

**VILANE GONÇALVES SALES**

**A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA) PARA O BIOMA CAATINGA NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE  
2015

VILANE GONÇALVES SALES

**A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA) PARA O BIOMA  
CAATINGA NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural, linha de pesquisa Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável, da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Orientador: Prof. Dr. André de Souza Melo

RECIFE  
2015

Ficha catalográfica

S163c Sales, Vilane Gonçalves  
A curva de Kuznets ambiental (CKA) para o bioma  
caatinga no estado de Pernambuco / Vilane Gonçalves Sales.  
– Recife, 2015.  
72 f. : il.

Orientador: André de Souza Melo.  
Dissertação (Mestrado em Administração e  
Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, Departamento de Letras e Ciências  
Humanas, Recife, 2015.

Inclui referências e anexo(s).

1. Curva de Kuznets ambiental 2. Desmatamento  
3. Efeito fixos 4. Caatinga 5. Pernambuco I. Melo, André de  
Souza, orientador II. Título

CDD 631.1

**VILANE GONÇALVES SALES**

**A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA) PARA O BIOMA CAATINGA NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

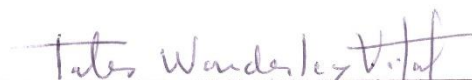
Dissertação apresentada como requisito complementar para a obtenção do grau de mestre em Administração e Desenvolvimento Rural, na linha de pesquisa em Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável do Programa de Pós-graduação em Administração e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Aprovada em: 10 / 02 / 2015

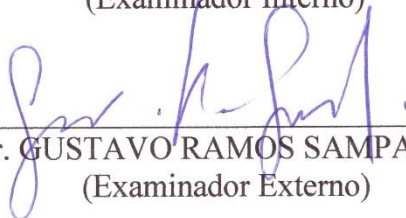
Banca Examinadora:



Prof. Dr. ANDRÉ DE SOUZA MELO – UFRPE  
(Orientador)



Prof. Dr. TALES WANDERLEY VITAL – UFRPE  
(Examinador Interno)



Prof. Dr. GUSTAVO RAMOS SAMPAIO - UFPE  
(Examinador Externo)



*A minha irmã Lala e aos meus amigos que me mantiveram em pé.*

## **AGREDECIMENTOS**

Esta dissertação é o resultado de uma caminhada que não começou na academia, e eu sei que agradecer pode ser uma tarefa complexa. Portanto, para não ser injusta, agradeço previamente a todos que de alguma maneira passaram pela minha vida e contribuíram para a minha formação. E agradeço, destacadamente, a algumas pessoas e instituições pela contribuição direta na construção deste trabalho:

Ao professor, orientador e amigo André Melo pela orientação, compreensão e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho, amadurecendo os meus conhecimentos e conceitos.

Aos professores Tales Vital e Marcos Sobral pela orientação, disponibilidade e apoio na finalização deste trabalho.

Ao professor Gustavo Sampaio pelo convite e disponibilidade em participar da banca e contribuir para a concretização deste estudo.

A todos os professores da UFRPE do programa de Pós Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento dos conceitos apresentados neste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pela concessão e manutenção dos recursos para a realização deste estudo.

Ao meu Deus, meus pais e minha irmã e, meu porto seguro, Arthur.

*"Penso que chega um momento na vida da gente  
em que o único dever é lutar ferozmente  
por introduzir no topo de cada dia, o máximo da eternidade..."  
(Guimarães Rosa)*



## RESUMO

Os problemas ambientais acontecem quando se interfere em qualquer parte ou fase de um ecossistema, alterando-o. No Brasil, o desmatamento provocado por focos de calor torna o país um grande emissor mundial de dióxido de carbono, um dos gases causadores do efeito estufa. Há a preocupação de que, com o avanço do desenvolvimento, a pressão sobre o meio ambiente aumente. Ao observar o bioma Caatinga, percebe-se que o mesmo é endêmico e a importância dele é dada por apresentar uma fauna e flora diversificada e que a sua degradação ocasiona, além da perda da biodiversidade, a desfragmentação da história da formação da região. Dentro deste contexto, esse trabalho investigou a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) para o bioma Caatinga, nos municípios do estado de Pernambuco, isto é, se existe uma relação na forma de "U" invertido entre um índice de degradação ambiental (área desmatada em hectares) e o crescimento econômico (indicado pelo PIB), em nível municipal, no período 2002- 2008, utilizando um modelo para dados em painel. Os resultados econométricos indicam a presença de efeitos não observados, sendo mais adequada a estimação por efeitos fixos. Uma questão adicional abordada foi o impacto das políticas públicas ambientais para o crescimento econômico do Bioma estudado. O modelo básico e o com a inserção da *dummy* política ambiental apresentam a relação CKA na forma de "N" invertido, indicando que a área desmatada anual é maior para baixos níveis de PIB per capita, sendo decrescente à medida que o PIB aumenta, depois volta a crescer, e para níveis de renda mais elevados, torna-se decrescente. A variável política pública não foi considerada significativa em 5%. Dessa forma, é preciso que se instituem políticas ambientais específicas ao bioma, de tal forma que fortaleçam as práticas de convivência. Além disso, os resultados mostram diferentes relações entre desmatamento e PIB municipal, assim como diferentes relações do desmatamento com as demais variáveis explicativas, notificando a presença de efeitos espaciais heterogêneos.

**Palavras-chave:** Desmatamento. Caatinga. Dados em painel. Efeitos Fixos. Política ambiental.

## ABSTRACT

Environmental problems happen when it interferes with any part or phase of an ecosystem by changing it. In Brazil, deforestation caused by hot spots makes the country a major emitter of carbon dioxide, one of the gases causing the greenhouse effect. There is a concern that, with the progress of development, the pressure on the environment increases. When looking at the *Caatinga* biome, one realizes that it is endemic and the importance it is given by presenting a diverse flora and fauna and their degradation causes, and the loss of biodiversity, defragmentation of the formation of the region. Within this context, this study investigated the hypothesis of the Environmental Kuznets Curve (EKC) for the *Caatinga* biome, in the municipalities of the state of Pernambuco, that is, if there is a relationship in the form of inverted "U" between environmental degradation index (deforested area in hectares) and economic growth (indicated by GDP), at the municipal level, in the period 2002-2008 using a model for panel data. The econometric results indicate the presence of unobserved effects and are more suitable for estimating fixed effects. A further issue addressed was the impact of environmental public policies for the economic growth of the studied biome. The basic model and with the insertion of *dummy* environmental policy have the EKC relationship as "N" inverted, indicating that the annual deforested area is larger for low levels of GDP per capita, and decreasing as the GDP increases, then to grow back, and higher income levels, it is decreasing. Public policy variable was not considered significant at 5%. Thus, it is necessary to institute specific environmental policies to the biome, so that strengthen coexistence practices. In addition, the results show different relationships between deforestation and municipal GDP, as well as different relations of deforestation with other explanatory variables, notifying the presence of heterogeneous spatial effects.

**Keywords:** Deforestation. Caatinga. Panel data. Fixed Effects. Environmental policy.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Relação entre degradação ambiental e renda.....	27
Figura 2 - Mapa da Caatnga .....	30
Figura 3 - Testes de Especificação dos Modelos de Dados em Painel.....	46

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Estado de Pernambuco – 2013 .....	37
Mapa 2 - Análise Geral Desmatamento.....	60
Mapa 3 - Desmatamento 2002 - 2009 .....	61
Mapa 4 - Desmatamento 2002.....	63
Mapa 5 - Desmatamento – Anos Estudados.....	64
Mapa 6 - Representação por <i>dot</i> para Desmatamento .....	65

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação dos Interceptos Modelo Básico x Modelo Expandido.....	58
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Histórico de desmatamento na Caatinga (2002 - 2009) .....	33
Tabela 2 - Taxa de Crescimento do PIB .....	35
Tabela 3- Modelo Básico Econométrico em Paineis .....	50
Tabela 4 - Modelo Expandido Econométrico em Paineis.....	50
Tabela 5 - Modelo Básico.....	52
Tabela 6 - Modelo Expandido .....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados de Estudos de CKA para CO <sup>2</sup> .....	28
Quadro 2 - Variáveis selecionadas .....	49

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1	Crescimento Econômico e Degradação Ambiental: Referencial Teórico.....	22
2.2	Bioma Caatinga: Características Socioeconômicas e Ambientais.....	29
2.2.1	Desmatamento do Bioma Caatinga.....	31
2.2.2	Pernambuco e o bioma Caatinga.....	34
2.3	Estudos empíricos sobre CKA e Desmatamento.....	38
3	METODOLOGIA.....	40
3.1	Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA).....	40
3.2	Procedimentos Metodológicos: Modelos de Dados em Painel.....	40
3.2.1	Especificação do Modelo com Dados em Painel.....	42
3.3	Estimação dos Modelos com Dados em Painel.....	44
3.3.1	Poolability Test.....	44
3.3.2	Efeitos Aleatórios ou Efeitos Fixos.....	45
3.4	Modelo Empírico.....	47
3.4.1	Base de Dados.....	47
3.4.2	O Modelo.....	49
4	MODELOS ECONÔMETRICOS: ESTIMAÇÃO E ANÁLISE.....	51
4.1	Modelo Econômetro Básico.....	51
4.1.1	Modelo Econômetro Expandido.....	54
4.2	Representações Gráficas.....	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
	ANEXO A – DIAGNÓSTICO DE PAINÉIS.....	72



## 1 INTRODUÇÃO

Na literatura, o conceito de meio ambiente se apresenta amplo, multifacetado e flexível. Amplo por poder englobar tanto a natureza, como a sociedade, multifacetado porque pode ser analisado em diferentes perspectivas e flexível porque o conceito pode ser reduzido ou ampliado, de acordo com a necessidade do estudo.

Legalmente, o meio ambiente é um bem de uso comum do povo e de direito de todos, ou seja, meio ambiente é elemento fundamental na interação entre os atores sociais da sociedade (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988).

Seguindo uma visão ecodesenvolvimentista, Coimbra (1985) afirma que o meio ambiente é o conjunto dos elementos físico-químicos, ecossistemas naturais e sociais em que se insere o homem, individual e socialmente, num processo de interação que atenda ao desenvolvimento das atividades humanas, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais do entorno, dentro de padrões de qualidade definidos.

Sánchez (2008), por sua vez, alega que o conceito precisa ser visitado por duas óticas, a primeira é a de que o ambiente é o meio no qual a sociedade extrai os recursos para a sua sobrevivência, além dos recursos demandados pelo processo de desenvolvimento socioeconômico. A segunda ótica é direcionada na perspectiva de que o meio ambiente é também o meio de vida, de cuja probidade depende a manutenção de funções ecológicas essenciais à vida. É nítido que o conceito de ambiente oscila entre dois polos: o fornecedor de recursos naturais e o meio de vida, sendo que ambas são visões de um único *continuum*, a realidade. O ambiente então, não se define apenas como um meio a defender, a proteger, ou mesmo a conservar intacto, mas também como potencial de recursos que permite renovar as formas materiais e sociais do desenvolvimento (GODARD, 1997).

Diante da evolução histórica da humanidade, desde os primórdios passando pela Revolução Industrial dos séculos XVIII e pela Revolução Tecnológica do século XX observa-se que, no início, o relacionamento ambiental do homem com a natureza se processava plenamente; o homem era caçador-coletor, satisfazendo-se em aproveitar os alimentos que a natureza lhe punha a disposição. Já no período revolucionário, o homem ampliou os seus conhecimentos e, por sua vez, a sua agressividade em relação ao meio ambiente. O progresso tecnológico deu ao homem moderno maior poder de agressão, evidenciando a partir deste momento, o agravamento dos problemas ecológicos e ambientais.

Os problemas ambientais acontecem quando se interfere em qualquer parte ou fase de um ecossistema<sup>1</sup>, alterando-o. Isso desequilibra o que a natureza desenvolveu durante toda a evolução daquele sistema. Como se pode deduzir, qualquer intervenção sobre um ecossistema provoca consequências secundárias que podem ser temporárias ou permanentes, em vários graus de amplitude e intensidade. Em alguns casos, isso pode ser prognosticado, mas também ocorrem imprevistos, pois a complexidade dos ecossistemas geralmente é grande e nem tudo sobre eles são conhecidos.

A degradação ambiental pode ser caracterizada como um problema de impacto negativo sobre o meio ambiente. Conforme Dias (1998), a degradação ambiental se refere a alterações das condições naturais, afetando o uso dos recursos naturais e reduzindo a qualidade de vida das pessoas. O autor ainda afirma que a degradação é um conceito atribuído às mudanças na vegetação, no solo, nos recursos hídricos, resultantes da ação tanto do homem quanto do clima.

Dentro desta temática, a degradação dos solos é uma das atividades mais problemáticas para o Brasil e pode ser analisada por aspectos químicos, físicos e biológicos. Nesse ambiente, a degradação química se dá pela salinização, acidificação, adubação pesada, contaminação por agrotóxicos e metais pesados. A degradação física do solo é tida pela compactação por máquinas agrícolas, pisoteio excessivo, erosão laminar, por sulcos e eólica e, por fim, tem-se por degradação biológica o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica pelo revolvimento excessivo dos solos, plantas exóticas invasoras<sup>2</sup> e perda da fertilidade pelas monoculturas devido à utilização constante de determinados nutrientes dos solos.

No semiárido brasileiro, as especificidades climáticas, a escassez e a distribuição irregular das chuvas na Caatinga<sup>3</sup>, associadas ao modelo de ocupação territorial e

---

1 Ecossistema é uma unidade que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto (comunidade biótica) em uma área, interagindo com o ambiente físico e criando um fluxo de energia com estruturas bióticas interligadas através da cadeia alimentar, constituída de um ciclo de materiais entre as partes vivas e não vivas, com uma sequência fundamental de atividades na seguinte ordem: recepção de energia; produção primária de matéria orgânica por organismos vegetais; consumo desta matéria pelos consumidores e sua ulterior elaboração; decomposição da mesma em seus componentes inorgânicos; transformação destes em formas aproveitáveis para a nutrição dos produtores. Os ecossistemas naturais como as florestas nativas podem ser considerados estáveis e autossuficientes, pois todas as etapas de ações ocorrem dentro deles (DIAS, 1998).

2 A algaroba (*Prosopis juliflora*), planta exótica encontrada em larga escala na Caatinga, rebaixa o lençol freático nas aluviões dos rios no semiárido nordestino e impede o surgimento de plantas nativas através do efeito alelopático.

3 Caatinga é um substantivo feminino (portanto, escrito com letra minúscula), e aparece aqui ora com a inicial 'c' maiúscula, ora minúscula. Justifica-se a distinção pelo fato de a palavra ser empregada tanto para denominar o tipo de vegetação e a região onde aparece, como quando se fala do bioma, "grande comunidade estável e desenvolvida, e geralmente caracterizada por um tipo principal de vegetação". Nessa situação

desenvolvimento econômico, contribuíram para a deflagração dos processos de desmatamento e desertificação do bioma. De acordo com a publicação dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS (IBGE, 2012), o bioma teve cerca de 54% de sua área desmatada até o ano de 2009. Em relação aos estados onde isso ocorre, Alagoas é o mais afetado, com aproximadamente 82% de sua área de vegetação desmatada, enquanto Piauí é o menos desmatado (31%).

