longo do século XIX a região experimentou um certo desenvolvimento do cultivo de cana-de-açúcar, chegando a comercializar com o mercado platino maquinários para os engenhos de açúcar em troca dos produtos derivados da cana, bem como estabeleceu relações de troca com o mercado externo para a carne bovina das charqueadas do Pantanal (VOLPATO, 1987).

No início do século XX, para inserir a região Centro-Oeste nas atividades econômicas do país foram instaladas as linhas telegráficas pela Missão RONDON (1900-1906) e foram construídas as ferrovias Noroeste do Brasil e Madeira-Mamoré. Já no Governo Vargas, em 1943 foi criada a Colônia Agrícola Nacional de Dourados no sul do Mato Grosso atraindo novos fluxos migratórios para a região. Nesse mesmo ano, foi realizada a Expedição Roncador/Xingu, também com o objetivo de povoar e inserir a região na economia nacional. No entanto, não foi observado um grande aumento populacional, tanto que entre 1940 e 1950 o crescimento anual no estado foi de apenas 0,96%.

Questões fundiárias nos estados de ocupação consolidada fizeram o governo modificar a política de povoamento no Centro-Oeste, distribuindo terras através de colonização pública e privada. Esse processo favoreceu os frigoríficos do Sudeste que promoveram uma expansão da pecuária na região Centro-Oeste. Do ponto de vista governamental, comercial e financeiro essas medidas obtiveram sucesso, mas do lado social e ambiental o processo levou a perdas que repercutem até os dias atuais, sendo as Terras Indígenas e as Unidades de conservação enclaves de proteção às sociedades nativas e aos ecossistemas nativos.

O Governo Militar adotou diversos planos setoriais e regionais para o desenvolvimento do país, contidos no I e II Plano Nacional de Desenvolvimento. Para o projeto de integração nacional, no qual Centro-Oeste e Norte eram os grandes alvos, o governo se valeu desde a implementação de

infraestrutura de transportes, até incentivos fiscais e novamente incentivos à ocupação da região tanto privada como pela atuação do Instituto Nacional de Reforma Agrária - INCRA. Ao final desse governo o resultado materializado na região era de propriedades agrícolas com uso intenso de maquinário e química nas lavouras de cultivos temporários, além de alto grau de capitalização. Na pecuária o modelo seguiu extensivo, no campo social e ambiental as perdas seguiram se aprofundando.

A partir de 1990 o discurso do desenvolvimento sustentável é inserido ao discurso das políticas direcionadas para a região, no entanto, simultaneamente o governo segue com projetos de ampliação da infraestrutura rodoviária notadamente para escoamento da produção de grãos.

## 2.2 Curva Ambiental de Kuznets

Como mencionado na parte introdutória do trabalho, outras áreas do conhecimento se voltam às questões econômicas, assim como a ciência econômica está atenta às questões ambientais, exemplo disso foi apresentado na exposição sobre a Expansão da Fronteira Agrícola e seguirá com o detalhamento sobre a Curva Ambiental de Kuznets, ou seja, diferentes olhares para temas interligados.

### 2.2.1 Aplicações internacionais para a Curva Ambiental de Kuznets

Antes de abordar a Curva Ambiental de Kuznets, cabe uma contextualização sobre o trabalho que inspirou essa denominação. O economista Simon Kuznets nos anos 1950 identificou que havia uma relação entre distribuição de renda e crescimento econômico, na qual a desigualdade de renda diminuiria na medida em que a renda per capita aumentasse (KUZNETS, 1955). A equação básica para a análise de Simon Kuznets seria dada por:

$$I_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Onde:

$i$  = indexador *cross-section*;

$t$  = índice de tempo;

$I_{it}$  = indicadores de desigualdade;

$Y_{it}$  = variável renda;

$\varepsilon_{it}$  = termo de erro aleatório.

No qual as condições para se encontrar a curva côncava (“U” invertido) são  $\beta_1 > 0$  e que  $\beta_2 < 0$ .

Avançando no tempo e se aproximando da Curva Ambiental de Kuznets, a bibliografia consagrada para este tema trata os trabalhos de Grossman e Krueger como pioneiros quanto à investigação econométrica para a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico. Com destaque para os artigos *Environmental impacts of a North American free trade agreement* (1991)<sup>1</sup> e *Economic growth and the environment* (1995). No primeiro artigo, os autores adotaram como *proxy* de degradação ambiental a poluição do ar em áreas urbanas, através de dados do Sistema Global de Vigilância Ambiental – GEMS, de diversos países do mundo<sup>2</sup> sobre concentração de dióxido de enxofre e de matéria escura e partículas em suspensão, usaram como variáveis explicativas o PIB per capita (quadrático e cúbico), a densidade populacional, as diferentes áreas do país e das cidades, a intensidade do comércio e se o país era comunista, além de uma tendência temporal. No artigo de 1995 o diferencial foi a especificação em painel para a poluição do ar e das águas como *proxies* da degradação ambiental, além disso, os autores inseriram defasagem para a variável PIB per capita (em nível, quadrático e cúbico) como *proxy* de renda permanente, porque o rendimento passado, possivelmente, seja um dos determinantes para as condições ambientais atuais, além disso, inserir defasagens ajudariam a diminuir a correlação serial

---

<sup>1</sup> Este artigo visava avaliar o impacto ambiental caso o NAFTA (Tratado de Livre Comércio da América do Norte) fosse implementado. Em acordos de livre comércio, o receio é de que no lado em desenvolvimento ocorra uma pressão maior sobre os recursos naturais por empresas estrangeiras fugindo das regulações ambientais em seus países de origem e do lado, nos países já desenvolvidos a preocupação ocorre pela possibilidade de diminuição dos controles ambientais para manter a competitividade das empresas sediadas nesses países.

<sup>2</sup> Para a variável SO<sub>2</sub> foram amostrados 42 países, 19 para matéria escura e 29 países para partículas em suspensão os autores usaram modelos de dados em corte transversal.

dos resíduos. Os resultados de ambos os artigos, encontraram indicadores de degradação ambiental em que a relação com o crescimento econômico.

Shafik e Bandyopadhyay (1992)<sup>3</sup> produziram um artigo que contribuiu para o Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial publicado no mesmo ano. A proposta foi verificar padrões na relação entre o crescimento econômico (verificado por diferentes níveis de renda entre os países) e a qualidade ambiental (verificada por diferentes aspectos ambientais). O artigo se inicia com uma conclusão geral para os fatos que permeiam essa relação, afirmando:

It is possible to "grow out of" some environmental problems, but there is nothing automatic about doing so. Action tends to be taken where there are generalized local costs and substantial private and social benefits. Where the costs of environmental degradation are borne by others (by the poor or by other countries), there are few incentives to alter damaging behavior. Trade, debt, and other macroeconomic policy variables seem to have little generalized effect on the environment.<sup>4</sup> (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992, p. 1).

Os resultados não foram uniformes, até pela natureza diferente entre as variáveis, por exemplo, quando a renda é elevada os problemas de abastecimento de água potável e saneamento básico são mais facilmente superados, enquanto que o desmatamento não apresentou relação com a renda e por outro lado os indicadores de qualidade da água, ar e geração de resíduos, quando representados em um gráfico relacionando-os com a renda apresentaram a forma do "U" invertido.

Holtz-Eakin e Selden (1992) motivados pelas discussões sobre aquecimento global e efeito estufa, estimaram a relação entre renda per capita

---

<sup>3</sup> Para a variável explicada, foram utilizados dez indicadores de qualidade ambiental (falta de água potável, falta de saneamento urbano, taxa anual de desmatamento, desmatamento total, oxigênio dissolvido em rios, coliformes fecais em rios, ambiente partículas em suspensão, dióxido de enxofre, resíduos urbanos per capita e emissões de carbono per capita), a escolha dessas variáveis ocorreu especialmente pela disponibilidade dos dados. As variáveis explicativas foram: renda per capita, investimento como proporção do PIB, tarifa de energia elétrica, mercado paralelo, prêmios de câmbio, índice de orientação externa do dólar, dívida em percentagem do PIB e índice direitos políticos. Os dados correspondiam ao período entre 1960 e 1990 testados em modelos log-linear, quadrático e cúbico

<sup>4</sup> "É possível "crescer fora de" alguns problemas ambientais, mas não há nada de automático sobre como fazer isso. Ação tende a ser tomadas se lá são generalizadas local os custos e benefícios privados e sociais substanciais. Onde os custos da degradação ambiental são suportados pelos outros (pelos pobres ou por outros países), existem alguns incentivos para alterar o comportamento prejudicial. Comércio, dívida e outras variáveis de política macroeconômica parecem ter pouco generalizada efeito sobre o meio ambiente." (Tradução nossa).

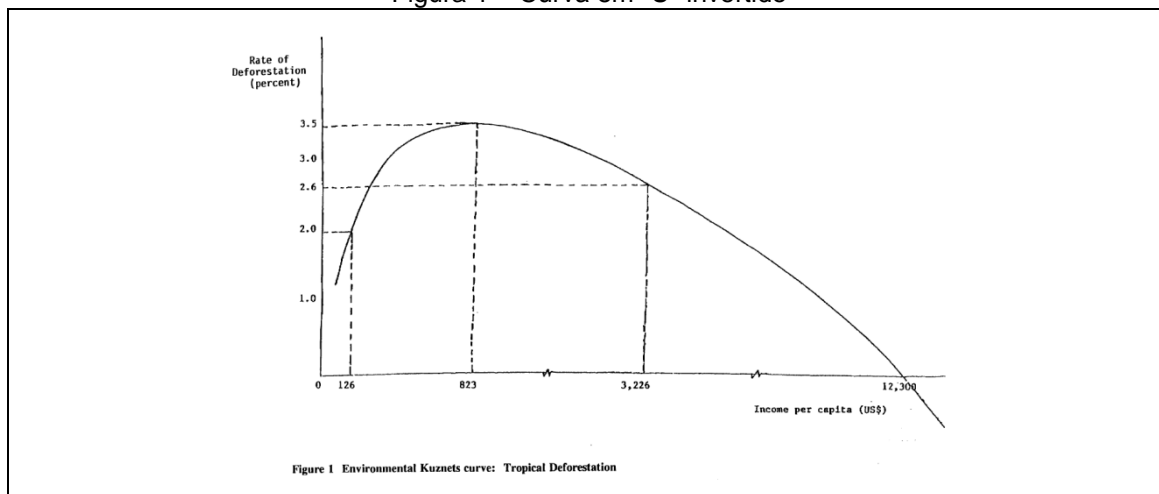
e as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Nesse trabalho foi estimada uma função quadrática em nível e outra em logaritmos naturais, usando as emissões de CO<sub>2</sub> como variável explicada, o PIB per capita e o crescimento populacional como explicativas. Em termos gráficos os resultados formaram uma curva em “U” invertido. No entanto, as conclusões dos autores apontaram que os resultados do painel global estimado, sugeriram que há uma diminuição na propensão marginal de emitir CO<sub>2</sub> conforme a economia do país cresce, ainda que globalmente a taxa anual de emissão continue a crescer, verificaram com isso que as diferenças entre os estágios de desenvolvimento dos países não alterariam drasticamente o fluxo futuro anual ou cumulativo de emissões de CO<sub>2</sub> e que as medidas de controle ambiental para as emissões futuras provavelmente iriam impor medidas onerosas aos países em desenvolvimento.

Panayotou (1993) explicitou no artigo “Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development” a analogia entre o “U” invertido (Figura 1), que se repetia nos gráficos dos estudos empíricos sobre a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico e mesma forma apresentada na Curva de Kuznets para a relação entre distribuição de renda e crescimento econômico. A Curva Ambiental de Kuznets, assim denominada pelo autor no referido artigo, resultou de dados em cortes transversais de uma amostra de países desenvolvidos e em desenvolvimento sobre indicadores de poluição do ar e desmatamento (variáveis explicadas) relacionados ao PIB per capita e à densidade demográfica (variáveis explicativas)<sup>5</sup>. Embora os resultados tenham apontado para uma diminuição da degradação ambiental quando a renda aumenta a partir de certo nível, o autor ressaltou que certos danos ambientais são irreversíveis e que os países, em especial os em desenvolvimento, não deveriam promover o crescimento econômico de forma desalinhada à preservação ambiental.

---

<sup>5</sup> Todas as variáveis foram logaritmizadas, PIB per capita e densidade demográfica foram colocadas em funções quadráticas.

Figura 1 – Curva em “U” invertido



Fonte: Panayotou (1993).

Selden e Song (1994) também utilizaram a poluição do ar como variável de degradação ambiental. O trabalho se apoiou em um modelo de dados em painel para diversos países com diferentes níveis de renda e densidade populacional, a série histórica verificou os indicadores de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partículas suspensas e CO para os anos de 1973 - 1975, 1979 - 1981, 1982 - 1984. Como eles estimaram diferentes regressões entre os diferentes poluentes do ar, as formas gráficas dos resultados foram diferentes entre si também, mesmo assim os autores argumentam que o “U” invertido teria como explicação a elasticidade da renda ser positiva para qualidade ambiental, as mudanças estruturais na produção e no consumo estão associadas a níveis de renda mais elevados, assim como o nível de informação dessas populações sobre os riscos da degradação ambiental e ao aumento do comércio internacional com níveis crescentes de renda.

Battharai e Hammig (2001) trabalharam com dados em painel para países da América Latina, África e Ásia entre os anos de 1972 e 1991, o indicador de degradação ambiental adotado foi a taxa anual de desmatamento e os fatores causadores verificados foram o PIB per capita (na forma quadrática e cúbica), fatores populacionais, além de indicadores de mudança tecnológica, institucionais e de outras variáveis macroeconômicas. Em relação à Curva Ambiental de Kuznets os resultados não foram compatíveis com os indicadores na Ásia, mas foram positivos na América Latina e África, foi verificado que conforme cresce a renda passam a existir tanto iniciativas de

reflorestamento quanto de substituição da madeira como recurso energético, fatores que reduzem o desmatamento.

Barbier e Burgess (2002) testaram a Curva Ambiental de Kuznets em painéis para países da América Latina, Ásia e África entre os anos de 1961 e 1994, verificando a degradação ambiental através da *proxy* para desmatamento pelo indicador de incremento percentual de área agrícola e como causas: renda, população e fatores da produção agrícola. A hipótese da Curva Ambiental de Kuznets foi verificada no painel global e no da América Latina.

### 2.2.2 Aplicações nacionais para a Curva Ambiental de Kuznets

Um dos primeiros trabalhos brasileiros a testar a Curva Ambiental de Kuznets foi desenvolvido por Barros (2000), o objetivo foi investigar como a desigualdade social no Brasil afetava a demanda ambiental e se esta relação formava uma Curva Ambiental de Kuznets, ou seja, como a relação entre renda, nível educacional e demanda ambiental se comportavam. O indicador de degradação ambiental utilizado foi o desflorestamento, o trabalho concluiu que a desigualdade social no país afeta a demanda ambiental e para o desflorestamento foi encontrada uma curva em forma de "U" invertido.

Caldas *et al.* (2003), através de dados *cross-section* de 1997, verificou que havia uma relação de "U" invertido entre Área total desmatada para lotes individuais (em pequenas propriedades na região de Uruará no Pará) e as variáveis idade do chefe de família, tempo de residência no local, diárias (contratação de trabalho assalariado por ano), distância da rodovia transamazônica, constituição da família, crédito agrícola, riqueza (ao quadrado e ao cubo) e defasagem espacial do desmatamento.

Fonseca (2003) se diferenciou dos demais trabalhos por apresentar como variável dependente um indicador direto de preservação ambiental ao invés de algo indicativo de degradação ambiental. Os indicadores utilizados foram os percentuais das áreas preservadas nos estados brasileiros em unidades de conservação e as variáveis explicativas foram a renda per capita (em logaritmo), uma *proxy* para participação social (percentuais de votos brancos e nulos em eleições para governador), a escolaridade média (em

logaritmo) e o índice de Gini. Foram estimados modelos em que a variável explicada foi testada como estoque e como fluxo, sendo este último com resultados ruins, sem significância estatística de modo que o modelo não explicou a trajetória dos percentuais das áreas preservadas nos estados brasileiros. Considerando a variável explicada como estoque, tanto o painel acumulado, como o polarizado foram melhor ajustados nos modelos de efeitos fixos e explicaram bem a relação testada, sendo as variáveis renda per capita e escolaridade média as mais significativas.

O trabalho de Fonseca (2003) terminou concluindo que existe uma relação direta entre crescimento econômico e preservação ambiental, uma vez que existem peculiaridades e demandas ambientais diferentes em cada estágio econômico, ou seja, sociedades rurais interagem mais com o manejo dos recursos naturais, enquanto que no estágio industrial as demandas são por qualidade do ar, das águas e sonora. No entanto, é ressaltado que essa demanda por qualidade ambiental não é automática e passa pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, legislação e instituições ambientais, além de educação ambiental para a população.

Prates (2008), através de análise econométrica com dados em painel procurou verificar as causas do desmatamento na Amazônia Legal (782 municípios em 9 estados) entre 2000 e 2004. O trabalho foi desenvolvido analisando dados municipais, tanto no conjunto territorial da Amazônia Legal, como separadamente para os estados que a compõem. Segundo o autor, a seleção dos fatores causadores do desmatamento foi baseada na teoria, na literatura e na disponibilidade dos dados, desse modo, as variáveis analisadas foram: crescimento populacional, crédito rural, gastos do governo com o setor agrário e de transportes, crescimento do rebanho bovino, aumento dos índices de preços da agricultura temporária e permanente, preço da soja, extração de madeira ( $m^3$ ) e renda municipal em nível e ao quadrado (estas últimas para verificar a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets). Os resultados mostraram que estas variáveis explicam bem o desmatamento na região (exceto gastos do governo com a agricultura e extração de madeira). Da mesma forma para os estados quando analisados separadamente, no entanto, foi verificado que existem diferenças entre eles quanto à significância de cada um dos fatores causadores do desmatamento. No estado do Mato Grosso as variáveis mais



significativas para explicar o desmatamento foram o crescimento populacional, o preço da soja e os gastos do governo com o setor agrário.