O sistema agropastoril exerce uma grande pressão sobre a cobertura vegetal no bioma e essa pressão varia de intensidade em função da localização, estrutura e tamanho dos remanescentes. As estimativas de perda de habitat de Castelletti et al. (2004) mostraram que os remanescentes da Caatinga não se constituem em uma única área, mas estão distribuídos em muitos fragmentos de diferentes tamanhos. Atualmente, o bioma apresenta 1% de área protegida por Unidade de Conservação de Proteção Integral e 6,4% de área protegida por Unidade de Conservação de Uso Sustentável. Observa-se, então, que a Caatinga padece de fortes pressões antrópicas decorrentes de dois processos: o desenvolvimento e a modernização da economia sem o prévio conhecimento das vulnerabilidades e potencialidades ambientais, por um lado, e, pelo outro, pela pobreza (CENÁRIOS, 2008, p.49).

Em contrapartida, tem-se que a perspectiva do avanço do desenvolvimento da sociedade não necessariamente conduz à degradação ambiental. Essa afirmação revela a essência do conceito de desenvolvimento sustentável proposto no relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão Mundial para o Meio Ambiente (conhecido como relatório Bruntland), em 1987. Entende-se que está em curso um processo de transformação em que a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam para atender as necessidades e aspirações humanas sem comprometer o potencial presente e futuro (OLIVEIRA, 2009).

Esse novo padrão de desenvolvimento indicado pelo relatório “Development and Environment” do IBRD (1992) é similar ao sugerido por Kuznets em 1955, em que, em períodos iniciais do desenvolvimento econômico, a desigualdade econômica aumenta, para depois decair com o avanço econômico. Esse padrão, aplicado a indicadores de degradação do meio ambiente e é conhecido como a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). O

---

específica, convencionou-se adotar a inicial maiúscula. O Nordeste semiárido, o polígono das secas, a região semiárida do Fundo Constitucional do Nordeste – FNE e o bioma Caatinga são categorias com idêntica sinonímia, por tratarem de problemas com raízes semelhantes: as secas e a fragilidade econômica e ambiental dos espaços submetidos à escassez e à distribuição irregular das chuvas em amplas porções do território do Nordeste. Dessa forma e para fins metodológicos, optou-se por seguir a delimitação do bioma Caatinga feita pela Fundação Biodiversitas, também adotada pela The Nature Conservancy do Brasil e Associação Plantas do Nordeste, com a atualização do projeto “Cenários para o Bioma Caatinga”.

formato característico da CKA é o de “U” invertido, embora sejam também encontradas referências a um formato linear crescente, linear decrescente e em forma de “N” (DE BRUYIN et al., 1998).

A hipótese da Curva de Kuznets Ambiental tem sido amplamente testada para diversos indicadores de degradação ambiental, em diferentes contextos temporais e espaciais. Além de ser aplicado a emissões de poluentes, o indicador de degradação ambiental considerado pela CKA pode também contemplar o desmatamento. A abrangência geográfica para a qual a CKA é investigada também é bastante diversa: análises entre países, nacionais, regionais e microrregionais podem ser encontradas nos trabalhos empíricos (OLIVEIRA, 2009).

No entanto, para o Brasil, uma parte significativa da literatura empírica é dedicada ao estudo do desmatamento na região amazônica e cerrado, deixando em segundo plano o estudo da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental para o bioma Caatinga. Dentre as justificativas, destaca-se a heterogeneidade dos aspectos morfoclimáticos, regiões em que as atividades econômicas não dependem do bioma diretamente – regiões centradas no setor de serviços – e a escassa disponibilidade de dados disponíveis.

Por exemplo, numa série de obras Pfaff (1999, 2006 e 2007) investigou o papel de um número de variáveis socioeconômicas no desmatamento da Amazônia. Mais especificamente, na Mata Atlântica (YOUNG, 2002; NEVES, 2006) observou-se que houve uma correlação entre o crescimento populacional e do desmatamento, enquanto que para Cerrado, grande parte das evidências apontam para a existência de uma CKA (KAMOGAWA, 2008; COLUSSO, 2012).

Dentro desse contexto, este trabalho busca identificar uma relação entre crescimento econômico e desmatamento do bioma Caatinga, como sugerida pela Curva de Kuznets Ambiental.

O bioma Caatinga é endêmico e a importância dele é dada por apresentar uma singular e diversificada fauna e flora, sendo que a sua degradação ocasiona, além da perda da biodiversidade, a desfragmentação da história da formação da região. No entanto, mesmo sendo a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional, os esforços são escassos na conservação da heterogênea paisagem da Caatinga.

É verdade que a realidade do bioma Caatinga vem passando por um nítido e inegável processo de mudança. Para observar essas transformações, é necessário analisar pela perspectiva das políticas públicas pois, são nelas que residem a preocupação crucial de orientar os agentes locais à valorização de seus ativos ambientais e à transformação de sua relação com o território tendo em vista, sobretudo, as ameaças representadas pelas mudanças

climáticas, por exemplo. Assim, o modelo também acrescenta uma variável *dummy* como determinante das políticas públicas ambientais para a estimação de uma CKA para o bioma Caatinga, com ênfase na determinação do papel das políticas públicas ambientais sobre o desmatamento.

Com o intuito de dirimir tais justificativas, este estudo propõe uma análise dos 103 municípios do estado de Pernambuco, pois a heterogeneidade morfoclimática é menor se comparada a todo o Nordeste e os municípios apresentam atividades econômicas com o uso do bioma direta e indiretamente. Os dados obtidos para análise foram coletados pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) – Caatinga, executado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no período compreendido entre 2002 e 2009.

Por fim, até a finalização deste estudo, não há correspondente em estudos anteriores a investigação de uma CKA que considera o bioma Caatinga em toda sua extensão através de uma análise em painel. Com isso, poderá ser avaliado se um modelo econométrico de painel de dados é adequado à estimação de uma CKA para o desmatamento do bioma Caatinga.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo tem como objetivo a revisão da literatura a respeito dos modelos de desmatamento que envolve a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Neste intuito, o capítulo está organizado da seguinte forma: (2.1) trata do referencial teórico que embasa a discussão sobre crescimento econômico e degradação ambiental (em especial o desmatamento); após esta seção, destaca-se o (2.2) bioma Caatinga com as características socioeconômicas e ambientais, e, dentro desta seção, o (2.2.1) desmatamento do bioma Caatinga, em seguida, (2.3) apresenta estudos empíricos sobre CKA e Desmatamento.

### **2.1 Crescimento Econômico e Degradação Ambiental: Referencial Teórico**

O processo natural de evolução da humanidade acarretou diversas mudanças, sendo elas de ordem política, social, econômica e, sobretudo, ambiental. A sociedade está intimamente ligada com a natureza e toda a concepção humana se submete a mesma. De outra forma, o desenvolvimento da sociedade trouxe consigo transformações no meio ambiente e essas transformações foram apresentadas, principalmente, pelo progresso tecnológico que impulsionou o aprimoramento do uso do meio ambiente e conseqüentemente trouxe a sua degradação.

O crescimento do debate acerca da questão ambiental pode ser demonstrado através de alguns marcos. O primeiro grande marco é o livro “Primavera Silenciosa”, da bióloga Rachel Louise Carson, publicado nos Estados Unidos, em 1962, que alertava sobre os efeitos do uso de pesticidas no sistema reprodutivo de pássaros, tendo obtido bastante repercussão na opinião pública (OLIVEIRA, 2009).

O segundo marco é o relatório “Limites do Crescimento ou Relatório de Meadows” publicado em 1972. O relatório foi o resultado do trabalho de investigação realizado por uma equipe do Massachusetts Institute of Technology (MIT) coordenada por Donella Meadows, a pedido do Clube de Roma, uma associação informal de empresários, estadistas e cientistas. O referido Relatório, conhecido também por Relatório de Roma, trata essencialmente de problemas cruciais para o futuro do desenvolvimento da humanidade tais como: energia, poluição, saneamento, saúde, ambiente, tecnologia, crescimento populacional, entre outros. Utilizando modelos matemáticos, o MIT chegou à conclusão que o Planeta Terra não suportaria mais o crescimento populacional devido à pressão sobre os recursos naturais e

energéticos e o aumento da poluição, mesmo considerando o avanço das tecnologias. A única solução seria o crescimento zero, devendo permanecer as nações subdesenvolvidas no patamar em que se encontravam, em prol da sobrevivência do planeta.<sup>4</sup>

Para debater tais ideias, foi convocada pela ONU a Conferência de Estocolmo, em 1972, o terceiro marco. O Brasil teve participação ativa, pois trazia, pela primeira vez, a ideia de que a pobreza é degradadora de recursos ambientais. Assim, o país defendia o desenvolvimento econômico e social, e se opunha ao discurso vigente do não crescimento como solução – Relatório de Meadows (OLIVEIRA, 2009).

O quarto marco é o relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), encomendado pelas Nações Unidas e coordenado pela primeira-ministra norueguesa Gro Bruntland – “Relatório Bruntland”, publicado originalmente em 1987. O relatório apresenta a possibilidade de crescimento econômico apoiado em práticas que possam conservar e expandir a base de recursos naturais dos países. A ideia de que é possível conciliar crescimento e meio ambiente é definida por meio do conceito de desenvolvimento sustentável (p.49):

É um processo de transformação no qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (CMMAD, 1991).

O quinto marco é a realização da RIO-92, como ficou conhecida a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, ou Cúpula da Terra. Com a participação de 179 chefes de Estado e grande mobilização da sociedade civil. A Conferência teve como resultado a reafirmação do conceito de desenvolvimento sustentável e a aprovação ou avanço de importantes documentos que evidenciam o compromisso dos países com o meio ambiente: a Convenção de Mudanças Climáticas, a Convenção de Diversidade Biológica, a Agenda 21, o Protocolo de Florestas, a Declaração do Rio de Janeiro, e a Carta da Terra, concluída posteriormente (OLIVEIRA, 2009).

O sexto marco se refere a um marco institucional (governança institucional), a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – RIO+20.

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável Rio+20 tem como objetivos “assegurar a renovação dos compromissos políticos dos países com o

---

<sup>4</sup> O relatório teve duas novas atualizações: Beyond the Limits. Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future (1993) e Limits to Growth. The 30-Year Update (2004).

desenvolvimento sustentável, avaliar os progressos alcançados até o momento e as lacunas ainda existentes na implementação das decisões das reuniões anteriores, assim como tratar desafios novos e emergentes”. (IPEA, 2012).

Dentro dessa perspectiva ambiental, o debate que cerca a questão crescimento e meio ambiente tem história recente. Hotteling (1931) observou que a contemplação do crescimento econômico provocava escassez dos recursos exauríveis, gerando o movimento conservacionista. Mishan (1967) apontou que um dos custos – consequência – do crescimento econômico era a degradação exacerbada dos recursos naturais, Solow (1974) explicou que mesmo um país com um nível tecnológico e uma reserva de recursos esgotáveis considerável, ou até mesmo um padrão de vida elevado, a preferência da sociedade se dava para o consumo dos recursos até o ponto da sua extinção, desconsiderando a possibilidade de deixar os recursos para as outras gerações.

Forster (1973) e Gruver (1976) registraram a forma como o crescimento econômico se processa, considerando diferentes aspectos das limitações impostas pelo meio ambiente, os quais enfocaram a presença de efeitos ambientais indesejáveis e a consequente introdução do controle da poluição no modelo de crescimento neoclássico. E quanto à utilização dos recursos naturais, Heal e Dasgupta (1975) exploraram a teoria do crescimento neoclássico observando as implicações que ocorreriam nesse modelo com a existência dos recursos exauríveis. Stiglitz (1974) também observou a dinâmica do crescimento econômico neoclássico com a inserção dos recursos naturais e afirmou que estes, quando essenciais numa economia, crescem a taxas decrescentes e que dependem da magnitude da importância destes recursos para a economia de uma sociedade. Smith (1977) e Kamien e Schwartz (1978) também abordaram a importância dos recursos naturais, enfatizando a presença desses recursos em modelos de crescimento econômico.

De acordo com o relatório "Development and Environment" (IBRD, 1992), o rápido e recente desmatamento das florestas remonta uma época anterior das nações industrializadas, quando um terço das florestas temperadas foi desmatado para agricultura, construção e combustível (lenha). Atualmente, os países industrializados apresentam taxas declinantes para o desmatamento (IBRD, 2012). Esse processo de estabilização já havia sido estudado por Rostow (1956), em que o mesmo explica que o declínio do desmatamento era percebido em economias no percurso final do estágio de crescimento econômico.

Rostow (1956) explicou que o crescimento econômico de uma sociedade era dividido em três estágios: a sociedade tipicamente tradicional, a sociedade em fase de “arranque” e a



sociedade “pós-arranque”. O autor descreveu o arranque como uma situação em que a sociedade tivesse, em um dos setores da economia, uma revolução tecnológica e, aliado a isso, o surgimento de uma classe política ou social que impulsionasse o crescimento. O autor explicava que as diferenças – desigualdades – entre os países seriam justificadas por estarem em diferentes estágios de crescimento econômico.

Crítico da teoria proposta por Rostow (1956), Simon Kuznets (1965) alegou que Rostow não caracterizou as fases claramente (empiricamente) e propôs uma análise significativamente impossível. A discordância de Kuznets (1965) não era sobre o valor e a legitimidade de uma tentativa de sugerir algum padrão de ordem na experiência de crescimento econômico moderno de diferentes países. Pelo contrário, Kuznets partilhava do pensamento sobre a necessidade de ir além da descrição qualitativa e quantitativa para o uso da evidência para um grande número de países e em longos períodos, em combinação com ferramentas de análise e hipóteses imaginativas, para sugerir e explicar alguns padrões comuns (KUZNETS, 1965). O argumento de Kuznets era apenas que Rostow não tinha sucedido nessa empreitada: a teoria de Rostow não caracteriza claramente estágios e sua descrição do “arranque” não estava de acordo com o observado em países desenvolvidos.