Oliveira (2009) também se deteve nos municípios da Amazônia Legal como área de estudo para verificar as causas do desmatamento. Acrescentou à análise de dados em painel o componente espacial, em uma série entre os anos de 2001 e 2006. Como indicativo de degradação ambiental adotou os dados referentes ao incremento anual de área desmatada, como fatores causadores usou dados sobre: PIB per capita municipal, PIB per capita municipal ao quadrado, PIB per capita municipal ao cubo, rebanho bovino, área plantada de soja, área plantada de cana-de-açúcar, extração de madeira (carvão vegetal, lenha e tora), extração vegetal de produtos não-madeireiros, silvicultura (madeira), densidade populacional e crédito rural, além de especificações com dependência espacial. A autora também testou um modelo sem correção para efeitos espaciais, com o objetivo de testar a Curva Ambiental de Kuznets, onde foram estimados os métodos de efeitos fixos, efeitos aleatórios e por Mínimos Quadrados Ordinários com dados combinados (*pooled*), contando com critérios de avaliação como os testes de Breusch-Pagan, F e Hausman. Com os resultados foi possível concluir que o desmatamento na região ocorre de maneira heterogênea, dado os diferentes formatos da Curva Ambiental de Kuznets (“U” invertido, “N” invertido) e demais resultados referentes aos modelos como efeitos espaciais.

Outros trabalhos que podem ser citados tanto sobre o desmatamento na Amazônia Legal, quanto a utilização da Curva Ambiental de Kuznets são Gomes e Braga (2008), Santos *et. al.* (2008) e Araújo *et al.* (2009), estes trabalhos utilizaram dados em painel, em que o modelo de efeitos fixos se mostrou melhor ajustado, em pelo menos uma de suas especificações a Curva Ambiental de Kuznets se confirmou.

Ainda que muitos estudos empíricos tenham confirmado a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, as diferenças entre metodologias, variáveis testadas, escalas territoriais e séries temporais, além dos pontos de inflexão das curvas, suscitaram críticas importantes, principalmente pelo potencial que a Curva Ambiental de Kuznets poderia ter frente às justificativas de degradação ambiental em um cenário onde após o crescimento econômico a qualidade ambiental se restabeleceria, o que atualmente sabe-se não ser uma verdade

absoluta. Entre os críticos, está o trabalho de Borghesi (1999), onde a autora aponta que a inexistência de um indicador global de degradação ambiental comprometeu as análises, dado que a maioria dos estudos bem sucedidos fez comparações entre países através de dados em corte transversal e desse modo, as diferenças entre os estágios de desenvolvimento econômico dos países foram captadas, além do que, os indicadores de degradação ambiental usados nos testes foram em grande parte de impacto local e de efeitos de curto prazo. Outras críticas que a autora faz se referem à qualidade ruim dos dados, a técnica de estimação adotada (em geral equações na forma reduzida), as limitações das técnicas econométricas, além da interpretação dos resultados, como trecho que segue:

The shape of the environment-income relationship has critical policy implications. The alleged form of the EKC has lead some authors to conclude that current environmental degradation might be only a temporary phenomenon and that it is possible to “grow out” of the environmental problems in the long run (Beckerman 1992). If so, policy-makers should promote faster growth rates to overcome the income turning point as soon as possible. However, even if we neglect the flaws of the empirical studies and accept the EKC as a stylized fact for the sake of the argument, there are several reasons to question this conclusion.<sup>6</sup> (BORGHESI, 1999, p. 18).

Ávila (2011) cita autores que de modo geral encontraram problemas nas estimações e técnicas econométricas adotadas, como Harbaugh *et. al.* em 2000, Stern em 2004, Azamahou *et. al.* no ano de 2006 e Wagner em 2008.

---

<sup>6</sup> “A forma da relação ambiente-renda tem implicações de política crítica. A suposta forma da Curva Ambiental de Kuznets, levou alguns autores a concluir que a degradação ambiental atual pode ser apenas um fenômeno temporário e que é possível “crescer fora” dos problemas ambientais a longo prazo (Beckerman. 1992). Se assim for, os legisladores devem promover taxas de crescimento mais rápidas para superar o ponto de viragem de renda tão logo quanto possível. No entanto, mesmo se negligenciar as falhas dos estudos empíricos e aceitarmos a Curva Ambiental de Kuznets como um fato estilizado para o bem do argumento, há várias razões para questionar esta conclusão.” (Tradução nossa).

### **3 METODOLOGIA**

Este capítulo do trabalho tem como objetivo apresentar os dados selecionados, bem como suas fontes de origem e seus significados no contexto dessa dissertação. Além disso, será detalhada a metodologia utilizada na verificação da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets.

#### **3.1 Caracterização dos Dados**

A partir da delimitação inicial do projeto e da consulta bibliográfica acerca do tema, buscou-se nas estatísticas oficiais do país a disponibilidade dos dados, de modo que abrangessem a área de estudo na escala municipal e que apresentassem uma série temporal coerente e significativa com o que se buscava investigar, a análise abrange o período entre o ano 2000 e 2012.

As variáveis explicativas selecionadas (Quadro 1) se justificam pela relação direta que guardam com o processo de desflorestamento, a densidade demográfica por representar o quanto povoado é determinado território, uma vez que a população faz uso direto e ou indireto dos recursos naturais, sejam estes primários ou manufaturados. As atividades agropecuárias (cultivos e rebanho bovino), contidas entre os impactos ambientais causados pela população, são em muitas regiões o motor econômico no processo de uso e ocupação das áreas originalmente ocupadas por florestas, apresentadas nesse trabalho em unidades diretamente ligadas ao espaço físico onde se desenvolvem. O PIB per capita busca identificar a relação direta entre aumento de renda e aumento de demanda por bens (e serviços), em especial aqueles ligados as florestas (ou área onde estão localizadas), esse indicador ao quadrado e ao cubo (conforme preconiza a literatura sobre a Curva Ambiental de Kuznets) procura verificar a relação entre desflorestamento e renda, até que ponto estas variáveis apresentam trajetórias de crescimento na mesma direção e quando (caso exista) as trajetórias assumem direções opostas.

Desse modo, os dados selecionados são oriundos de pesquisas realizadas e ou divulgadas pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015a, 2015b, 2016c), INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015), DATASUS - Departamento de Informática do SUS (Ministério

da Saúde) (BRASIL, 2015) e FGV/IBRE - Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (2015). No Quadro 1 são descritas as variáveis empregadas neste trabalho, bem como a fonte dos dados utilizados para compor cada uma delas.

Quadro 1 – Descrição das variáveis usadas na regressão

Variáveis	Descrição	Fonte
Desflorestamento <sup>7</sup>	Representa a estimativa de extensão desflorestada por município, baseia-se no cálculo do desflorestamento acumulado e observado até o ano selecionado dentro dos limites administrativos dos municípios que fazem parte da Amazônia Legal.	INPE
PIB per capita municipal*	Resulta da divisão do PIB pelo tamanho da população. Para esta pesquisa o valor do PIB per capita foi ajustado pelo IGP-DI usando 2006 como ano base.	DATASUS (compilação de dados do IBGE) e FGV
Densidade* demográfica	Representa a quantidade de habitantes por unidade de superfície, ou seja, a divisão do número total de habitantes pela área, em km <sup>2</sup> , do município.	DATASUS (compilação de dados do IBGE)
Área cultivada*	Resulta da soma dos valores apresentados pela Pesquisa Produção Agrícola Municipal, para áreas de lavoura permanente (área destinada à colheita) e temporárias (área plantada), originalmente apresentados em hectares e aqui convertidos em km <sup>2</sup> .	IBGE
Área cultivada* com <i>commodities</i>	Resulta da soma dos valores apresentados pela Pesquisa Produção Agrícola Municipal, para áreas de cultivo de algodão, soja e milho (área plantada), originalmente apresentados em hectares e aqui convertidos em km <sup>2</sup> .	IBGE
Rebanho	Resulta da Pesquisa Pecuária Municipal que computa o número efetivo de cabeça de bovinos na data de 31/12.	IBGE

Fonte: elaborado pela autora (2016).

### 3.2 Modelo Econométrico

Como mencionado na Revisão da Literatura, originalmente a Curva Ambiental de Kuznets relacionou o crescimento econômico com a degradação ambiental através de medidas de poluição, seja no ar, nas águas ou na diminuição da cobertura vegetal nativa. É referente a este último aspecto que o presente trabalho se detém, ao usar a diminuição da cobertura florestal natural da área de estudo, ou seja, o desflorestamento no Bioma Amazônico, no Bioma do Cerrado e no Bioma do Pantanal (todos presentes no território do estado do

<sup>7</sup> Desflorestamento se refere ao corte raso realizado em florestas naturais, diferentemente do termo desmatamento que se refere ao corte raso realizado em florestas, campos e arbustos em qualquer estágio de regeneração.

Mato Grosso), também pesquisado por outros autores já referenciados na Revisão da Literatura.

Entre os objetivos específicos desse trabalho está o de estimar uma Curva Ambiental de Kuznets usando modelos de dados em painel. Esta escolha se deve pela possibilidade de verificar as diferenças entre o desflorestamento dos diversos municípios do estado do Mato Grosso (*cross-sections*) ao longo do tempo, nesse caso uma série histórica entre os anos de 2000 e 2012 (*time-series*). A combinação dessas duas metodologias torna os resultados dos modelos mais confiáveis e robustos.

Desenvolver o trabalho com dados em painel permitirá analisar a dinâmica da mudança no indicador de desflorestamento mediante as mudanças nas demais variáveis em análise. Esse modelo de regressão se faz mais adequado porque permite investigar interferências econômicas que ocorrem em mais de uma dimensão, ou seja, pela natureza de um corte transversal e de uma série de tempo que separadamente não captam a dimensão dessas interferências no espaço e no tempo (GUJARATI, 2011). Além disso, modelos de regressão com dados em painel comportam mais informações, maior variabilidade e aumentam os graus de liberdade do painel (número de observações da amostra menos o número de parâmetros estimados), por outro lado reduzem a colinearidade<sup>8</sup> entre as variáveis explicativas (GUJARATI, 2011).

Ainda sobre dados em painel, Wooldridge (2015) aponta que dados em corte transversal e em séries de tempo, usados em conjunto, podem explicar questões de política econômica, citando que dados de países, estados e municípios (entre outros) são de fácil acesso e que a análise de políticas governamentais sobre esses aspectos se faz mais adequada com a análise econométrica de dados em painel. Para Greene (2003) a vantagem fundamental de um painel de dados distribuídos por uma seção transversal é que ele vai permitir ao pesquisador uma grande flexibilidade em diferenças de modelagem de comportamento entre os indivíduos, para o autor a forma básica da regressão de um modelo de dados em painel é:

---

<sup>8</sup> O problema de Colinearidade existe quando os parâmetros estimados (variáveis explicativas) são linearmente dependentes entre si, o que faria perder o sentido a inclusão dessas variáveis no mesmo modelo (GUJARATI, 2011).

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + Z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Em que  $Y_{it}$  é a variável endógena referente ao município  $i$  no ano  $t$ , no qual existem  $k$  variáveis exógenas em  $X_{it}$ , sem incluir o termo constante. O  $Z'_i\alpha$  representa o efeito individual, ou seja, a heterogeneidade,  $Z_i$  contém um termo constante e um conjunto de variáveis específicas individuais ou em grupo, que podem ser observadas (por exemplo, raça, sexo, localização, etc.), ou não observadas (por exemplo, características específicas da família, habilidades ou preferências, etc.) as quais são verificadas ao longo do tempo  $t$ , ou seja, constantes ao longo do tempo. Quando todas as variáveis forem observadas em  $Z_i$  todo o modelo será tratado de forma linear pelo ajuste de mínimos quadrados (GREENE, 2003).

A econometria de dados em painel apresenta algumas técnicas de estimação adequadas para esta questão de variáveis observadas e não observadas. Nesse trabalho as especificações foram testadas em três categorias de modelos econométricos, a saber:

- a) *pooled* – que utiliza o método Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados dos dados do corte transversal e da série de tempo por considerar que  $Z_i$  é observado em todas as unidades da amostra e que há um termo constante. Apenas se estas condições forem atendidas esse modelo será consistente;
- b) efeitos fixos (EF) – também utiliza o método Mínimos Quadrados Ordinários para efetuar a regressão, mas para cada unidade da amostra as variáveis são expressadas pelos desvios dos seus valores médios, desse modo se assume a existência de heterogeneidade entre os indivíduos, ou seja, variáveis não observadas (efeitos individuais não observados e não correlacionados com  $X_{it}$ ). Em outras palavras se assume que as unidades amostrais (nesse caso os municípios) são diferentes entre si e que o termo constante pode representar essas diferenças;
- c) efeitos aleatórios (EA) – que utiliza o estimador Mínimos Quadrados Generalizados Factível também para efeitos não observados, no qual, o pressuposto feito é que a heterogeneidade dos indivíduos

está presente no termo de erro e a constante é um parâmetro aleatório não observável.

Para avaliar qual das categorias de modelos econométricos é a mais adequada são verificadas três hipóteses, a do teste F, a do teste de Breusch-Pagan (BP) e a do teste de Hausman, conforme segue:

- a) teste F – tem como hipótese nula,  $H_0$ , a premissa de que todas as unidades seccionais possuem o mesmo intercepto, para isso o p-valor deve ser alto, validando que o Modelo de Mínimos Quadrados Agrupados (Pooled Least Squares) é o mais adequado, no entanto, se o p-valor do teste F for baixo a hipótese alternativa,  $H_1$ , se faz mais adequada, pois indica a existência de EF;
- b) teste Breusch-Pagan (BP) – tem como hipótese nula,  $H_0$ , a premissa de que o Modelo de Mínimos Quadrados Agrupados é mais adequado, enquanto que a hipótese alternativa,  $H_1$ , considera que EA seja mais adequado. Caso o teste apresente um p-valor alto,  $H_0$  é aceito, mas se o p-valor for baixo o modelo mais adequado será EA;
- c) teste de Hausman - tem como hipótese nula,  $H_0$ , a premissa de que o EA é mais adequado, enquanto que a hipótese alternativa,  $H_1$ , considera que EF seja mais adequado, desse modo um p-valor alto aceita a hipótese de que o modelo EA seja consistente e um p-valor baixo indica a existência de EF.

O Quadro 2 apresenta uma síntese de como avaliar o resultado de cada teste.

Quadro 2 – Interpretação dos resultados dos testes de hipóteses

Testes	Resultados dos Testes	
	Significativo	Não significativo
Teste F	É preferível o modelo de efeito fixo.	É preferível o modelo de efeito pooled.
Teste Breusch e Pagan	É preferível o modelo de efeito aleatório.	É preferível o modelo de efeito pooled.
Teste de Hausman	É preferível o modelo de efeito aleatório.	É preferível o modelo de efeito fixo.

Fonte: elaborado pela autora a partir do modelo de Prates (2008).

Referente à amostra, o estado do Mato Grosso é composto por 141 municípios, muitos dos quais obtiveram a emancipação política após os anos 2000, desse modo, ressalta-se que para trabalhar com modelos em painel balanceado foi necessário retirar da amostra 15 municípios, a saber<sup>9</sup>: Bom Jesus do Araguaia (18), Colniza (33), Conquista D'Oeste (36), Curvelândia (39), Ipiranga do Norte (51), Itanhangá (52), Nova Nazaré (80), Nova Santa Helena (82), Novo Santo Antônio (87), Rondolândia (109), Santa Cruz do Xingu (114), Santa Rita do Trivelato (115), Santo Antônio do Leste (118), Serra Nova Dourada (127) e Vale de São Domingos (137). Logo a amostra conta com 126 municípios. O painel foi trabalhado no software Gretl<sup>®</sup> Gnu (Licença Pública Geral) Regression, Econometrics and Time-series Library –versão 2015 e-git.

Para avaliar a hipótese da Curva de Kuznetz Ambiental foram elaboradas quatro estimações, nas quais a variável explicada é o desflorestamento (*proxy* para degradação ambiental) e as variáveis explicativas são o PIB per capita, a densidade demográfica, a área cultivada e a área cultivada com *commodities*, além do efetivo de rebanho bovino. As variáveis PIB per capita e densidade demográfica foram tomadas em logaritmo natural, permitindo que se observe a variação absoluta do desflorestamento conforme ocorra uma variação percentual do PIB per capita e da densidade demográfica<sup>10</sup>, além disso, a logaritmização dessas variáveis reduz problemas de heterocedasticidade e de assimetria (GUJARATI, 2001). A variável PIB per capita logaritimizada também foi modelada em funções quadráticas e cúbicas<sup>11</sup>, para apreender em qual nível de renda o desflorestamento é máximo e em qual nível declina.

As estimações desenvolvidas foram:

---

<sup>9</sup> O número entre parênteses indica a localização do município no Mapa 1, conforme Quadro 3.

<sup>10</sup> Neste caso tem-se um modelo semilogarítmico lin-log (Gujarati, 2001) em que variáveis explicativas são colocadas em logaritmo natural, deixando a variável explicada em nível. Para não desbalancear o painel, nem perder mais observações optou-se por trabalhar com as variáveis desflorestamento, área cultivada, área cultivada com *commodities* e efetivo de rebanho bovino em nível porque estas apresentam valores iguais a zero em algumas observações.

<sup>11</sup> A função quadrática segue a modelagem da Curva Ambiental de Kuznets presente em trabalhos como Panayotou (1993), Holtz-Eakin e Selden (1992) e Selden e Song (1994) e a função cúbica segue a modelagem de Grossman e Krueger (1991 e 1995).



Primeira especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{pibpc}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{pibpc}_{it})^2 + \beta_8 \ln(\text{dens}_{it}) + \beta_7 \text{Ano} \quad (3)$$

Segunda especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{pibpc}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{pibpc}_{it})^2 + \beta_3 \ln(\text{pibpc}_{it})^3 + \beta_8 \ln(\text{dens}_{it}) + \beta_7 \text{Ano} \quad (4)$$

Terceira especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{pibpc}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{pibpc}_{it})^2 + \beta_3 \ln(\text{pibpc}_{it})^3 + \beta_8 \ln(\text{dens}_{it}) + \beta_7 \text{Ano} + \beta_9 \text{Cult} + \beta_{10} \text{Reb} \quad (5)$$

Quarta especificação:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{pibpc}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{pibpc}_{it})^2 + \beta_3 \ln(\text{pibpc}_{it})^3 + \beta_8 \ln(\text{dens}_{it}) + \beta_7 \text{Ano} + \beta_{10} \text{Comm} \quad (6)$$

Onde:

$Y_{it}$  = variável em nível do desflorestamento acumulado do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\beta_0$  = constante;

$\ln(\text{pibpc}_{it})$  = logarítmico natural da renda *per capita* do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\ln(\text{pibpc}_{it})^2$  = logarítmico natural da renda *per capita* ao quadrado do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\ln(\text{pibpc}_{it})^3$  = logarítmico natural da renda *per capita* ao cubo do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\ln(\text{dens}_{it})$  = logarítmico natural da densidade demográfica do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\text{Ano}$  = variável de tendência temporal, índice de dados do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\text{Cult}$  = variável em nível do total de área plantada do município  $i$  no ano  $t$ ,

$\text{Comm}$  = variável em nível do total de área plantada com *commodities* do município  $i$  no ano  $t$ .