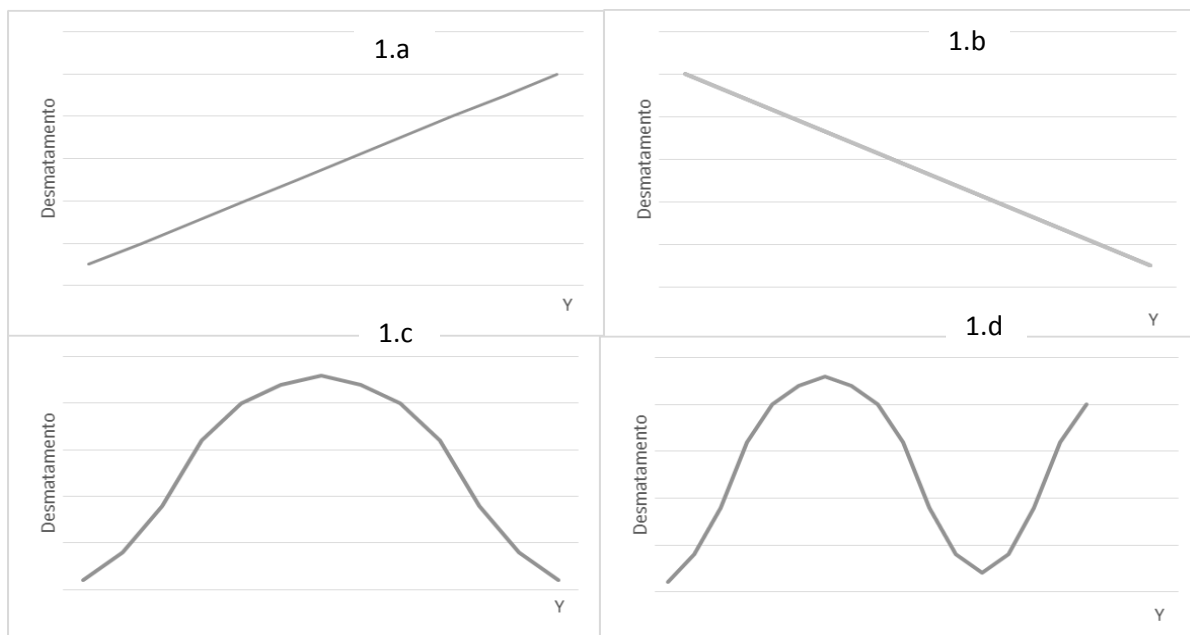
Kuznets, em *'Economic Growth and Income Inequality'* (1954), propôs o crescimento econômico como um aumento sustentado da renda per capita ou do produto por trabalhador, na maioria das vezes acompanhadas por um aumento na população e geralmente por mudanças estruturais. Uma parte importante do trabalho de Kuznets em crescimento consistia em um exame e análise das características e padrões de crescimento econômico moderno, com vista a compreender a sua natureza e causa a fim de torná-la mais facilmente compreensível. Ainda neste ensaio, Kuznets avaliou os dados para os Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha, e timidamente concluiu que existe uma estabilidade a longo prazo, seguido por uma certa redução da desigualdade da renda. Uma tentativa de explicação encontrada por Kuznets (1956) considera a existência de uma relação não-linear entre desigualdade de renda e crescimento econômico: nos estágios iniciais de crescimento econômico, a desigualdade seria crescente, e acima de um determinado nível de renda per capita, a desigualdade tenderia a ser decrescente. Isto leva a uma hipótese sobre o padrão de desigualdade de renda nos países em desenvolvimento, mais tarde chamado de Curva de Kuznets: um aumento inicial seguido de uma diminuição da desigualdade de renda distribuição, configurando um U invertido.

Wang, Liu e Wilson (2007) associam a teoria de Rostow das etapas de desenvolvimento ao formato de "U" invertido para a curva que relaciona indicadores de degradação ambiental à renda per capita. Essa relação conjuga, além da teoria proposta por Rostow, a hipótese de Kuznets.

No entanto, a hipótese é adaptada para o meio ambiente, conhecida como Curva de Kuznets Ambiental. Essa adaptação da hipótese de Kuznets para indicadores de impacto ambiental remonta ao trabalho de Grossman e Krueger (1991). Nesse trabalho, Grossman e Krueger (1991) analisam algumas das evidências empíricas dos impactos ambientais prováveis devido à criação da NAFTA (North American Free Trade Agreement) para os Estados Unidos e México e, chegam a conclusão que os impactos ambientais de qualquer acordo de liberalização comercial em qualquer país depende não apenas do efeito da política ambiental mudar segundo a escala da atividade econômica, mas também, sobre as mudanças na composição inter-setorial da atividade econômica e das tecnologias que são usadas para a produção de bens e serviços. Sendo assim, com o aumento da atividade econômica – crescimento econômico e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida – ocasionaria um anseio pelo uso de tecnologias limpas e de políticas ambientais mais restritas.

A hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) descreve uma relação de degradação ambiental crescente em regiões em desenvolvimento, com renda per capita baixa, porém, ao alcançar patamares tecnológicos superiores, aliados a mudanças na estrutura produtiva e políticas de proteção ambiental, haveria menor pressão ambiental e os indicadores de degradação ambiental passariam a apresentar queda para níveis de renda mais elevados, caracterizando uma curva com formato de "U" invertido (STERN, 2004) (Ver Figura 1.c). Caso a hipótese seja confirmada, a conclusão é de que o crescimento econômico pode levar, sim, à melhoria do meio ambiente, o que se alinha com o conceito de desenvolvimento sustentável que emergiu com o relatório "Nosso Futuro Comum" (1991).

Figura 1 - Relação entre degradação ambiental e renda



Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

Uma explicação alternativa para que os países desenvolvidos possam exibir a fase decrescente da curva ambiental de Kuznets (Figura 1.c) foi buscada no campo institucional por Jones e Mannueli (1995). Eles argumentam que as instituições tomadoras de decisões na área ambiental, nos países desenvolvidos, seriam as responsáveis pela internalização das externalidades ambientais e, portanto, responsáveis pela diminuição da poluição gerada nesses países. A qualidade dessas instituições poderia, inclusive, gerar um formato contrário que fosse diferenciado do representado pela curva ambiental de Kuznets (OLIVEIRA, 2009).

Recentemente, Culas (2007) verificou a relação entre desmatamento e renda, sob a hipótese da CKA, e os impactos que fatores institucionais teriam sobre essa relação. Para tanto, examinou 14 países em desenvolvimento da América Latina, Ásia e África no período entre 1972 e 1994. Brajer et al. (2008) testaram a existência de uma Curva de Kuznets Ambiental para cidades da China, em um painel de dados para os anos de 1990 a 2004, relacionando a emissão de  $\text{SO}_2$  e PIB per capita. O modelo utilizou como variáveis explicativas o PIB per capita e suas formas quadrática e cúbica, a densidade demográfica, uma variável *dummy* para verificar se a cidade se localiza no Norte e uma variável *dummy* para averiguar se a cidade se localiza na região costeira. Todos os modelos testados apresentaram significância estatística e os devidos sinais esperados, indicando a presença da CKA. Os resultados apresentam não só a forma em “U” invertido, mas também, quando testada a forma cúbica da renda, a forma em “N” (COLUSSO, 2012).

Carvalho e Almeida (2010) buscaram relacionar crescimento econômico e aquecimento global, sob a hipótese da CKA, para 187 países em um corte temporal para o ano de 2004 utilizando-se do método econométrico espacial. Estimaram uma CKA para emissões de CO<sub>2</sub> per capita (como variável dependente), PIB per capita e sua forma quadrática (e, posteriormente, incluíram sua forma cúbica), exportações per capita, consumo de energia per capita e uma variável *dummy* para países que ratificaram o Protocolo de Kyoto. Os resultados obtidos pelos autores inicialmente apontaram para uma curva em forma de “U” invertido, sugerindo que o aumento da renda poderia trazer reduções na emissão de poluição. Ao adicionar a forma cúbica da variável PIB per capita, os autores verificaram que a continuidade do crescimento da renda não garantia a continuidade da melhora na degradação ambiental (configurando assim uma CKA na forma de “N” como esperado).

Nota-se que a análise da bibliografia é de grande quantidade de trabalhos empíricos sobre a CKA relacionando o crescimento econômico com a emissão de gases poluentes atmosféricos (como CO<sub>2</sub> e outros gases) – o que se deve, muito provavelmente, ao fato de essa se tratar da relação original feita no trabalho pioneiro de Grossman e Krueger (1991) – e a pouca quantidade de trabalhos que consideram o desmatamento de biomas como variável de interesse. Alguns trabalhos no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Resultados de Estudos de CKA para CO<sub>2</sub>

Autor	Melhor Ajuste	<i>Turning-point</i> <sup>a</sup>	<i>Time-trend</i> <sup>b</sup>	Densidade Populacional <sup>b</sup>	Grau de Abertura <sup>b</sup>
Shafik & Bandyopadhyay (1992); Shafik (1994)	Positivo Linear	-	Negativo	-	-
Grossman & Krueger (1993)	Positivo Linear	-	Negativo	Positivo	Negativo
Grossman & Krueger (1995)	Positivo Linear	-	Negativo	Positivo	-
Selden & Song (1994)	“U” invertido	2.319	Negativo	Negativo	-

Fonte: Kamogawa (2003).

Tal escassez reforça a necessidade de maior investigação empírica da questão e incentiva a pesquisa desse presente estudo a averiguar a relação entre o desmatamento do bioma Caatinga e o crescimento da região em que ele se encontra.

## 2.2 Bioma Caatinga: Características Socioeconômicas e Ambientais

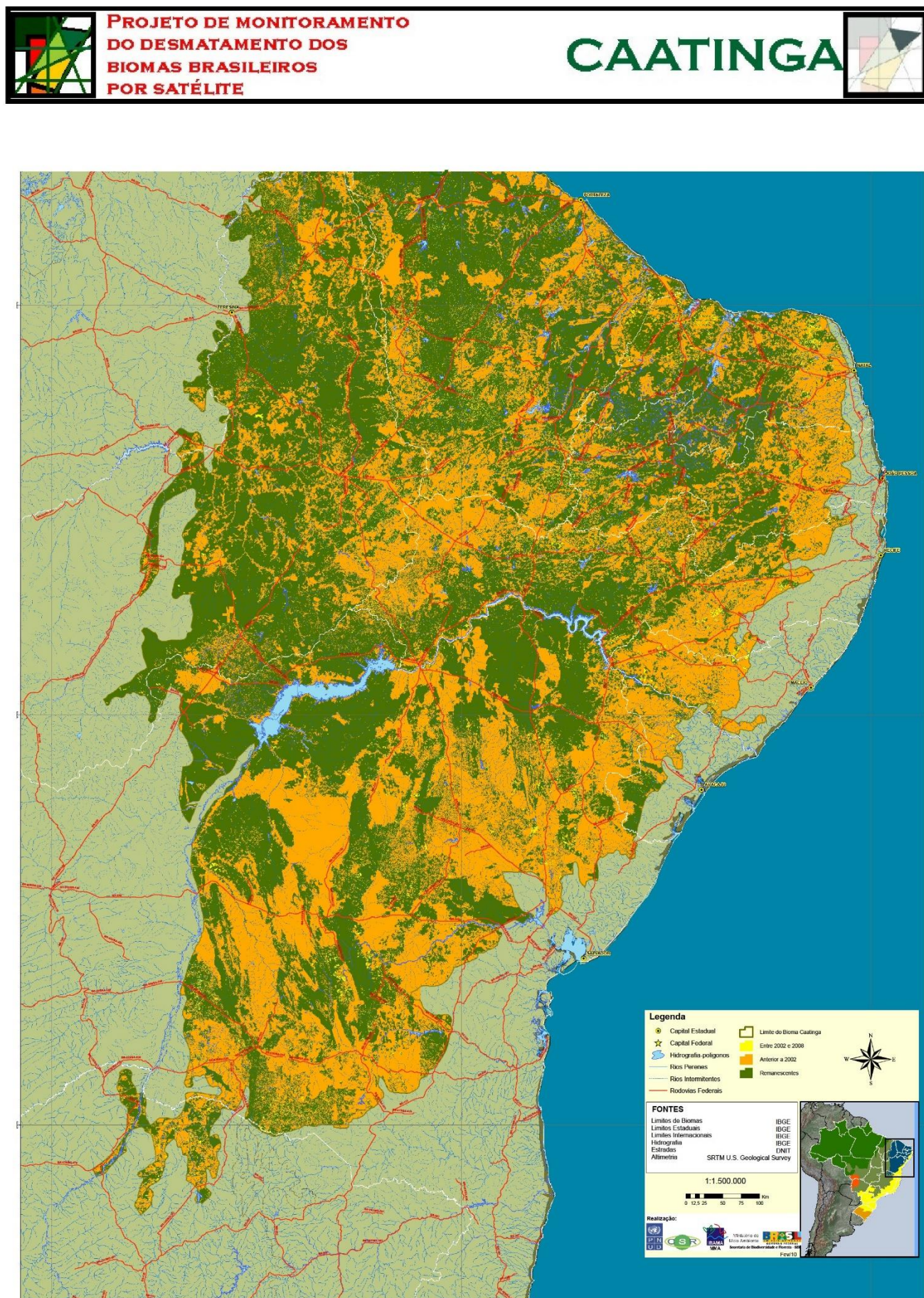
O Nordeste do Brasil tem uma área de aproximadamente 1.542.248 km<sup>2</sup> (IBGE, 1998), onde o domínio semiárido cobre mais de 750.000 km<sup>2</sup> (Ab´Saber, 1977). Este domínio ocupa cerca de 10% do território nacional e abriga mais de 23 milhões de pessoas (MMA, 2009). De acordo com Araújo et al. (2005), devido à heterogeneidade do relevo, clima e solo, dois tipos fisionômicos de vegetação dominam a área semiárida, as não florestais e as florestais. Ainda de acordo com esses autores, as fisionomias não florestais são representadas principalmente pela vegetação lenhosa caducifólia espinhosa (Savana Estépica *Sensu* Veloso et al., 1991), regionalmente denominada de “Caatinga”, encaves de cerrado (savana) e carrasco (vegetação arbustiva densa caducifólia não espinhosa).

Caatinga (do tupi: caa (mata) + tinga (branca) = mata branca) é o único bioma exclusivamente brasileiro, o que significa que grande parte do seu patrimônio biológico não pode ser encontrado em nenhum outro lugar do planeta. (UNISINOS, 2012) Este nome decorre da paisagem esbranquiçada apresentada pela vegetação durante o período seco: a maioria das plantas perde as folhas e os troncos tornam-se esbranquiçados e secos. Ocupando cerca de 850 mil Km<sup>2</sup>, é o mais fragilizado dos biomas brasileiros. O uso insustentável de seus solos e recursos naturais ao longo de centenas de anos de ocupação, associado à imagem de local pobre e seco, fazem com que a Caatinga esteja bastante degradada. Entretanto, pesquisas recentes (RODRIGUES, 2013; PEREIRA JUNIOR, 2014, MELO, 2013) vêm revelando a riqueza particular do bioma em termos de biodiversidade e fenômenos característicos.

A vegetação de Caatinga abrange em grande parte todos os estados da região Nordeste do Brasil (Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão) e o norte de Minas Gerais, sendo este localizado na região Sudeste, conforme evidencia a Figura 2.



Figura 2 - Mapa da Caatinga



Fonte: MMA (2009).

O domínio da Caatinga apresenta uma forte irregularidade climática, e seus valores meteorológicos são os mais extremos do país: a mais forte insolação, a mais baixa nebulosidade, as mais altas médias térmicas entre 25° e 30° C, as mais elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, os mais baixos índices pluviométricos, em torno de 500 a 700 mm anuais, com grande variabilidade espacial e temporal (LOIOLA et al., 2012).

Considerando as diferentes fisionomias, a Caatinga possui um patrimônio biológico bastante diversificado e uma riqueza inestimável de espécies vegetais e animais (MMA, 2004). Quando comparado com outras regiões semiáridas do mundo, a diversidade biológica da Caatinga é extremamente significativa (SILVA, 2003).

### **2.2.1 Desmatamento do Bioma Caatinga**

Destaca-se que essa vegetação é uma das que mais sofre com as pressões antrópicas no Brasil e, em 2008, foi verificado que aproximadamente 45% da sua vegetação original já havia sido desmatada (Loiola et al., 2012). Neste sentido, as pressões antrópicas podem ser caracterizadas pelo crescimento e modernização da economia sem prévio conhecimento das vulnerabilidades e potencialidades ambientais, por um lado, e, de outro, pela pobreza.

Os impactos causados pela ação humana são visualizados por intermédio de processos erosivos (ação dos ventos e a ação das gotas de chuva sobre o solo exposto em razão da ausência da camada protetora), que reduzem o solo, carregando-o, para riachos, rios e açudes da área do bioma. Também podem ser vistos pela perda ou definhamento da vegetação, processo particularmente perceptível nas áreas de caatinga alta, como por exemplo o Sertão do Araripe e na Serra do Triunfo em Pernambuco, em terras do Piauí, Ceará e na Chapada da Diamantina, na Bahia (CENÁRIOS, 2004).