$\text{Reb}$  = variável em nível do total de cabeças de gado bovino do município  $i$  no ano  $t$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir será apresentada uma análise dos dados da amostra de municípios do estado do Mato Grosso, tanto das estatísticas descritivas das variáveis, quanto da espacialização dos indicadores, além dos resultados das estimações dos painéis.

### 4.1 Espacialização das Variáveis Analisadas

Os resultados das estatísticas descritivas, do conjunto de dados do painel, estão apresentados na Tabela 1. Em relação aos valores médios das variáveis, o desflorestamento atingiu o valor de 1.389,14 km<sup>2</sup>, já o PIB per capita ficou em de R\$ 14.527,20, a densidade demográfica nos municípios do Mato Grosso, no período em análise ficou em 7,2 habitantes/km<sup>2</sup>, quanto à agricultura os cultivos (total e *commodities*) apresentaram área média de 589,089 km<sup>2</sup> e 523,070 km<sup>2</sup>, respectivamente, por fim o valor médio de cabeças de gado bovino ficou em 517,74 unidades.

Outra medida de posição central da distribuição dos dados é a mediana, para o desflorestamento o valor foi de 995,2 km<sup>2</sup>, o PIB per capita ficou no valor de R\$ 9.909,77, a densidade demográfica apresentou o valor de 2,3 habitantes/km<sup>2</sup> e a agropecuária foi dada pelos valores de 106,215 km<sup>2</sup>, 76,8250 km<sup>2</sup> e 47,210 cabeças de gado, respectivamente.

Os desvios padrões demonstraram uma grande dispersão dos valores em torno da média, o desflorestamento atingiu o valor de 1.366,66 km<sup>2</sup>, o PIB per capita foi de R\$ 15.477,40, a densidade demográfica nos municípios do Mato Grosso, no período em análise ficou em 26,4 habitantes/km<sup>2</sup>, quanto à agricultura os cultivos (total e *commodities*) apresentaram área média de 1.171,05 km<sup>2</sup> e 1.081,38 km<sup>2</sup>, respectivamente, por fim o valor médio de cabeças de gado bovino ficou em 1.110,70 unidades.

Para detalhar os valores mínimos e máximos das variáveis analisadas serão apresentados os nomes dos municípios e o respectivo ano em que o valor ocorreu. Na variável desflorestamento, os municípios de Acorizal (1), Alto Araguaia (4), Alto Garças (6), Alto Taquari (8), Araguinha (11), General Carneiro (46), Jangada (56), Pontal do Araguaia (95), Ponte Branca (96),

Ribeirãozinho (107), Tesouro (134), Torixoréu (135) e Várzea Grande (138) ao longo da série histórica apresentaram valor mínimo igual a zero, ou seja, não desflorestaram, significa que nesse período todo o território estava ocupado por outros atributos que não área de floresta, a esse grupo de municípios com zero de desflorestamento se soma Primavera do Leste (103) nos anos de 2000, 2001 e 2002, no entanto, ainda existia uma área de floresta que a partir de 2003 teve algum incremento de desflorestamento. No outro extremo, o município de Juara (58) chegou no ano de 2012 ao valor máximo de 7.887,20 km<sup>2</sup> de área desflorestada. Em relação ao PIB per capita o menor valor ocorreu em 2000 no município de Porto Alegre do Norte (98) e o valor máximo da série temporal foi de Campos de Júlio (24) no ano de 2012. A menor densidade demográfica, 0,1969 habitantes/km<sup>2</sup> corresponde ao município de Gaúcha do Norte (45) em 2000, enquanto que a maior, 274,982 habitantes/km<sup>2</sup>, ocorreu em Várzea Grande (138) em 2012. Em área cultivada, o valor mínimo ocorreu em Gaúcha do Norte (45) no ano de 2000 e em Sorriso (129), no ano de 2012, a maior área cultivada. Entre os municípios, referente aos menores cultivos de *commodities* estão: Araguainha (11) nos anos de 2001, 2002, 2003 e 2011, Campinápolis (21) nos anos de 2010, 2011 e 2012, Cocalinho (31) no ano de 2012, Gaúcha do Norte (45) no ano de 2002 e Ponte Branca (96) nos anos de 2011 e 2012, o município de Sorriso (129) também apresentou a maior área cultivada com *commodities* (ano de 2012). Os municípios de Campos de Júlio (24) no ano de 2000 e Cáceres (20), respectivamente apresentaram os valores mínimo e máximo do rebanho bovino.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas

<b>Variável</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Desflorestamento	1.389,14	995,20	1.366,66	0	7.887,20
PIB per capita	14.527,20	9.909,77	15.477,40	1.934,11	161.375,00
Densidade demográfica	7,18	2,33	26,40	0,20	274,98
Área cultivada	589,09	106,22	1.171,05	0	10.159,70
Área cultivada c/ <i>commodities</i>	517,74	47,21	1.110,71	0	9.741,02
Rebanho	192.611	139.138	173.940	8.750	995.076

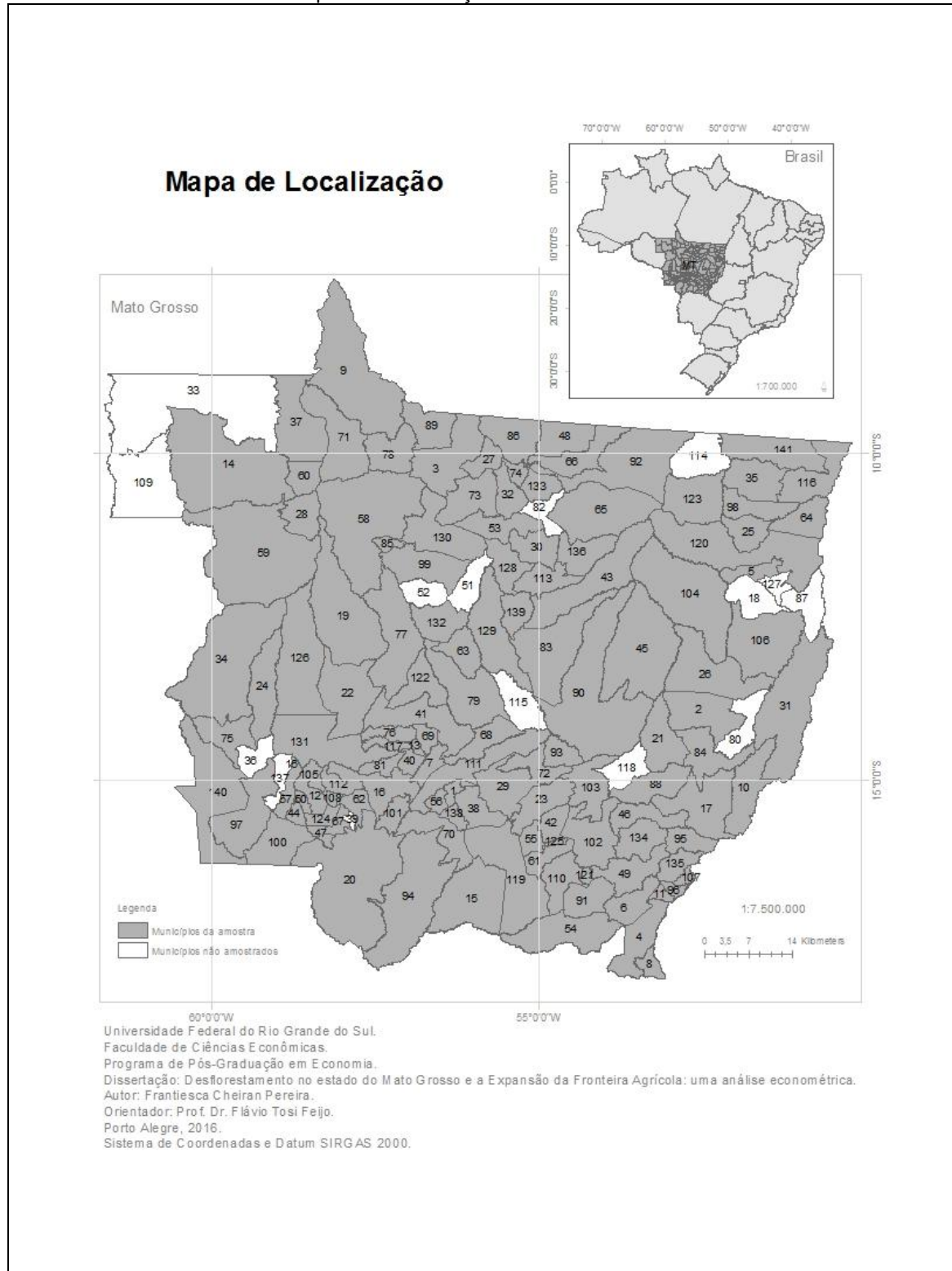
Fonte: elaborado pela autora (2016).

No Mapa 1 é apresentada a localização da área de estudo, seguido do Quadro 3 que identifica a localização numérica de cada um dos municípios do estado do Mato Grosso. Para ilustrar a distribuição espacial das variáveis

analisadas, na Figura 2 são apresentados os valores de cada município no primeiro e último ano da série.

Sobre o desflorestamento, comparando a distribuição espacial entre 2000 e 2012 se observa primeiramente uma intensificação do processo de derrubada de áreas de floresta na porção Norte do estado, além de fronteiriços com a Bolívia e o município de Barra do Bugres (16), no sudoeste do Mato Grosso. Referente ao PIB per capita é importante notar que os maiores valores ocorrem de maneira semelhante a espacialização do desflorestamento, inclusive nos municípios onde não ocorreu derrubada de floresta (indicados na cor cinza, exceto a capital e os municípios do entorno, pelo caráter predominantemente urbano). A densidade demográfica, se manteve baixa, exceto em municípios de ocupação consolidada como a capital Cuiabá (38), Várzea Grande (138), seguidos de Sinop (128), Rondonópolis (110) e Jaciara (55). Sobre a espacialização dos dados agropecuários, primeiramente chama a atenção a grande concentração de rebanho bovino na porção Norte e Sul do Mato Grosso, o que coincide com a área de desflorestamento mais intenso (Norte) e no Sul demonstra uma consolidação da atividade que remonta períodos iniciais da ocupação, assim como a proximidade com o Pantanal. Ao mesmo tempo em que a área de menor rebanho coincide com a região do estado onde os municípios apresentam os maiores valores de PIB per capita, demonstrando um baixo rendimento da atividade. Quanto aos cultivos (total e *commodities*) estes ocupam a área onde o rebanho é menor e PIB per capita é maior.

Mapa 1 – Localização da área de estudo



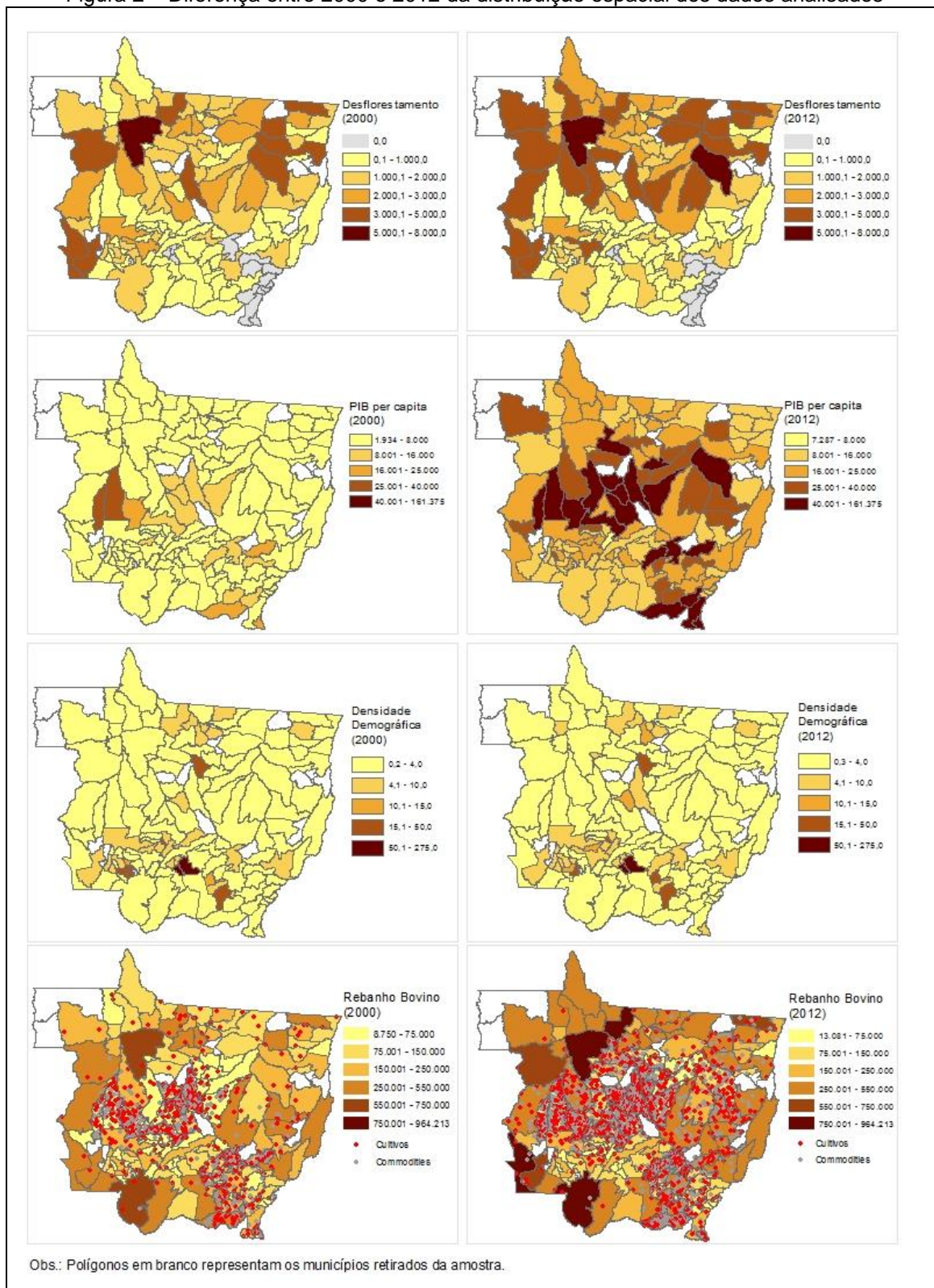
Fonte: elaborado pela autora (2016).

Quadro 3 – Identificação numérica dos municípios matogrossenses no Mapa 1.

<b>Id.</b>	<b>Município</b>	<b>Id.</b>	<b>Município</b>	<b>Id.</b>	<b>Município</b>
1	Acorizal	48	Guarantã do Norte	95	Pontal do Araguaia
2	Água Boa	49	Guiratinga	96	Ponte Branca
3	Alta Floresta	50	Indiavaí	97	Pontes e Lacerda
4	Alto Araguaia	51	Ipiranga do Norte	98	Porto Alegre do Norte
5	Alto Boa Vista	52	Itanhangá	99	Porto dos Gaúchos
6	Alto Garças	53	Itaúba	100	Porto Esperidião
7	Alto Paraguai	54	Itiquira	101	Porto Estrela
8	Alto Taquari	55	Jaciara	102	Poxoréo
9	Apiacás	56	Jangada	103	Primavera do Leste
10	Araguaiana	57	Jauru	104	Querência
11	Araguainha	58	Juara	105	Reserva do Cabaçal
12	Araputanga	59	Juína	106	Ribeirão Cascalheira
13	Arenápolis	60	Juruena	107	Ribeirãozinho
14	Aripuanã	61	Juscimeira	108	Rio Branco
15	Barão de Melgaço	62	Lambari D'Oeste	109	Rondolândia
16	Barra do Bugres	63	Lucas do Rio Verde	110	Rondonópolis
17	Barra do Garças	64	Luciara	111	Rosário Oeste
18	Bom Jesus do Araguaia	65	Marcelândia	112	Salto do Céu
19	Brasnorte	66	Matupá	113	Santa Carmem
20	Cáceres	67	Mirassol D'Oeste	114	Santa Cruz do Xingu
21	Campinápolis	68	Nobres	115	Santa Rita do Trivelato
22	Campo Novo do Parecis	69	Nortelândia	116	Santa Terezinha
23	Campo Verde	70	Nossa Senhora do Livramento	117	Santo Afonso
24	Campos de Júlio	71	Nova Bandeirantes	118	Santo Antônio do Leste
25	Canabrava do Norte	72	Nova Brasilândia	119	Santo Antônio do Leverger
26	Canarana	73	Nova Canaã do Norte	120	São Félix do Araguaia
27	Carlinda	74	Nova Guarita	121	São José do Povo
28	Castanheira	75	Nova Lacerda	122	São José do Rio Claro
29	Chapada dos Guimarães	76	Nova Marilândia	123	São José do Xingu
30	Cláudia	77	Nova Maringá	124	São José dos Quatro Marcos
31	Cocalinho	78	Nova Monte Verde	125	São Pedro da Cipa
32	Colíder	79	Nova Mutum	126	Sapezal
33	Colniza	80	Nova Nazaré	127	Serra Nova Dourada
34	Comodoro	81	Nova Olímpia	128	Sinop
35	Confresa	82	Nova Santa Helena	129	Sorriso
36	Conquista D'Oeste	83	Nova Uiratã	130	Tabaporã
37	Cotriguaçu	84	Nova Xavantina	131	Tangará da Serra
38	Cuiabá	85	Novo Horizonte do Norte	132	Tapurah
39	Curvelândia	86	Novo Mundo	133	Terra Nova do Norte
40	Denise	87	Novo Santo Antônio	134	Tesouro
41	Diamantino	88	Novo São Joaquim	135	Torixoréu
42	Dom Aquino	89	Paranaíta	136	União do Sul
43	Feliz Natal	90	Paranatinga	137	Vale de São Domingos
44	Figueirópolis D'Oeste	91	Pedra Preta	138	Várzea Grande
45	Gaúcha do Norte	92	Peixoto de Azevedo	139	Vera
46	General Carneiro	93	Planalto da Serra	140	Vila Bela da Santíssima Trindade
47	Glória D'Oeste	94	Poconé	141	Vila Rica

Fonte: elaborado pela autora (2016).