O desmatamento representa uma das principais consequências do processo produtivo regional, uma vez que as atividades são desenvolvidas sem o manejo adequado da Caatinga. Isto se dá, em parte, devido à alta demanda socioeconômica por recursos naturais, tais como: lenha; solos para a agricultura e a pecuária; água para dessedentação de animais e abastecimento, bem como irrigação; recursos minerais; áreas para a construção de rodovias<sup>5</sup>, entre outros e, demanda ecológica para atendimento das necessidades de manutenção do equilíbrio do meio natural.

---

<sup>5</sup> A infraestrutura econômica, especialmente a rodoviária, promoveu alterações consideráveis ao meio ambiente, merecendo destaque, ao mesmo tempo, as produzidas como resultado da exploração agropecuária (CENÁRIOS, 2004).

O superpastoreio contribui, por exemplo, com a destruição da cobertura do solo, além de causar sua compactação, o que dificulta as práticas agrícolas. A desestruturação dos solos desencadeia, ainda, a aceleração dos processos morfogênicos, gerando, por sua vez, a aceleração dos processos erosivos.

O uso da lenha e do carvão mineral se mantém importante em todo o bioma, visando garantir fonte energética barata (setor industrial e domiciliar). No entanto, existe concentração de demanda em polos regionais ligados à mineração e às atividades que são desenvolvidas dentro do setor de infraestrutura. A retirada da vegetação interfere também no processo de recarga dos lençóis freáticos, pois a água, infiltrada em uma superfície desprovida de cobertura vegetal, terá velocidade superior, atingindo com mais força o solo com escassa ou nenhuma cobertura vegetal (CENÁRIOS, 2004).

A partir da quantificação das áreas desmatadas, foram elaborados mapas e estatísticas contendo a distribuição do desmatamento no Bioma, em especial nos estados e municípios, nas regiões hidrográficas, nas unidades de conservação federal e nas terras indígenas. Os dados estimam que 45,6% da área da Caatinga foram desmatados até 2009. No período entre 2008 a 2009, foram desmatados 1.921 km<sup>2</sup>, o que representa 0,23 % da área total do bioma, enquanto que no período entre 2002 e 2008 a taxa anual foi de 0,28% (Tabela 1).



Tabela 1 - Histórico de desmatamento na Caatinga (2002 - 2009)

UF	Área da UF dentro da Caatinga (Km <sup>2</sup> )	Área desmatada antes 2002 (km <sup>2</sup> )	Área desmatada 2002 - 2008 (km <sup>2</sup> )	Área desmatada 2008 - 2009 (km <sup>2</sup> )	Desmatamento Total (Km <sup>2</sup> ) %	Desmatado antes de 2002%	Desmatado antes de 2002-2008%	Desmatado antes de 2008-2009%	Desmatamento Acumulado
AL	13.000,43	10.320,20	353,22	23,85	10.697,27	79,38%	2,72%	0,18%	82,28%
SE	10.027,13	6.683,37	157,67	4,39	6.845,43	66,66%	1,57%	0,04%	68,27%
PE	81.141,30	41.159,83	2.204,98	167,77	43.532,58	50,72%	2,72%	0,21%	53,65%
MG	11.100,15	5.371,62	359,61	15,16	5.746,39	48,39%	3,24%	0,14%	51,77%
BA	300.967,81	149.619,66	4.527,84	638,35	154.785,85	49,72%	1,5%	0,21%	51,43%
RN	49.402,20	21.418,69	1.142,99	98,19	22.659,87	43,36%	2,31%	0,20%	45,87%
PB	51.357,83	22.342,84	1.013,18	91,89	23.447,91	43,51%	1,97%	0,18%	45,66%
CE	147.675,44	54.735,07	4.132,95	440,19	59.308,21	37,06%	2,80%	0,30%	40,16%
MA	3.753,07	1.134,57	97,61	32,32	1.264,50	30,23%	2,60%	0,86%	33,69%
PI	157.985,87	45.754,18	2.586,11	408,92	48.749,21	28,96%	1,64%	0,26%	30,86%

Fonte: MMA (2010)

### **2.2.2 Pernambuco e o bioma Caatinga**

Notoriamente, mais de 95% da Caatinga se encontra no Nordeste. Dentro desta porcentagem, 11% se encontra nas delimitações do estado de Pernambuco, o que representa mais de 80% se comparando as demarcações territoriais do Estado.

Ao se tomar o período 2000-2014, observa-se que o estado cresceu a uma taxa superior que à região Nordeste e o país como um todo. O desempenho da economia nordestina foi relativamente melhor do que o da brasileira nos últimos anos. Particularmente, em 2012, os principais estados do Nordeste cresceram num ritmo superior a economia brasileira. Pernambuco, embora tenha registrado praticamente a metade da taxa de crescimento do PIB de 2011, ainda continuou com desempenho acima do Brasil. Em termos setoriais, destacou-se positivamente na economia de Pernambuco o desempenho da construção civil e negativamente o da agropecuária, influenciado pelo contexto de forte estiagem. Já para o ano corrente, a economia pernambucana registrou crescimento bastante acentuado, na contramão de uma conjuntura global muito desfavorável. Esse crescimento foi impulsionado pela recuperação das atividades agropecuárias e bom desempenho da indústria de transformação, do comércio e dos serviços de transporte e armazenagem. Na tabela abaixo evidencia as taxas de crescimento do PIB a preços de 2000.

Tabela 2 - Taxa de Crescimento do PIB

<i>Taxa de Crescimento</i>			
<i>Ano</i>	Brasil	Nordeste	Pernambuco
2000	4,3	4,1	4,3
2001	1,3	0,8	1,6
2002	2,7	2,9	4,1
2003	1,1	1,9	-0,6
2004	5,7	6,5	4,1
2005	3,2	4,6	4,2
2006	4,0	4,8	5,1
2007	6,1	4,8	5,4
2008	5,2	5,5	5,3
2009	-0,3	1,0	2,8
2010	7,5	7,2	7,7
2011	2,7	-	4,5
2012	1	-	2,3
2013	2,5	3,0	3,5
2014*	1,9	2,2	5,2

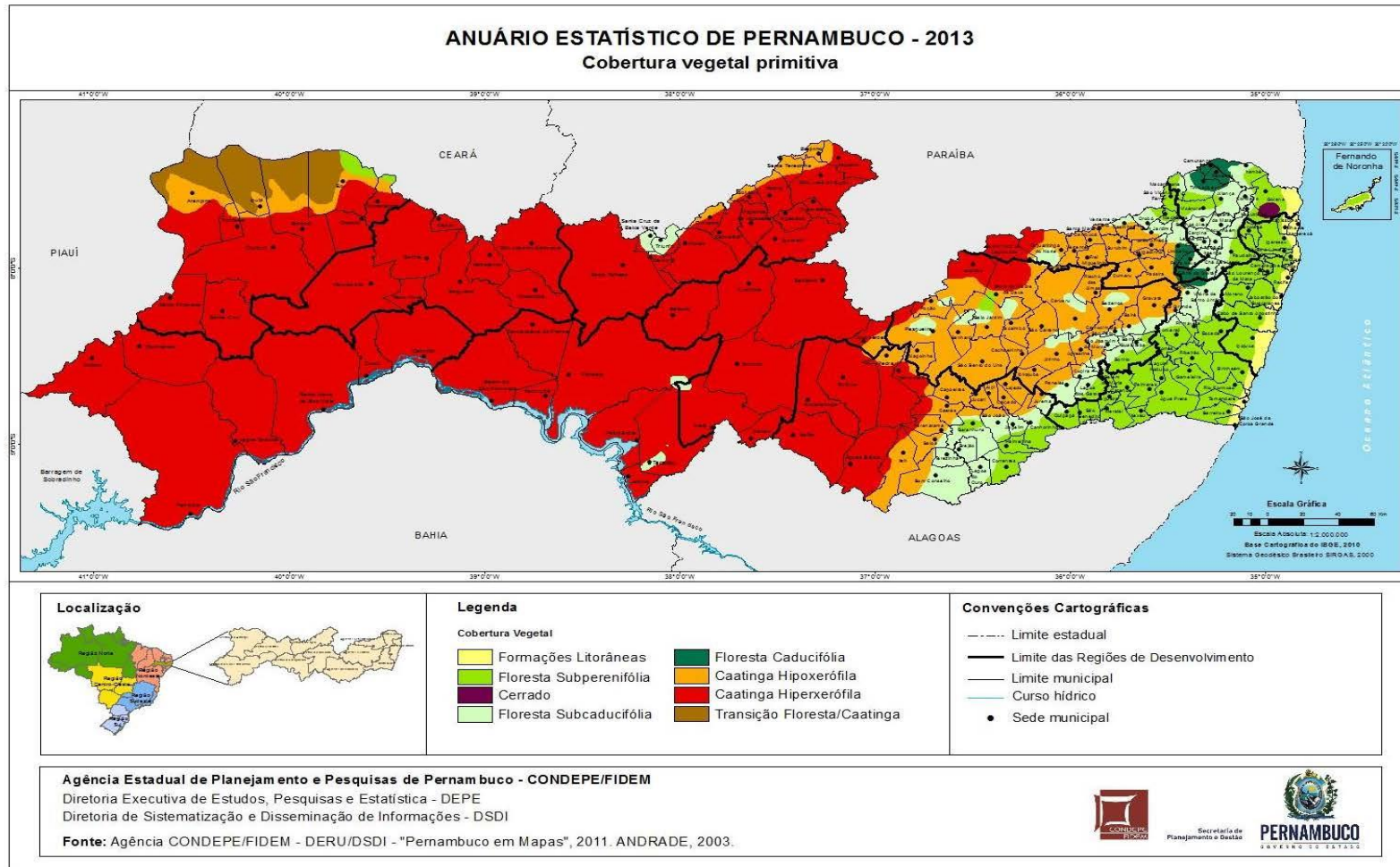
(Fonte: BDE, 2014)

Como explicitado acima, as atividades produtivas, sejam elas agricultura, indústria ou comércio/serviços, inseridas na delimitação do bioma Caatinga no estado de Pernambuco, interferem em seu crescimento (Ver Mapa 1).

Além disso, os aspectos históricos também representam parcela significativa no processo das atividades produtivas que levaram ao crescimento e, como consequência, a degradação do meio ambiente. As tradições adquiridas há 400 anos, exercem uma forte influência na utilização atual da caatinga, e, de certa maneira, do seu uso futuro. A utilização ainda se fundamenta em processos extrativistas para a produção de produtos de origem pastoril, agrícola ou madeireira.

Sendo assim, a intervenção humana na caatinga pernambucana acelerou a degradação do seu potencial florestal e dos seus solos e, por conseguinte, provocando desequilíbrios ecológicos de gravidade variável.

Mapa 1 - Estado de Pernambuco – 2013



(Fonte: CONDEPE/FIDEM, 2013)

### 2.3 Estudos empíricos sobre CKA e Desmatamento

Com abrangência global, mas variando o número de países em estudo, os trabalhos empíricos divergem quanto às evidências da CKA para desmatamento. De acordo com Oliveira (2009), Panayotou (1993), Battharai e Hammig (2001), Barbier e Burgess (2002) e Culas (2007) encontram evidências da CKA: o primeiro inclui uma *dummy* para países tropicais, o segundo encontra a CKA para América Latina e África e os dois últimos apenas para América Latina (não encontram evidências da CKA para desmatamento em países da Ásia, apenas o último encontra essa relação, mas não em níveis significativos). Ainda de acordo com Oliveira (2001), Koop e Tole (1999, 2001) encontram a relação desmatamento e renda per capita prevista pela CKA para todos os países em conjunto, e separadamente para América Latina e África, mas não em níveis significativos. Já com Ehrhardt-Martinez, Crenshaw e Jenkins (2002) encontram-se evidências da CKA para um modelo simples, sem variáveis adicionais. Ao acrescentar variáveis relativas à urbanização, a CKA deixa de ser significativa.

Arcand et al. (2008) e Van e Azomahou (2007) não encontram a evidência da CKA para o desmatamento. Scriciu (2007) não encontra evidências de causas macroeconômicas para o desmatamento.

Para o Brasil, os estudos se intensificam para as florestas tropicais – especialmente a Amazônia Legal – com destaque para os trabalhos de Araújo et al. (2009) observando a Amazônia Legal (estados) nos anos 1988-2000, utilizando painel de dados, afirmando a hipótese da CKA fracamente. Santos et al. (2008) observam a Amazônia Legal (municípios) nos anos 2000 e 2004, utilizando o painel de dados e encontram evidência (fraca) da hipótese da CKA na forma cúbica, com efeitos fixos. Oliveira (2011) confirma a hipótese da CKA em forma de N invertido indicando que a área desmatada anual é maior para baixos níveis de PIB per capita, sendo decrescente à medida que o PIB aumenta, depois volta a crescer, e para níveis de renda mais elevados, torna-se decrescente. Para os diferentes regimes espaciais, Oliveira (2009) obteve os seguintes resultados: a) no conjunto de modelos para as três macrozonas (Amazônia Ocidental, Amazônia Central e Arco do Povoamento Adensado), a CKA não é verificada em nenhuma de suas formas; b) no conjunto de modelos que considera um regime espacial para cada estado, a hipótese da CKA é verificada na forma de “U”

invertido para Mato Grosso, e na forma de “U” para o estado do Pará e monotônica crescente para o Maranhão; nos demais estados, a hipótese da CKA não é verificada.

Levando em consideração, particularmente, a originalidade na literatura empírica até então existente, este trabalho propõe-se a investigar o desmatamento do bioma Caatinga sob a abordagem da CKA por intermédio de um modelo econométrico para os municípios do estado de Pernambuco. O próximo capítulo descreve a metodologia a ser utilizada.

### 3 METODOLOGIA

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o referencial metodológico que possibilita a análise dos argumentos apresentados e a hipótese testada. Assim, este capítulo se divide em três seções, sendo classificados em aspectos da (3.1) hipótese da Curva de Kuznets Ambiental, (3.2) procedimentos metodológicos, a (3.3) estimação com modelos em painel, e (3.4) o modelo empírico.

#### 3.1 Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

Kuznets (1955) propõe uma equação básica para a análise entre crescimento e desigualdade, que pode ser demonstrada por:

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

Onde,  $i$  é o indexador *cross-section* e  $t$  é o índice de tempo;  $I_{it}$  = indicadores de desigualdades;  $Y_{it}$  = representa a variável renda; e  $\varepsilon_{it}$  = termo de erro aleatório. Nesse caso, para se encontrar as condições da curva côncava é que,  $\beta_1 > 0$ , e que  $\beta_2 < 0$ . Para se analisar a hipótese de Kuznets para o meio ambiente, Arraes et al. (2006) utilizaram o modelo cúbico cuja equação se resume a:

$$I_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 Y_{it}^3 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

A partir da segunda derivada  $\frac{\partial^2 I}{\partial Y^2} = 2\beta_2 + 6\beta_3 Y_{it}$ , é possível encontrar a condição de concavidade do modelo que é dada de  $Y_{it} < \frac{-\beta_2}{3\beta_3}$ . Caso o PIB seja superior a esse valor, a relação entre o meio ambiente e crescimento passa a ser crescente.

#### 3.2 Procedimentos Metodológicos: Modelos de Dados em Painel

Para analisar quantitativamente a relação do desmatamento do bioma Caatinga e as transformações econômicas através do crescimento econômico a fim de ratificar a hipótese de Curva de Kuznets Ambiental, este trabalho segue o modelo teórico existente na área (HSIAO, 1986; BALTAGI, 1995, MÁTYÁS E SEVESTRE, 1992, GREENE, 2003; GOMES, 2006) utilizando o modelo econométrico de dados em painel - panel data.