Figura 2 – Diferença entre 2000 e 2012 da distribuição espacial dos dados analisados



Fonte: elaborado pela autora (2016).

## 4.2 Resultados Econométricos

Para determinar qual modelo econométrico seria o mais adequado foram realizados os testes de hipóteses Testes F, Breusch-Pagan e Hausman, em todas as especificações, conforme demonstra a Tabela 2. O Teste F, que confronta o Modelo de Mínimos Quadrados Agrupados e o Modelo de Efeitos Fixos indicou que este último seria o mais adequado para todas as especificações, já que apresentou p-valor baixo em todas. Por outro lado, o Teste Breusch-Pagan, que confronta o Modelo de Mínimos Quadrados Agrupados e o Modelo de Efeitos Aleatórios, também apresentou p-valor baixo em todas as especificações, indicando que entre esses dois modelos o de Efeitos Aleatórios seria o mais adequado. Por fim, o Teste de Hausman, que confronta os Modelos de Efeitos Fixos e de Efeitos Aleatórios, indicou que o modelo que melhor se ajustou às especificações trabalhadas foi o de Efeitos Fixos, dado que o pressuposto de p-valor baixo foi atendido.

Tabela 2 – Resultados dos testes de hipóteses

Especificações	Teste F	Teste Breusch-Pagan	Teste de Hausman
1	F (125, 1508) = 633,572 [0,00000]	BP = 9062,18 [0,00000]	H = 62,6497 [0,00000]
2	F (125, 1507) = 636,546 [0,00000]	BP = 9060,93 [0,00000]	H = 64,6187 [0,00000]
3	F (125, 1505) = 552,457 [0,00000]	BP = 9088,71 [0,00000]	H = 45,6084 [0,00000]
4	F (125, 1506) = 653,68 [0,00000]	BP = 9017,85 [0,00000]	H = 58,5822 [0,00000]

Fonte: elaborado pela autora (2016). Cálculos efetuados no software Gretl 2015 e-git.

Obs.: Os números os entre colchetes representam o p-valor.

Os resultados da primeira especificação (Tabela 3) indicaram que o logaritmo natural do PIB per capita, em nível e ao quadrado, assim como o logaritmo da densidade demográfica são significativos, a 1%, enquanto que a variável de tendência temporal (ano) apresentou significância de 5%. Em relação ao sinal dos parâmetros, pode-se dizer que a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets se confirmou, ou seja,  $\beta_1 > 0$  e  $\beta_2 < 0$ , assim como nos resultados de Holtz-Eakin e Selden (1992), Panayotou (1993) e Prates (2008).

Na segunda especificação, em que foi incorporada a variável do logaritmo natural do PIB per capita ao cubo, a significância das variáveis foi de



1% para densidade demográfica e tendência temporal, a 5% o PIB per capita ao cubo e 10% o PIB per capita ao quadrado. Esta especificação, obteve parâmetros com sinais que indicam o que a literatura chama de “N” invertido (OLIVEIRA, 2009), ou seja, em um primeiro momento o uso e a ocupação da área, que causa certa degradação ambiental, não é acompanhado de crescimento do PIB per capita, mas ocorre em um segundo estágio a instalação de atividades econômicas capazes disso, até certo ponto de nível de renda em que a degradação ambiental será menor. Esse resultado coincide com os sinais dos parâmetros apresentados em Grossman e Krueger nos artigos de 1991 e 1995, para os níveis de partículas suspensas e para os níveis de SO<sub>2</sub>, respectivamente, da mesma forma com o comportamento do desmatamento em Shafik e Bandyopadhyay (1992) e em Oliveira (2009).

A terceira especificação, na qual foram acrescentados fatores agropecuários, o grau de significância das variáveis foi 5% para a tendência temporal e 1% para os demais fatores. Os resultados dos coeficientes também demonstram uma relação em forma de “N” invertido, se projetados em um gráfico. Além disso, ressalta-se a relação positiva entre desflorestamento, área de cultivos e cabeças de gado bovino. Esse resultado vem ao encontro de resultados encontrados em outros trabalhos que avaliaram o impacto da agropecuária sobre o desflorestamento usando indicadores inter-relacionados, como Prates (2008) que verifica o impacto do índice de preço da agricultura temporária (IPT), o índice de preço da agricultura permanente (IPP) e o rebanho de bovinos. Sobre a pecuária, na página 76, o autor afirma que *[...a expansão do rebanho bovino implica uma relação positiva com o desmatamento]* e sobre a agricultura, na página 76, ele conclui que *[...assim, quanto mais elevado for o índice de preço, maior será o estímulo ao aumento de áreas agrícolas, contribuindo para o aumento do desmatamento]*. Os resultados de Oliveira (2009), no modelo sem correção para dependência espacial também indicam correlação positiva entre as variáveis ligadas ao setor agropecuário.

Por fim a especificação que procura verificar o impacto dos cultivos de *commodities* sobre o desflorestamento nos municípios do Mato Grosso. Assim como a segunda e a terceira especificações, o formato de “N” invertido é esperado, dado os sinais dos coeficientes e se verifica uma relação positiva

entre o desflorestamento e os cultivos de *commodities*. A significância das variáveis logaritmo natural densidade demográfica, tendência temporal e *commodities* foi de 1%, 5% no logaritmo natural do PIB per capita ao quadrado e ao cubo e 10% no logaritmo natural do PIB per capita. Comparativamente aos resultados de outros autores, esta variável, composta pela área de cultivos de algodão, milho e soja, não foi encontrada em outros estudos, mas se traçado um paralelo aos indicadores de Prates (2008) e Oliveira (2009) a mesma tendência positiva com a expansão da agricultura e o desflorestamento é observada.

Em todas as especificações o R<sup>2</sup> chegou a 98%, demonstrando que as variáveis explicativas demonstram forte relação com os índices de desflorestamento entre os municípios. Outro resultado a ser destacado em relação ao logaritmo natural da densidade demográfica, que apresentou relação positiva com o aumento do desflorestamento em todas as especificações.

Tabela 3 – Resultados

Variáveis	Esp. (1)	Esp. (2)	Esp. (3)	Esp. (4)
Constante	-6515,82*** (-3,5344)	13124,9 (1,3502)	22871,9*** (2,7523)	14252,5 (1,4512)
ln PIBpc	1327,42*** (3,438)	-5015,29 (-1,6322)	-7821,51*** (-2,9213)	-5618,85* (-1,8043)
ln PIBpc <sup>2</sup>	-55,1693*** (-2,6939)	622,567* (1,9378)	888,559*** (3,1171)	717,397** (2,1933)
ln PIBpc <sup>3</sup>		-23,9717** (-2,1586)	-32,755*** (-3,2688)	-28,5461** (-2,5118)
ln DENS	507,787*** (5,1913)	528,646*** (5,417)	222,196*** (2,8888)	423,888*** (4,4097)
Ano	-14,1038** (-2,5212)	-15,3769*** (-2,6876)	-11,6378** (-2,1376)	-16,6364*** (-3,0065)
CULT			0,202237*** (2,9479)	
COMM				0,172758*** (2,7159)
REB			0,00277873*** (7,5390)	
R <sup>2</sup>	0,982988	0,983146	0,987792	0,983901
Estatística F	22,9111	19,0811	25,6856	17,256
Critério Akaike	21887,59	21874,39	21350,13	21801,23
Critério Schwarz	22589,75	22581,95	22068,49	22514,19

Fonte: elaborado pela autora (2016). Cálculos efetuados no software Gretl 2015 e-git.

Obs.1: \*\*\*significativo a 1%, \*\*significativo a 5% e \*significativo a 10%.

Obs.2: Os números entre parênteses representam os valores dos testes t.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui desenvolvido buscou identificar possíveis causas para o desflorestamento no estado do Mato Grosso e para isso se embasou em duas concepções teóricas, a Expansão da Fronteira Agrícola e a Curva Ambiental de Kuznets. Os referenciais teóricos, de ambas as concepções teóricas, subsidiaram quais os indicadores e variáveis permitiriam uma análise qualificada sobre a problemática, tanto para a espacialização dos dados como para a análise econométrica em dados em painel.

Como verificado nos resultados econométricos, as três últimas especificações desenvolvidas nesse trabalho apontaram para resultados que se projetados em um gráfico teriam a forma de um “N” invertido, no qual primeiramente o uso e a ocupação da área causam certa degradação ambiental, mas não ocorre crescimento do PIB per capita, posteriormente um segundo estágio caracterizado pela instalação de atividades econômicas rentáveis e somente em um terceiro momento a degradação ambiental diminuirá.

No contexto do desflorestamento no Mato Grosso o “N” invertido é notadamente reconhecido no processo de Expansão da Fronteira Agrícola na primeira e segunda fase da curva, mas o ponto em que a renda elevada favorece a diminuição da degradação ambiental não parece ocorrer, sendo possível traçar um paralelo com o que pontuou Panayotou (1993) sobre danos ambientais irreversíveis, ou seja, a floresta nativa retirada e substituída por atividades econômicas que se perpetuam no tempo não mais se restabelece.

Retomando ao início do desflorestamento, o uso do solo e a ocupação do espaço pela população não indígena que se dedicam as atividades de extração de madeira e minérios, além da pecuária, estão na fase do “N” invertido em que as atividades econômicas não são caracterizadas pela alta rentabilidade. Atualmente essa fase pode ser reconhecida na porção Norte do estado, em municípios como Juara, Alta Floresta e Vila Rica, além de municípios do Sudoeste como Vila Bela da santíssima Trindade e Cáceres.

Seguindo com essa análise espacial, a porção central do estado representa a fase em que ocorre o crescimento econômico pela implementação das atividades agroexportadoras, destaque para os municípios de Sorriso,

Sapezal e Nova Mutum. Atividades essas que trarão consigo o crescimento urbano do entorno das lavouras, bem como a expansão da malha rodoviária para escoamento da produção, ambos aspectos que trazem consigo outras questões ambientais ligadas à degradação dos recursos naturais.

A terceira fase da curva indica que o crescimento econômico trará menor degradação ambiental ou reparação dos danos causados pode ser contestada pela espacialização do desflorestamento na porção Sudeste do estado, onde se concentram municípios sem áreas de floresta ou com áreas muito pequenas, demonstrando o caráter irreversível do processo pela consolidação das áreas de ocupação urbana e agrícolas, destaque para os municípios de Alto Garças, Alto Taquari e General Carneiro.

Outra ressalva que se faz, diz respeito ao crescimento econômico, nesse trabalho verificado pelo indicador PIB per capita, que não retrata fidedignamente a distribuição de renda entre a população local. Ainda que o agronegócio seja extremamente rentável o baixo uso de mão de obra e o caráter exportador, até mesmo pela presença de empresas multinacionais, aparentemente, não permitem materializar no espaço local uma distribuição de renda compatível com os montantes financeiros movimentados por essa atividade econômica, sendo este um ponto interessante para verificação futura.

Por fim, há de se ter em mente que o processo de Expansão da Fronteira Agrícola, no contexto da degradação ambiental e desequilíbrios sociais não cessa, tanto porque a frente avança sobre a floresta, como nas áreas onde a ocupação já é consolidada as demandas por recursos naturais seguem crescendo. Essa característica ao mesmo tempo em que representou certa dificuldade para a seleção dos dados, poderá motivar trabalhos futuros, por exemplo, em que a área de estudo seja ampliada, assim como o período analisado, considerando a disponibilidade dos dados para a escala municipal, preciosismo que confere ao trabalho uma maior aproximação dos fatos e dos atores envolvidos. Além disso, para trabalhos futuros técnicas de geoprocessamento podem ser associadas às técnicas econométricas como na econometria espacial.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. *et al.* Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, Amsterdam, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/teste/Downloads/2008.20.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2016.

ÁVILA, E. S de. **Evidências sobre a Curva Ambiental de Kuznets e convergência das emissões**. 2011. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/index.php?option=com\_jumi&fileid=17&Itemid=160&language=pt-br&id=D7A76C526B8D>. Acesso em: 2 fev. 2015.

BARBIER, E.B.; BURGESS, J.C. The economics of tropical deforestation. **Journal of Economic Surveys**, Clevedon, v. 5, n. 3, 2002. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-6419.00144/pdf>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BARROS, F. H. G. **Como a desigualdade social afeta a relação entre crescimento econômico e a degradação ambiental: a Curva de Kuznets Ambiental para o caso brasileiro**. 2000. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.ceemaunb.com/mestrado/index.php?option=com\_content&view=article&id=77&Itemid=48>. Acesso em: 27 fev. 2016.

BATTHARAI, M.; HAMMIG, M. Institutions and Environmental Kuznets Curve for deforestation: a Crosscountry analysis for Latin America, Africa and Asia. **World Development**, [S.l.], v. 29, n. 6, p. 995-1010, 2001. Disponível em: <https://www.ncsu.edu/project/amazonia/BhattaraiHammig.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2016.

BECKER, B. K. Amazônia: projeto nacional, política regional e instrumentos econômicos. In: MAY, P. H. *et al.* **Instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável na Amazônia brasileira: experiências e visões**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 35-40. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir894/SeminAMA\_InstrumEconomico.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2016.

BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 12, p. 135-159, set. 2001. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/pe\_12.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2016.

BORGHESI, S. The environmental Kuznets curve: a critical survey. In: FRANZINI, M.; NICITA, A. (Ed.). **Economic institutions and environmental policy**. [S.l.]: Ashgate, 1999. p. 201-224. Disponível em: <http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL1999/NDL1999-085.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS. Informações de saúde. **Informações demográficas e socioeconômicas**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0206>>. Acesso em: 26 maio 2015.

CALDAS, M. M. *et al.* Ciclo de vida da família e desmatamento na Amazônia: combinando informações de sensoriamento remoto com dados primários. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 683-711, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-71402003000400002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71402003000400002)>. Acesso em: 29 fev. 2016.

FONSECA, L. N. **Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5570>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Instituto Brasileiro de Economia - FGV/IBRE. **Índices gerais de preços**. Índice geral de preços: disponibilidade interna (IGP-DI). IBRE/FGV Dados. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/>>. Acesso em: 27 maio 2015.

GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 46, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/103095/2/707.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2003. Disponível em: <[http://www.nature.com/news/the-top-100-papers-1.16224?WT.mc\\_id=FBK\\_NatureNews](http://www.nature.com/news/the-top-100-papers-1.16224?WT.mc_id=FBK_NatureNews)>. Acesso em: 16 mar. 2016.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, Massachusetts, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995. Disponível em: <<http://web.econ.ku.dk/nguyen/teaching/Grossman%20and%20Krueger%201995.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. **Environmental impacts of a North American free trade agreement**. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1991. (Working Paper, 3914). Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3914>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2011.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HOLTZ-EAKIN, D.; SELDEN, T. M. **Stoking the fires?** CO2 emissions and economic growth. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1992. (Working Paper, 4248). Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w4248>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**. Sistema de Recuperação Automática SIDRA. Rio de Janeiro, 2015a. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 26 maio 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa pecuária municipal**. Sistema de Recuperação Automática SIDRA. Rio de Janeiro, 2015b. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 26 maio 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal**. Sistema de Recuperação Automática SIDRA. Rio de Janeiro, 2015c. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 26 maio 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Como se monitora o desmatamento da Amazônia?** Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/463>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. **The American Economic Review**, Nashville, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/aer/top20/45.1.1-28.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/010CausasDesmatamentoAmazoniaBrasileira.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

OLIVEIRA, R. C. **Desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica espacial para a Curva de Kuznets Ambiental**. Trabalho apresentado às disciplinas Econometria Espacial e Métodos Quantitativos III, Mestrado em Economia Aplicada. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poseconomia/files/2010/04/Dissertacao-Rejane-C-Oliveira.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2016.

PANAYOTOU, T. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development**. Technology and Employment Programme. Geneva: International Labor Office, 1993. (Working paper, WP238). Disponível em: <[http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_31\\_engl.pdf](http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf)>. Acesso em: 9 fev. 2016.

PRATES, R.C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências para o bem-estar. 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-06082008-162358/pt-br.php>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

SANTOS, R. B. N. *et al.* **Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal**. Trabalho apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/716.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

SANTOS, R. P. **Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007)**: uma análise econométrica e espacial. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6592/1/2010\\_RenatoPradodosSantos.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6592/1/2010_RenatoPradodosSantos.pdf)>. Acesso em: 6 jan. 2016.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 27, p. 147-162, 1994. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ShoppingCartURL&\\_method=add&\\_eid=1-s2.0-S009506968471031X&\\_ts=1455121415&md5=41cfb72880286117e65b5ffa1fa9d4e9](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ShoppingCartURL&_method=add&_eid=1-s2.0-S009506968471031X&_ts=1455121415&md5=41cfb72880286117e65b5ffa1fa9d4e9)>. Acesso em: 11 fev. 2016.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. **Economic growth and environmental quality**: a time series and cross-country evidence. [S.l.]: World Bank, 1992. (Working papers, WPS 904). Disponível em: <[http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1992/06/01/000009265\\_3961003013329/Rendered/PDF/multi\\_page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1992/06/01/000009265_3961003013329/Rendered/PDF/multi_page.pdf)>. Acesso em: 9 fev. 2016.

SILVA, C. A. F. Fronteira agrícola capitalista e ordenamento territorial. In: SANTOS, M. *et al.* **Território, territórios**: ensaios sobre ordenamento territorial. 3. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2011. p. 282-312.

VOLPATO, L.R.R. **A conquista da terra no universo da pobreza**: formação da fronteira oeste do Brasil, 1719-1819. São Paulo: HUCITEC, 1987.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução a econometria**: uma abordagem moderna. 4 ed. São Paulo. Cengage Learning, 2015.