Os dados em painel são dados em que a informação seccional, por exemplo, taxas de desmatamento observadas ao longo do tempo. É possível analisar ao mesmo tempo alterações das variáveis ao longo do tempo e entre diferentes unidades com a utilização de dados em painel. As unidades podem ser um conjunto de países, regiões, municípios, entre outros e o processo de junção dos dados seccionais e temporais num painel é também designado de *pooling*.

A utilização de dados em painel permite uma melhor estimação dos modelos econométricos, apresentando vantagens, tais como o controle da heterogeneidade individual de cada secção, apresenta mais informação, maior variabilidade, menos colinearidade entre as variáveis, mais graus de liberdade e maior eficiência, permite estudar dinâmicas de ajustamento a alterações que surgem inesperadamente. Além disso, a junção de dados temporais e seccionais é melhor para identificar e medir efeitos que simplesmente não são detectados nos dados, puramente seccionais ou temporais, e, os dados em painel são usualmente mais utilizados em situações em que o número de unidades temporais é relativamente pequeno (BALTAGI, 1995, 2001, 2003, 2005).

De acordo com Song *et al.* (2009), para utilizar os dados em painel, deve-se tomar em consideração a ocorrência de variáveis temporais e longitudinais. O fato de utilizar dados seccionais e temporais, o número de observações podem ser maiores, o que aumenta o número de graus de liberdade e origina a redução da colinearidade, aumentando a eficiência da estimação.

A análise de dados em painel para modelos específicos é de extrema importância, pois permite acrescentar variáveis sociais, tais como idade, sexo e educação, tendo os efeitos específicos de cada variável considerados no processo de estimação (SONG *et al.*, 2009).

De igual modo, Baltagi (1995, 2001, 2005) explica que a estimação de dados em painel apresenta limitações nas quais se caracterizam na organização dos dados, em termos de coleção e de agregação de dados, em que pode haver distorção dos erros e, as séries temporais geralmente são constituídas por poucos anos. Outra limitação se dá pela heterogeneidade dos dados, pois existem diferentes estruturas econômicas entre países, regiões e municípios, por exemplo, o que dificulta o processo de estimação do modelo.

### 3.2.1 Especificação do Modelo com Dados em Painel

A apresentação de dados em painel, que difere dos dados temporais e seccionais, significa que as variáveis apresentam um índice duplo como representado na equação:

$$Y_{it} = a_i + b_i'X_{it} + u_{it} \quad (3)$$

Onde  $i = 1, 2, \dots, N$  unidades (países, regiões, municípios, empresas, pessoas,...) e  $t = 1, 2, \dots, T$  períodos de tempo.

No modelo de dados em painel,  $a_i$  representa os efeitos individuais de cada secção, que são constantes ao longo do tempo,  $b_i'$ , a matriz transposta de  $b_i$ , representa os efeitos marginais individuais de cada secção e  $u_{it}$  é o termo do erro.

De acordo com Greene (2002), os modelos de dados em painel podem apresentar diferentes especificações, sendo elas *pooled*, efeitos fixos e efeitos aleatórios. Na especificação de modelo de dados em painel *pooled*, tendo em consideração a equação (3),  $a_i$  é comum às diferentes secções e constantes ao longo do tempo e o índice da variável desaparece. O  $b_i'$  também é considerado comum entre as diferentes secções  $i$  que constituem o painel e o índice da variável também desaparece, sendo a equação restrita conforme apresenta (3a)

$$Y_{it} = a + b'X_{it} + u_{it} \quad (3a)$$

onde  $a$  e  $b$  são vetores de parâmetros.

Na especificação de modelos em dados de painel com a presença de efeitos fixos,  $b_i'$  é considerado comum às diferentes  $i$  secções que constituem o painel, logo, com base na equação (3), a equação restrita é dada por

$$Y_{it} = a_i + b'X_{it} + u_{it} \quad (3b)$$

onde  $a$  e  $b$  são vetores de parâmetros.

Para o modelo de dados em painel com efeitos aleatórios, observando a equação (3),  $a_i$  é assumido que é independente dos erros  $u_{it}$ , que por sua vez também são independentes e, uma vez que é assumido, os erros passam a tomar a forma de  $\varepsilon_{it} = a_{it} + u_{it}$  e, a equação restrita é reescrita como apresenta (3c).

$$Y_{it} = a_i + b'X_{it} + \varepsilon_{it} \text{ com } \varepsilon_{it} = a_{it} + u_{it} \quad (3c)$$

onde a e b são vetores de parâmetros.

Nos modelos *pooled*, o coeficiente de interseção é considerado constante para todas as regiões, municípios e etc. Neste modelo, a estimação é efetuada assumindo homogeneidade nos coeficientes de interseção e de declive, ou seja, que os parâmetros a e b são comuns em todas as secções, logo pode ser estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários (OLS – Ordinary Least Squares), tal como se figura na equação (3a). Os modelos de efeitos fixos permitem que o coeficiente de interseção seja diferente entre as secções, ou seja, permite identificar diferenças que não mudam com o tempo, como por exemplo, a dimensão dos municípios, mas continua a existir homogeneidade no coeficiente do declive, tal como apresenta a equação (3b). Cada secção terá um coeficiente de interseção fixo específico. Este modelo apresenta a vantagem de capturar as diferenças não observadas entre secções, mas tem como desvantagem a inclusão de variáveis *dummy* que reduzem os graus de liberdade e fazem com que as estimativas sejam menos eficientes do que no modelo de efeitos aleatórios. Este último apresenta como vantagem o fato de assumirem que os efeitos não observados não estão correlacionados com o regressor, uma vez que estes efeitos são determinados aleatoriamente (3c). Em contrapartida, este pressuposto pode provocar estimativas enviesadas e inconsistentes.

### 3.2.1.1 Método de Estimação com Variáveis *Dummy* (Least Squares *Dummy* Variables – LSDV)

Para dinamizar a homogeneidade das interseções no modelo de dados em painel com efeitos fixos, introduz-se variáveis *Dummy* para captar a heterogeneidade dos indivíduos, distinguindo os seguintes casos particulares:

i) Efeitos Fixos Unilaterais: Utiliza-se uma *dummy* para cada indivíduo ou tempo

$$Y_{it} = \sum_{i=1}^N a_i D_i + bX_{it} + \dots + u_{it} \quad (4)$$

Com  $D_i$  a variável *dummy* referente ao indivíduo  $i$ .  $D=1$ , para indivíduo  $i$  e,  $D=0$ , para os outros indivíduos.

$$Y_{it} = \sum_{t=1}^T a_t D_t + bX_{it} + \dots + u_{it} \quad (5)$$

Com  $D_t$  a variável *dummy* referente ao período  $t$ .  $D=1$ , para determinado período igual para todos os indivíduos e,  $D=0$ , para os outros períodos.

ii) Efeitos Fixos Bilaterais: Utilizam-se variáveis *dummy* para indivíduos e períodos.

$$Y_{it} = \sum_{i=1}^N a_i D_i + \sum_{t=1}^T a_t D_t + bX_{it} + \dots + u_{it} \quad (6)$$

### 3.3 Estimação dos Modelos com Dados em Painel

A estimação com dados em painel tem uma metodologia apropriada, onde o primeiro passo (i) é efetuar um teste para detectar se o modelo de dados *pooled* é o adequado para os dados ou o modelo de efeitos fixos. Este teste também é designado por *Poolability Test*; (ii) se o modelo de dados *pooled* é o adequado para os dados a analisar, o passo seguinte será detectar se existem efeitos aleatórios nos dados a investigar; (iii) se no primeiro teste foi considerado que o painel de dados *pooled* não é o adequado, então será efetuado um teste para detectar se deve optar por um modelo com efeitos aleatórios ou fixos.

#### 3.3.1 *Poolability Test*

O primeiro passo, para efetuar o teste de *poolabilidade* dos dados, conforme Greene (2002) explica, é a estimação de um modelo reduzido, o qual assume que as constantes de interseção e do declive são homogêneas entre as diferentes secções. O *poolability test* também é designado por Teste F ou por Teste de Chow (1960), considerando a hipótese nula a homogeneidade do coeficiente de interseção e a hipótese alternativa, a heterogeneidade de secções no coeficiente de interseção, *i.e.*,

$H_0$ : Assume a homogeneidade no coeficiente de interseção (modelo *pooled*)

$$H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_N$$

$H_A$ : Assume a heterogeneidade no coeficiente de interseção (modelo de efeitos fixos).

$$H_0: a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_N$$

O teste F, utiliza a estatística F,

$$F_{(N-1, NT-N-K)} = \frac{(RSS_{R2} - RSS_{R1})/(N-1)}{(1 - RSS_{R2})/(NT - N - K)}$$

Onde  $RSS_{R1}$  e  $RSS_{R2}$  são a soma dos resíduos dos quadrados dos modelos *pooled* (R1) e modelo com efeito fixos (R2),  $(N-1)$  e  $(NT-N-K)$  são os graus de liberdade, onde  $N$  é o número de secções,  $T$  é o número de unidades temporais e  $K$  é o número de variáveis.

Sabe-se que se o valor de  $F$  é menor que o valor crítico,  $F_{calculado} < F_{valor\ crítico}$  então a hipótese nula, de que as constantes são homogêneas entre os municípios  $N$ , por exemplo, não será rejeitada. Se a hipótese nula não for rejeitada então significa que a modelação dos dados em painel com coeficientes homogêneos entre os municípios é apropriada para os dados a analisar, ou seja, os dados em *pooled* são adequados para análise de dados. Se, de outra forma, o valor de  $F$  for maior que o valor crítico,  $F_{calculado} > F_{valor\ crítico}$ , então a hipótese nula será rejeitada, podendo-se concluir que as constantes de interseção não são homogêneas entre os municípios  $N$ , a exemplo. Se a hipótese nula é rejeitada, então é necessário efetuar o teste para detectar se o modelo adequado é o de efeitos aleatórios ou fixos.

### 3.3.2 Efeitos Aleatórios ou Efeitos Fixos

A escolha entre um modelo de efeitos fixos e de efeitos aleatórios é muito importante, de acordo com Song *et al.*, (2009). Os diferentes modelos de dados em painel dependem das considerações efetuadas ao coeficiente de interseção, pois podem originar a estimação de coeficientes muito diferentes uma vez que nos dados em painel é típico utilizar um grande número de unidades seccionais e um número pequeno de unidades temporais.

Para utilizar o modelo de efeitos aleatórios, é necessário testar a existência de efeitos aleatórios, através do teste dos Multiplicadores de Lagrange (LM – *Lagrange Multiplier*) proposto por Breusch e Pagan em 1979. Apresentado na equação (7), o teste pressupõe que os coeficientes de interseção e de declive são constantes (Song *et al.*,2009), o que acontece nos dados *pooled*, como apresentado na equação (3a).

$$H_0: \sigma_{\eta}^2 = 0 \text{ (ou } Corr[wit, wis] = 0)$$

$$H_A: \sigma_{\eta}^2 \neq 0$$

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n [\sum_{t=1}^T e_{it}]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (7)$$

Onde  $e_{it}$  é o resíduo da estimação *pooled*. Sob a hipótese nula, o teste LM Breusch-Pagan tem distribuição Qui-quadrado com 1 grau de liberdade. Esse teste permite detectar se os dados em *pooled*, cujos coeficientes de interseção e de declive são homogêneos,

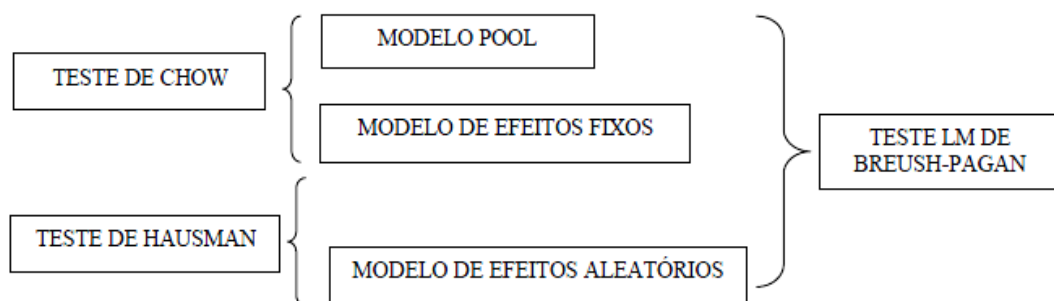
apresentam uma componente aleatória individual não observável para cada seção. No caso dos dados apresentarem a constante de interseção heterogênea, ou seja, a hipótese nula do *poolability Test* for rejeitada, Hausman (1978) propõe um teste alternativo ao apresentado por Breusch e Pagan, em 1979, pressupondo que se  $\eta_i$  não está correlacionado com  $X_{it}$  então não deverá existir diferença entre as estimativas efetuadas pelo modelo de efeitos fixos e pelo modelo de efeitos aleatórios, uma vez que o método de estimação OLS nos modelos de efeitos fixos e o Método dos Mínimos Generalizados Estimados (FGLS – *Feasible Generalised Least Squares*) no modelo de efeitos aleatórios são consistentes (Song *et al.*, 2009). Hausman (1978) estabelece o seguinte teste:

$$H = (\hat{b}_{fe} - \hat{b}_{re})' (\hat{\Sigma}_{fe} - \hat{\Sigma}_{re}) (\hat{b}_{fe} - \hat{b}_{re}) \quad (8)$$

Onde,  $\hat{\Sigma}_{fe}$  e  $\hat{\Sigma}_{re}$  são coeficientes do declive das matrizes de covariância para os modelos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. Na hipótese nula, em que  $\eta_i$  não está correlacionado com  $X_{it}$ , o teste de Hausman (1978) é distribuído assintoticamente com distribuição  $\chi^2_{(k)}$  com K graus de liberdade. Se o valor calculado de  $\chi^2_{(calculado)} > \chi^2_{(critico)}$  então o modelo que deve ser utilizado é o de efeitos aleatórios.

Dos testes apresentados, para detectar qual a melhor especificação do modelo, o teste de Chow (1960) ou o Teste F permite a detecção entre o modelo *pooled* e o modelo de efeitos fixos. O teste LM é utilizado para detectar se a escolha recai sobre o modelo de efeitos aleatórios ou sobre o modelo de dados *pooled*. Por fim, o teste de Hausman é considerado para analisar se deve optar pelo modelo de efeitos fixos ou de efeitos aleatórios, como ilustra a figura abaixo.

Figura 3 - Testes de Especificação dos Modelos de Dados em Painel.



Fonte: Elaboração da autoria.

Das especificações de modelos de dados em painel apresentados, salientam-se duas: efeitos fixos e efeitos aleatórios, sendo a principal diferença entre estes dois modelos é o fato

de que os modelos de efeitos fixos (EF) consideram as diferenças existentes entre os indivíduos da amostra, analisadas através do coeficiente de interseção, e os modelos de efeitos aleatórios consideram as diferenças existentes na população, analisadas através do termo do erro (RAMOS, 2011).

### **3.4 Modelo Empírico**

A escolha desse modelo se deu porque parte-se da hipótese de que não há mudanças significativas dos coeficientes ao longo do tempo e que o impacto dos mesmos é o mesmo.

Assim, a técnica de análise em painel pode realizar uma estimativa única para tais impactos e, ao mesmo tempo, pode também realizar as estimativas de diferentes patamares para cada um dos municípios. Ou seja, admite-se que cada município detém diferentes níveis iniciais de riqueza, porém, o impacto do Desmatamento é o mesmo para aqueles municípios. Sendo assim, o que se objetiva com o estudo é medir tais impactos e identificar os níveis iniciais de riqueza para cada município a fim de corroborar com a hipótese de CKA.

Ainda, a utilização de dados em painel permite conjugar a diversidade de comportamentos individuais, com a existência de dinâmicas de ajustamento, ainda que potencialmente distintas (MARQUES, 2000). Para formular o modelo, assume-se que a hipótese da variação temporal não será tema deste estudo, dada a premissa.

Sabendo que o objetivo do estudo é quantificar a relação existente entre o desmatamento da Caatinga e a atividade econômica e examinar os impactos econômicos que a degradação ambiental vem provocando nas economias locais em termos de grandeza, supõe-se que a ação do desmatamento na atividade econômica possui uma relação negativa.

De acordo com a base de dados, foi possível estabelecer uma série em que cada município  $i$ , teria dois cortes temporais,  $t_1$  e  $t_2$ , e os demais valores para as variáveis explicativas.

#### **3.4.1 Base de Dados**

O Ministério do Meio Ambiente, em 2007, lançou os resultados do Mapeamento de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros, inserido no Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade (PROBIO). Tal mapeamento teve a escala de 1:250.000, de modo

que o Bioma Caatinga, até 2002, teve os seguintes resultados: a) cobertura vegetal natural – 62,69%; b) cobertura vegetal antrópica – 43,38%; e corpo d'água – 0,95%.

Neste Projeto<sup>6</sup> de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite, o Bioma Caatinga foi monitorado com imagens de satélites para a identificação de áreas antrópicas no período de 2008-2009. Deste modo, com a quantificação do desmatamento em áreas nativas, pode-se criar um banco de dados com dados de desmatamento para os anos de 2002, 2008 e 2009. Assim, através do banco de dados e a partir da delimitação/quantificação das áreas antropizadas, foram elaborados mapas, efetuados cálculos e estatísticas de forma a estabelecer, identificar e visualizar espacialmente a distribuição da supressão da vegetação do Bioma nos estados, municípios e nas regiões hidrográficas.

Cabe destacar ainda a metodologia empregada no relatório do PROBIO/Caatinga (2011), no qual a vegetação em estágio inicial ou secundária foi mapeada, principalmente, em legenda composta. Nesse sentido, para este trabalho, foi entendido como remanescente florestal, todos os polígonos classificados majoritariamente como remanescentes de vegetação natural pelo PROBIO/Caatinga na legenda composta. Portanto, polígonos os quais obtiveram legenda composta com área antrópica majoritária e vegetação minoritária não fizeram parte da área útil deste trabalho. Ou seja, foram adicionados às máscaras, e não fizeram parte desta análise (PROBIO/Caatinga, 2011). O sistema PROBIO fornece informações sobre áreas em que ocorreu o corte raso da cobertura florestal (áreas totalmente desmatadas).

As variáveis explicativas correspondem ao produto interno bruto do município, suas formas quadrática e cúbica; e uma variável *dummy*, relacionada às políticas públicas voltadas para questões ambientais retiradas do Perfil Municipal, disponível no IBGE, dos anos selecionados. O período analisado abrange os anos de 2002 e 2009, corrigidos a preços de 2000, obtidos da base de dados do Sistema de Contas Nacionais do IBGE, compilados pelo IPEADATA. O PIB ao quadrado é incluído para testar a hipótese da CKA de que o desmatamento cresce a taxas decrescentes para níveis mais baixos de renda e, a partir de determinado ponto, a elevação do nível de renda reduz o desmatamento. O termo cúbico do

---

<sup>6</sup> Tal estudo faz parte de uma iniciativa entre a Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério de Meio Ambiente (SBF/MMA), a Diretoria de Proteção Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (DIPRO/IBAMA), o Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA (CSR/IBAMA), a Agência Brasileira de Cooperação (ABC/MRE) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Esta iniciativa foi ainda corroborada por meio de um acordo de cooperação técnica celebrado entre o MMA e o IBAMA, o qual visa o monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por meio de satélites, à exceção da Amazônia, com recursos provenientes do Projeto PNUD BRA 08/11 (PROBIO/Caatinga, 2011).



PIB é incluído para testar se a CKA segue uma forma de "N", ou seja, após a redução, o desmatamento volta a aumentar com o nível de renda.

O intuito do trabalho é de abranger o maior número possível de dados para a análise. Contudo, devido a limitação dos dados amostrais disponíveis, a escolha das variáveis e o corte de série se deu em função desse fator limitante. Sendo assim, este estudo propõe uma análise dos 103 municípios do estado de Pernambuco, já que são os municípios contemplados pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) – Caatinga, executado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no período compreendido entre 2002 e 2009.

### 3.4.2 O Modelo

Para a efetivação trabalho, adotou as seguintes variáveis, relatadas no Quadro 2:

Quadro 2 - Variáveis selecionadas

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO
<b>DESMATAMENTO</b>	Valor correspondente a diferença da área desmatada em hectares dos anos 2002 e 2009.
<b>PRODUTO INTERNO BRUTO</b>	Somatório dos valores adicionados, correspondendo ao saldo entre valores brutos da produção e os consumos intermediários de todos os setores da economia.
<b>DUMMY</b>	Consórcio intermunicipal para recuperação de áreas degradadas, convênio de cooperação com entidades públicas para recuperação de áreas degradadas e/ou convênio de parceria com empresas privadas para recuperação de áreas degradadas.

Fonte: IBGE, MMA, IPEADATA (2014)

Para quantificar a atividade econômica daquela região, buscou-se utilizar o Produto Interno Bruto. O PIB constitui no somatório dos valores adicionados, correspondendo ao saldo entre valores brutos da produção e os consumos intermediários de todos os setores da economia, portanto ele é uma variável de riqueza (WAUTIEZ et al, 2003).

Neste trabalho, o uso da variável Desmatamento se deu por ser a ação ambiental correlacionada diretamente com as atividades socioeconômicas das regiões do estado de Pernambuco que abrangem o bioma Caatinga.

Para a análise, foi realizada uma estimativa em painel em que a variável econômica de riqueza foi definida como variável independente – explicativa – e o quantitativo de áreas desmatadas dos municípios como variável dependente.

Seguindo a metodologia, o estudo utilizou duas estimativas. A primeira estimativa foi especificada como linear, sendo designado modelo básico econométrico especificado na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3- Modelo Básico Econométrico em Painel

IMPACTOS DO PIB	MODELO DE REGRESSÃO
...NO DESMATAMENTO	$(Desmatamento)_{it} = \alpha_i + \beta PIB_1 + \beta PIB_1^2 + \beta PIB_1^3 + \varepsilon_{it}$

Fonte: Adaptado de Colusso (2012).

A segunda estimativa, também especificada como linear, agregou a variável *dummy* referente tanto ao indivíduo, como para o tempo (modelo em dados de painel com efeitos fixos e dummies bilaterais). Sendo designado modelo expandido econométrico, especificado a seguir, Tabela 4.

Tabela 4 - Modelo Expandido Econométrico em Painel

IMPACTOS DO PIB	MODELO DE REGRESSÃO
...NO DESMATAMENTO	$(Desmatamento)_{it} = \alpha_i + \beta PIB_1 + \beta PIB_1^2 + \beta PIB_1^3 + D_{it} + \varepsilon_{it}$

Fonte: Adaptado de Colusso (2012).

A análise e discussão dos resultados são apresentados no capítulo subsequente.

## 4 MODELOS ECONOMÉTRICOS: ESTIMAÇÃO E ANÁLISE

Este capítulo apresenta os modelos econométricos estimados para o desmatamento do bioma Caatinga sob o enfoque da CKA. Na primeira parte (seção 4.1) é avaliado o modelo econométrico que considera toda a região do bioma Caatinga. O objetivo é avaliar se um modelo básico de dados em painel ajusta-se à estimação da CKA do desmatamento, e quais variáveis adicionais são importantes para a explicação do processo de desmatamento na região estudada. Nas seções seguintes serão avaliados os modelos econométricos que consideram a heterogeneidade espacial dos parâmetros, por meio da inclusão de variáveis dummies (seção 4.1.1) e, por fim, as representações gráficas (seção 4.2).

### 4.1 Modelo Econométrico Básico

Para analisar os resultados obtidos através das estimativas, teve-se que rodar, primeiramente, o Teste de Chow para verificar se o modelo de MQO agrupado (pooled) é adequado ou se é preferível o modelo de efeitos fixos. Constatou-se pelo teste que o modelo preferido é o de efeitos fixos na regressão. Logo após, aplicou-se o Teste de Hausman para testar qual o tipo de modelo de dados em painel de efeitos seria mais adequado para esta análise. Verificou-se que o modelo de efeitos fixos é preferível na regressão. Em seguida, a estatística de LM Breusch-Pagan, que testa a preferência do modelo de efeitos aleatórios e fixos, evidenciou e ratificou a preferência pelo modelo de efeitos fixos. Assim, pelos resultados, pode-se rejeitar a hipótese nula a um nível de significância estatística de 5%. Com isso, o modelo de Efeitos Fixos despontou-se como mais apropriado para o desenvolvimento deste trabalho.

A análise do impacto do Produto Interno Bruto em relação ao desmatamento nos municípios foi realizada numa única etapa. Essa análise proposta tem o intuito de observar o papel da dimensão do impacto da produção agregada no processo de desmatamento no âmbito da região. A Tabela 5 fornece o resultado para cada uma das estimativas no que se refere aos parâmetros estimados para o PIB; intercepto; intercepto obtido para cada município; e ao final apresenta os resultados dos resíduos e a estatística F.

Tabela 5 - Modelo Básico

## Variáveis/Parâmetros

						<b>Coefficientes</b>		<b>P-Valor</b>	
		Intercepto				36409,4		<0,00001***	
		PIB				0,00572193		0,00001***	
		PIB_2				-7,37955E-10		0,00085***	
		PIB_3				1E-46		0,00165***	
<b>Intercepto-Município</b>									
Afogados da Ingazeira - PE	16001,8	Caetés – PE	8003,9	Ibimirim - PE	51036,4	Passira - PE	5147,1	São Joaquim do Monte - PE	-1591,1
Afrânio - PE	93975,5	Calumbi – PE	8947,5	Iguaraci - PE	35743	Pedra - PE	59229,8	São José do Belmonte - PE	84740,4
Agrestina - PE	-2048,4	Camocim de São Félix - PE	14368,2	Inajá - PE	36590,2	Pesqueira - PE	65869,1	São José do Egito - PE	36642,4
Águas Belas - PE	67872	Capoeiras – PE	26692	Ingazeira - PE	15000,2	Petrolândia - PE	5055,7	Serra Talhada - PE	125160,8
Alagoinha - PE	15062,2	Carnaíba – PE	24721,6	Ipubi - PE	47665,1	Petrolina - PE	153240,9	Serrita - PE	81700,9
Altinho - PE	19430	Carnaubeira da Penha - PE	22381,9	Itacuruba - PE	-397,3	Poção - PE	14390,3	Sertânia - PE	112130,4
Araripina - PE	144983,7	Caruaru – PE	55710,8	Itaíba - PE	92138	Quixaba - PE	17453,1	Solidão - PE	5229,5
Arcoverde - PE	13572,6	Casinhas – PE	11003,8	Itapetim - PE	16625,4	Riacho das Almas - PE	11408,2	Surubim - PE	14677,3
Belém do São Francisco - PE	14939,8	Cedro – PE	11115,3	Jataúba - PE	37044,8	Sairé - PE	-117,5	Tabira - PE	19720,8
Belo Jardim - PE	20854,9	Correntes – PE	294	Jatobá - PE	8117,3	Salgueiro - PE	44545,8	Tacaimbó - PE	13913,7
Betânia - PE	36646,6	Cumaru – PE	20187	Lagoa do Ouro - PE	11754,7	Saloá - PE	17138	Tacaratu - PE	25096,7
Bezerras - PE	13131,2	Custódia – PE	69128	Lagoa Grande - PE	48040,8	Sanharó - PE	16023,1	Taquaritinga do Norte - PE	11387,9
Bodocó - PE	130520,8	Dormentes – PE	124320,4	Manari - PE	28164,9	Santa Cruz - PE	66785,5	Terezinha - PE	3298,7
Bom Conselho - PE	54130,9	Exu – PE	119103,1	Mirandiba - PE	28262,4	Santa Cruz da Baixa Verde - PE	9593,3	Terra Nova - PE	12233
Brejão - PE	5033,9	Flores – PE	44681,4	Moreilândia - PE	39838,2	Santa Cruz do Capibaribe - PE	-1096,5	Trindade - PE	15871,4
Brejinho - PE	5797,4	Floresta – PE	30949,9	Orobó - PE	10569,8	Santa Filomena - PE	67286,4	Triunfo - PE	11216,5
Brejo da Madre de Deus - PE	37116,9	Frei Miguelinho – PE	13396,2	Orocó - PE	10858,7	Santa Maria da Boa Vista - PE	60796,6	Tupanatinga - PE	46625,3
Buíque - PE	96975,3	Garanhuns – PE	-9978,8	Ouricuri - PE	174337,1	Santa Terezinha - PE	8438,8	Tuparetama - PE	8892,4
Cabrobó - PE	47647,5	Granito – PE	39883,5	Paranatama - PE	16486,1	São Bento do Una - PE	54682,5	Venturosa - PE	23160,6
Cachoeirinha - PE	13195,5	Iati – PE	43566,9	Parnamirim - PE	102625,8	São Caitano - PE	24498,5	Verdejante - PE	17360,5
								Vertente do Lério - PE	4690
								Vertentes - PE	7416,8
									0,99729
									2,21217E-95

Desmatamento = 3,64e+04 + 0,00572\*PIB - 7,38e-010\*PIB\_2 + 2,26e-017\*PIB\_3

Fonte: Dados do modelo. Elaboração da autora (2014)

Primeiramente, é preciso constatar que cada município tem um intercepto diferente, ou seja, os municípios apresentam efeitos autônomos, em consequência de decisões políticas e/ou econômicas implementadas implicitamente, não introduzidas como variáveis explanatórias, mas capitadas como efeitos autônomos por meio de heterogeneidades introduzidas no intercepto de cada grupo. Assim, a evolução dos efeitos de impactos sobre o desmatamento podem iniciar em pontos diferentes e, com a evolução em função do Produto Interno Bruto, seguindo um comportamento padrão.

Esses interceptos individuais para cada município resultam de mudanças autônomas em diferentes fatores econômicos e/ou políticos. Segundo De Bruyn et al. (1998), esses fatores podem ser resultados de mudanças nas escalas de produção, na estrutura econômica e/ou nos níveis de tecnologia; ou, até mesmo, em função de algum resultado de políticas ambientais impactantes sobre aspectos ambientais. Esses fatores podem causar impactos positivos ou negativos sobre a emissão o desmatamento, de forma independente da renda. A detecção de efeitos autônomos que impacta o desmatamento constitui um indicativo importante para subsidiar a implementação de políticas econômicas que afetam a estrutura produtiva ou o estabelecimento de novas leis regulatórias que minimizem os impactos ambientais. A obtenção de diferentes interceptos para a CAK não fornecem uma base para distinguir quais efeitos influenciam os interceptos de cada economia na CAK, mas, simplesmente, constituem indicativos da presença de efeitos autônomos impactantes no processo de desmatamento, os quais podem ser resultados de alguma variável não incluída explicitamente no modelo, ou derivados de efeitos de políticas ambientais que independem da renda.

Portanto, ao separar os impactos sobre o processo de desmatamento devido aos efeitos exógenos, relativos às variáveis omitidas no modelo, daqueles referentes aos efeitos de impactos do crescimento do PIB, obtém-se, de forma mais precisa, os coeficientes de impactos do PIB sobre o desmatamento; e, assim, desmitificando a premissa de que a única forma de um país diminuir a sua carga de degradação ambiental seria tornar desenvolvido; ou seja, aumentando sua riqueza. Por exemplo, Shafik e Bandyopdhyay (1992) e Grossman e Krueger (1995) argumentam não haver razão para se acreditar que a qualidade ambiental é algo que ocorra naturalmente à medida que as nações se tornem mais ricas.

Dessa forma, pode-se perceber pela estimativa que os dois coeficientes estimados mais o termo intercepto são estatisticamente significativos ao nível de 5%. Os sinais dos coeficientes também estão de acordo com o esperado pela teoria consultada. Constata-se a

presença de interceptos<sup>7</sup> positivos para o desmatamento, ou seja, a cada aumento substancial do PIB, há um incremento no desmatamento em termos de hectares.

Observando o modelo, constatou-se que para um aumento em termos de grandeza de R\$ 1.000,00 no PIB Municipal, haveria um incremento do desmatamento na magnitude aproximada de 5,73ha para todos os municípios do estado. Esse valor, apesar de apresentar-se pequeno diante do contexto regional, torna-se preocupante ao se acrescentar os valores do intercepto de cada município. Nota-se que o processo de desmatamento pode estar em situação de declínio, visto que para a variável PIB\_2 há uma relação negativa entre desmatamento e crescimento, ou seja, com maiores níveis de riqueza, o município tende a diminuição do desmatamento. Esse fator pode ser explicado por meio do campo institucional, por exemplo (JONES E MANNUELI, 1995), pois nesse campo, as instituições tomadoras de decisões (empresas, órgãos municipais e a gestão governamental) tendem a se preocupar com o meio ambiente internalizando as externalidades ambientais e, portanto, diminuindo a degradação gerada nesses municípios.

#### ***4.1.1 Modelo Econométrico Expandido***

Ao quantificar aspecto das instituições tomadores de decisões, o modelo buscou agregar uma variável *dummy* condizente à política ambiental. A *dummy* se referia a existência de um consórcio intermunicipal voltado para a recuperação de áreas degradadas, como por exemplo, o recaatingamento<sup>8</sup>. O modelo expandido se verifica abaixo, Tabela 6.

---

7 Destacam-se os municípios de Santa Filomena, Santa Cruz, Ouricuri e Araripina. Estes municípios possuem uma série de empresas de Mineração, Calcinação e Pré-Moldados de Gesso (ANDRADE, 2011), o que corrobora para a relação crescimento versus degradação ambiental.

8 Disponível em <http://www.irpaa.org/projetos/7/recaatingamento>.

Tabela 6 - Modelo Expandido

## Variáveis/Parâmetros

										Coeficientes		P-Valor		
					Intercepto						36451,4***	<0,00001	***	
					PIB						0,00571134	0,00001	***	
					PIB_2						-7,35898E-10	0,00096	***	
					PIB_3						1E-37	0,00186	***	
					DUMMY						-87,365	0,89678		
<b>Intercepto-Município</b>														
Afogados da Ingazeira - PE	16002	16099	Caetés - PE	8004	8009	Ibimirim - PE	51036	51087	Passira – PE	5147	5241	São Joaquim do Monte - PE	-1591	-1498
Afrânio - PE	93976	93974	Calumbi - PE	8948	8949	Iguaraci - PE	35743	35746	Pedra – PE	59230	59280	São José do Belmonte - PE	84740	84792
Agrestina - PE	-2048	-1998	Camocim de São Félix - PE	14368	14373	Inajá - PE	36590	36594	Pesqueira – PE	65869	65970	São José do Egito - PE	36642	36695
Águas Belas - PE	67872	67881	Capoeiras - PE	26692	26697	Ingazeira - PE	15000	15045	Petrolândia – PE	5056	5153	Serra Talhada - PE	125161	125262
Alagoinha - PE	15062	15153	Carnaíba - PE	24722	24726	Ipubi - PE	47665	47759	Petrolina – PE	153241	153273	Serrita - PE	81701	81749
Altinho - PE	19430	19479	Carnaubeira da Penha - PE	22382	22428	Itacuruba - PE	-397	-395	Poço – PE	14390	14437	Sertânia - PE	112130	112183
Araripina - PE	144984	145085	Caruaru - PE	55711	55768	Itaíba - PE	92138	92145	Quixaba – PE	17453	17455	Solidão - PE	5230	5231
Arcoverde - PE	13573	13631	Casinhas - PE	11004	11051	Itapetim - PE	16625	16673	Riacho das Almas - PE	11408	11457	Surubim - PE	14677	14690
Belém do São Francisco - PE	14940	14947	Cedro - PE	11115	11118	Jataúba - PE	37045	37092	Sairé – PE	-118	-70	Tabira - PE	19721	19727
Belo Jardim - PE	20855	20953	Correntes - PE	294	343	Jatobá - PE	8117	8208	Salgueiro – PE	44546	44603	Tacaimbó - PE	13914	13917
Betânia - PE	36647	36693	Cumarú - PE	20187	20192	Lagoa do Ouro - PE	11755	11758	Saloá – PE	17138	17142	Tacaratu - PE	25097	25101
Bezerros - PE	13131	13233	Custódia - PE	69128	69180	Lagoa Grande - PE	48041	48095	Sanharó – PE	16023	16072	Taquaritinga do Norte - PE	11388	11438
Bodocó - PE	130521	130616	Dormentes - PE	124320	124325	Manari - PE	28165	28168	Santa Cruz – PE	66786	66833	Terezinha - PE	3299	3301
Bom Conselho - PE	54131	54229	Exu - PE	119103	119111	Mirandiba - PE	28262	28266	Santa Cruz da Baixa Verde - PE	9593	9596	Terra Nova - PE	12233	12236
Brejão - PE	5034	5037	Flores - PE	44681	44686	Moreilândia - PE	39838	39840	Santa Cruz do Capibaribe - PE	-1097	-995	Trindade - PE	15871	15966
Brejinho - PE	5797	5887	Floresta - PE	30950	31004	Orobó - PE	10570	10620	Santa Filomena - PE	67286	67289	Triunfo - PE	11217	11221
Brejo da Madre de Deus - PE	37117	37170	Frei Miguelinho - PE	13396	13443	Orocó - PE	10859	10908	Santa Maria da Boa Vista - PE	60797	60897	Tupanatinga - PE	46625	46631
Buíque - PE	96975	97030	Garanhuns - PE	-9979	-9890	Ouricuri - PE	174337	174437	Santa Terezinha - PE	8439	8442	Tuparetama - PE	8892	8895

Cabrobó - PE	47648	47701	Granito - PE	39884	39929	Paranatama - PE	16486	16489	São Bento do Una - PE	54683	54738	Venturosa - PE	23161	23209
Cachoeirinha - PE	13196	13245	Iati - PE	43567	43625	Parnamirim - PE	102626	102719	São Caitano – PE	24499	24594	Verdejante - PE	17361	17363
												Vertente do Lério - PE	4690	4693
												Vertentes - PE	7417	7465
<b>Testes</b>														
R <sup>2</sup>														0,99729
Prob (F)														2,91538E-94

---

Fonte: Dados do Modelo. Elaboração da Autora (2014).



Novamente, pode-se perceber pela estimativa que as variáveis explicativas (PIB, PIB\_2, PIB\_3) e o termo intercepto são estatisticamente significativos ao nível de 5%. Os sinais dos coeficientes também estão de acordo com o esperado pela teoria consultada. Constata-se, novamente, a presença de interceptos positivos para o desmatamento, ou seja, a cada aumento substancial do PIB, há um incremento no desmatamento em termos de hectares. Em relação a variável explicativa referente à política pública voltada para a questão ambiental, observa-se que o sinal do intercepto corresponde com o explicitado pela literatura, mesmo não sendo estatisticamente significativos ao nível de 5%<sup>9</sup>.

De acordo com o novo modelo, constatou-se que para um aumento em termos de grandeza de R\$ 1.000,00 no PIB, haveria um incremento do desmatamento na magnitude de 5,71ha para todos os municípios que se encontram na delimitação do Bioma. Esse valor é menor que o apresentado anteriormente, apesar de também se apresentar pequeno diante do contexto regional. Novamente, observa-se que o processo de desmatamento no estado pode estar em situação de declínio, visto que para a variável PIB\_2 há uma relação negativa entre desmatamento e crescimento, ou seja, com maiores níveis do produto interno bruto municipal, o município tende a diminuição do desmatamento. E, para o PIB\_3, haveria o aumento do desmatamento, configurando uma curva em formato “N”, pois ao atingir patamares mais altos de riqueza, os municípios voltariam a desmatar configurando um tipo de crescimento não sustentável. Outra possibilidade diz respeito ao efeito de transbordamento da atividade produtiva, à medida que a renda se eleva, expande-se também a atividade, causando mais desmatamento.

Em contrapartida, a influência da variável *Dummy* nos interceptos dos municípios ocasionou efeito autônomo contrário ao encontrado na literatura<sup>10</sup>. Observa-se que a *dummy* não deu significativa. Então ela não influencia o desmatamento. A detecção desses efeitos autônomos aponta para as seguintes hipóteses:

- Pela abordagem da política pública ambiental ser recente (Criação da Política Nacional de Meio Ambiente – Lei nº 6.938 de 31/08/81, regulamentada em 1983), muitas dessas políticas descentralizadas só se concretizaram nos anos 2000, e seus resultados e consequências só poderiam ser capturados a longo prazo;
- A política pública ambiental preconiza a recuperação de áreas degradadas, a restauração de margens de leito de rios, de reflorestamento, enfim, políticas públicas incrementais ou de

---

<sup>9</sup> Para análise de num intervalo de confiança a 90%, a variável explicativa torna-se estatisticamente significativa.

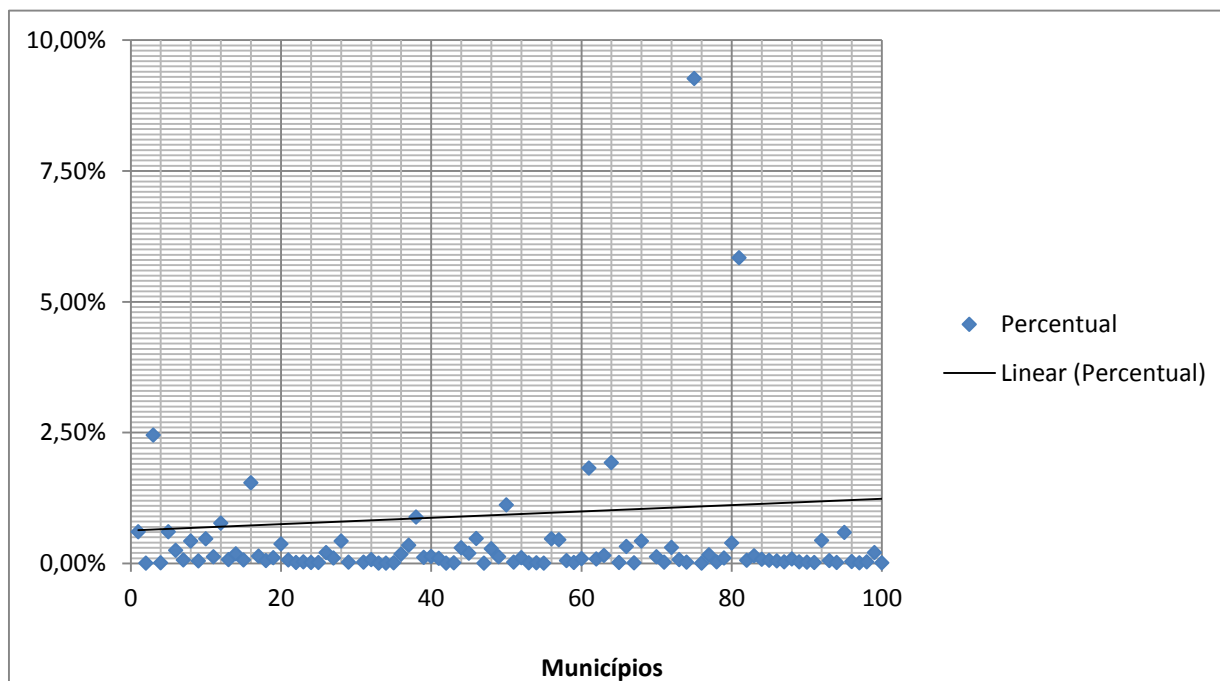
<sup>10</sup> Ver Jones e Manuelli, 1995.

opções que não visam a preservação e manutenção de outras áreas para que não sejam degradadas. Além disso, a lei municipal se estende ao ambiente público, ou seja, as áreas privadas não estão sob essa jurisdição. Dessa forma, a política não exerce influência em áreas de propriedade privada, deixando o dono/proprietário livre para as tomadas de decisão sobre seus ativos ambientais;

- Determinadas políticas públicas ambientais atingem diretamente os centros urbanos, em que a sociedade está presente para enxergar os resultados. Quanto mais distante desses centros, menor a força da política ambiental;
- A política é ineficiente em prol da contenção do desmatamento, nos municípios estudados. Os fatores podem ser aspectos de fiscalização, estratégia política e econômica e social;
- O desenvolvimento regional aliado a conservação ambiental tem sido à base de muitas pesquisas, contudo transformar as ideias em um instrumento operacional e que venha a resolver uma gama variada de problemas ambientais tem sido um grande desafio para as pequenas esferas.

Nessa perspectiva, um gráfico da variação dos interceptos influenciados pela política ambiental do Modelo Básico para o Modelo Expandido se encontra no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Variação dos Interceptos Modelo Básico x Modelo Expandido



Fonte: Dados do Modelo. Elaboração da autora (2014).

Dos 103 municípios do estado de Pernambuco, 99,02%<sup>11</sup> responderam negativamente à política ambiental, tendo um incremento nos valores de seus interceptos. Na verdade, isso indica que o desmatamento diminuiu nesses municípios. Mas não por causa da política. Apesar deste incremento, os municípios que antes apresentavam sinal negativo, permanecem com o mesmo sinal, identificando uma relação negativa com o desmatamento. Ou seja, esses municípios tendem a desmatar menos que os demais.

É válido destacar que esse incremento percebido pelos municípios configura, também, um incremento nas receitas municipais, pois há um aumento nos níveis de renda municipais. Mesmo que discretas, essas diferenças representam o cerne da política pública em proporcionar o bem-estar da coletividade/sociedade. Assim, mesmo havendo um aumento na quantidade de hectares desmatados, a política pública ambiental exerce influência no município que há prática.

## 4.2 Representações Gráficas

Uma análise semelhante pode ser feita a partir dos mapas (2, 3, 4, 5 e 6) apresentados a seguir.

Constata-se, a partir do Mapa 2, que o de desmatamento no estado de Pernambuco é um processo muito mais histórico do que climático (mudanças climáticas). O processo de ocupação do Nordeste brasileiro iniciou-se a partir do litoral e interiorizou a partir do desenvolvimento das atividades extrativas e da produção agrícola voltada para a exportação. Foi no século XVII que se deu à ocupação<sup>12</sup> propriamente dita da Caatinga pelo gado, e das fazendas e currais dos bois originaram-se os primeiros núcleos urbanos.

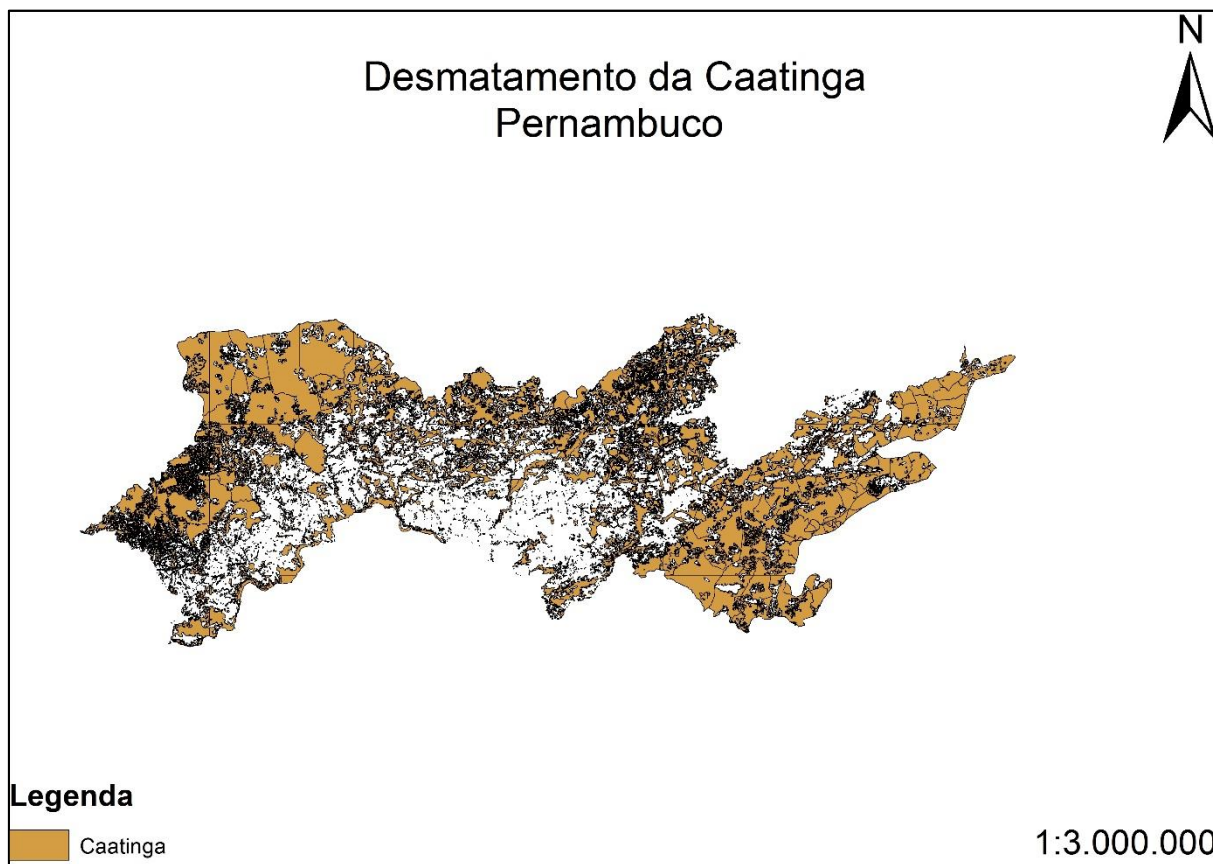
Desde a sua ocupação até os dias de hoje, na maioria dos casos, as atividades econômicas são acompanhadas de desmatamentos indiscriminados do Bioma que associados à sua fragilidade natural trazem sérias consequências: comprometimento dos recursos hídricos, erosão, salinização e compactação dos solos, redução da diversidade biológica e da produção primária, entre outros.

---

<sup>11</sup> Apenas Afrânio – PE registrou queda no valor do intercepto para o desmatamento com a inserção da política pública ambiental.

<sup>12</sup> Para um aprofundamento da ocupação e transformações antrópicas da Caatinga. Ver ARAÚJO, F.S. RODAL, M.J.N. BARBOSA, M.R.V. Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga. Ministério do Meio Ambiente, DF. Brasília, 2005.

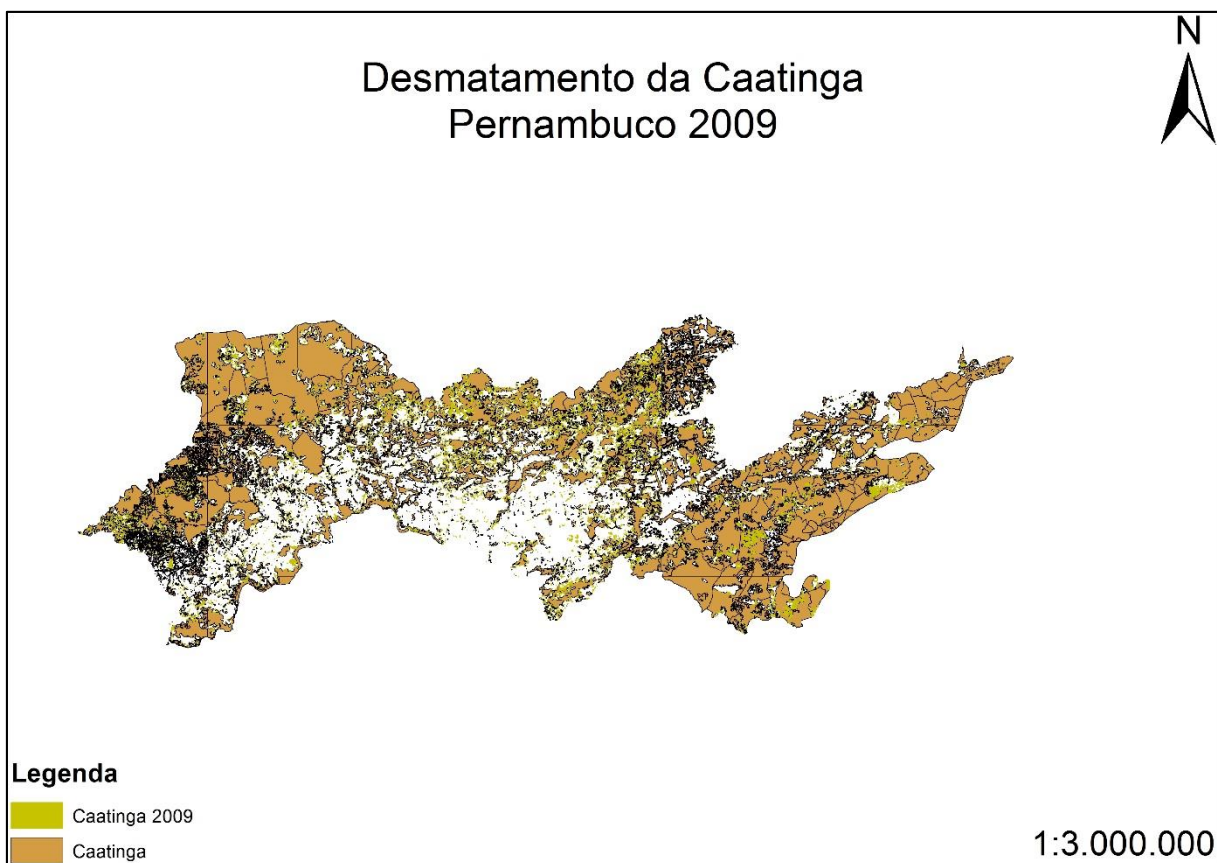
Mapa 2 - Análise Geral Desmatamento



Fonte: Dados do PMDBBS (2009). Elaboração da autora.

Ainda que seja um processo secular, nos anos estudados, pode-se captar o impacto da taxa de desmatamento proveniente das atividades antrópicas (Ver Mapa 3). A maior incidência da atividade antrópica no período intervalar se dá nas Regiões de Desenvolvimento (RD) do Sertão Central, do Pajeú e do Moxotó. Uma das resultantes desse cenário são, além das atividades produtivas locais, as obras de infraestrutura localizadas nestas RD's. Toma-se como exemplo a Transnordestina, iniciada em 2006, em que passa pela a região do Sertão do Araripe e Sertão Central. As obras em Salgueiro e adjacências refletem uma das possibilidades para a elevada taxa de desmatamento naquelas regiões. De igual modo, a transposição do Rio São Francisco, iniciada em 2007, incide diretamente nas regiões do Pajeú e de Moxotó. Essas duas RD's recebem, respectivamente, o eixo Norte e o eixo Leste. Ambos projetos de infraestrutura estão atrasados em seus cronogramas e suas obras datam o término para 2016.

Mapa 3 - Desmatamento 2002 - 2009



Fonte: Dados do PMDBBS (2009). Elaboração da autora.

Nos últimos trinta anos até o início dos anos 2000, o desmatamento ocorreu de maneira dispare nas mesorregiões do estado pernambucano. Nota-se uma forte pressão antrópica na região de desenvolvimento do Araripe-Araripe. Igualmente, o Agreste passou a obter grandes somas de hectares desmatados.

A região do Polo de Gesso do Araripe é uma área de grande pressão sobre os recursos naturais, especialmente os recursos florestais. A ação antrópica se processa com grande intensidade, resultando em áreas degradadas pelo consumo de lenha para atender a principal atividade econômica. Esta situação vem exigindo do poder público, do setor produtivo e do terceiro setor atenção especial para conter a pressão sobre os recursos florestais, bem como medidas para evitar o processo de degradação ambiental.

A exploração de energéticos florestais tem sua importância reconhecida na formação de renda para o agricultor do semiárido, através dos estudos realizados pelo projeto

PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007 (FERREIRA, 1994). Nesse sentido, a produção de lenha e carvão é parte integral dos sistemas tradicionais de produção agropecuária extensivos do semiárido. Nesses sistemas, as formações florestais têm papel fundamental para a recuperação e manutenção da fertilidade dos solos, pela produção de forragem, etc. Para o produtor rural, a produção extensiva é uma maneira imediata de geração de renda, especialmente para os produtores rurais mais vulneráveis ao clima e à baixa estabilidade dos sistemas tradicionais de produção agropecuária (PERNAMBUCO, 2007).

Os estudos realizados sobre a exploração florestal na região do Polo Gesseiro confirmam padrões observados em outras regiões do semiárido. Segundo a perspectiva de pequenos e médios produtores, a exploração de lenha é um componente normal dos sistemas de pousio e responsável por parte do abastecimento energético nas áreas urbanas e consumo residencial rural. No entanto, a produção de lenha das áreas vinculadas aos planos de manejo apresenta os preços mais elevados de todas as áreas que fornecem lenha para o Polo Gesseiro. Em princípio, a razão se deve ao fato de as áreas estarem mais próximas às unidades de transformação do gesso, sendo então, os municípios próximos ao Polo, responsáveis por grande parte do desmatamento daquela região.

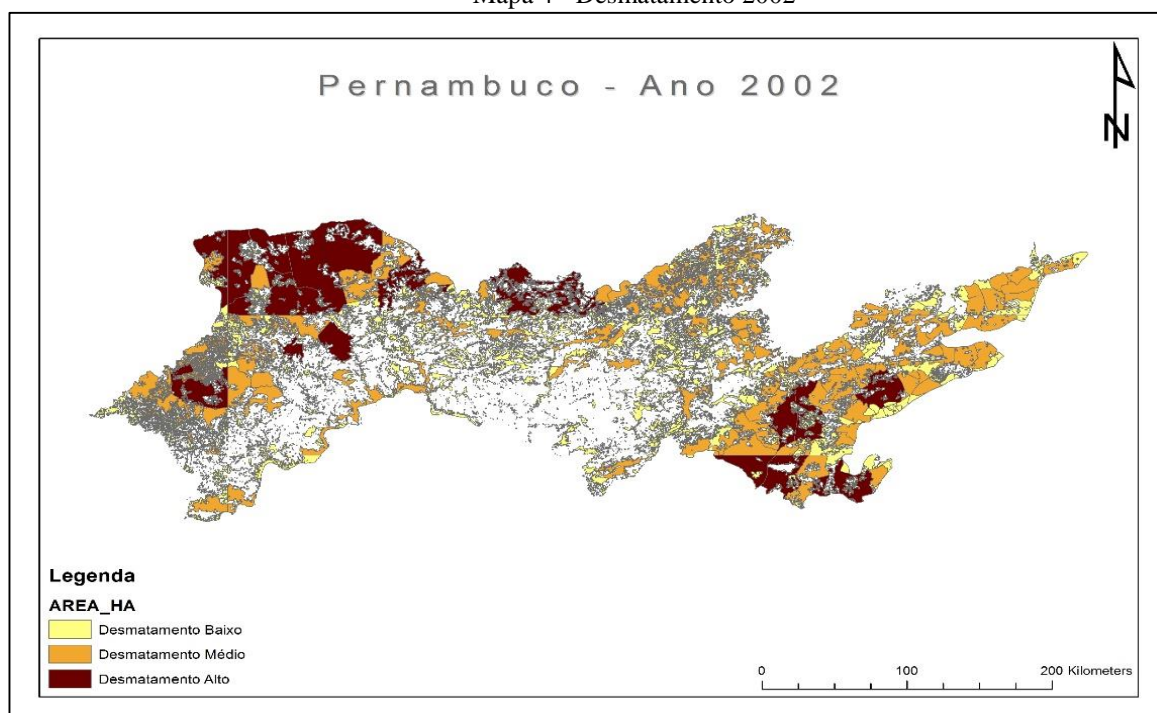
Partindo para próximo da zona costeira, tem-se que historicamente, o Agreste pernambucano foi e continua sendo uma região cuja economia se baseia na criação de gado leiteiro, funcionando como um importante polo de suprimento para o abastecimento de todas as demais mesorregiões do Estado, em particular, dos grandes centros urbanos (SEABRA e MARIANO, 2004).

Com a modernização da pecuária, registrada a partir da segunda metade da década de 1960, em grande parte fomentada e sustentada pelo Estado, via políticas destinadas ao setor primário (em particular às grandes e médias empresas), verificou-se o crescimento de grandes áreas de pastagens, em substituição às áreas tradicionalmente ocupadas pela agricultura familiar. Esse quadro se tornou ainda mais evidente no período entre os anos de 1975 e 1980, em que se constatou um aumento da ordem de 400.000 hectares na área destinada à pecuária na Mesorregião do Agreste, o que contribuiu para o fortalecimento e estímulo à concentração fundiária e, conseqüentemente, o desmatamento do Bioma (PEREIRA e SOUZA, 2006).

De acordo com Galindo (2007), este tipo de atividade pecuária é desenvolvido em regime extensivo, com a criação de gado bovino, caprino e ovino, cuja dieta alimentar se dá, principalmente, à base de vegetação da caatinga, que se constitui em muitos casos, na única fonte de alimento para esses rebanhos. Em decorrência dessas práticas de manejo

inadequadas, sobretudo às relacionadas à pecuária leiteira e à agricultura itinerante, a Caatinga vem sofrendo grandes perdas no tocante a diversidade biológica nos seus ecossistemas, o que contribui também para a degradação do solo, sedimentação dos reservatórios e rios e, conseqüentemente para o declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população (ARAÚJO FILHO; BARBOSA, 2000).

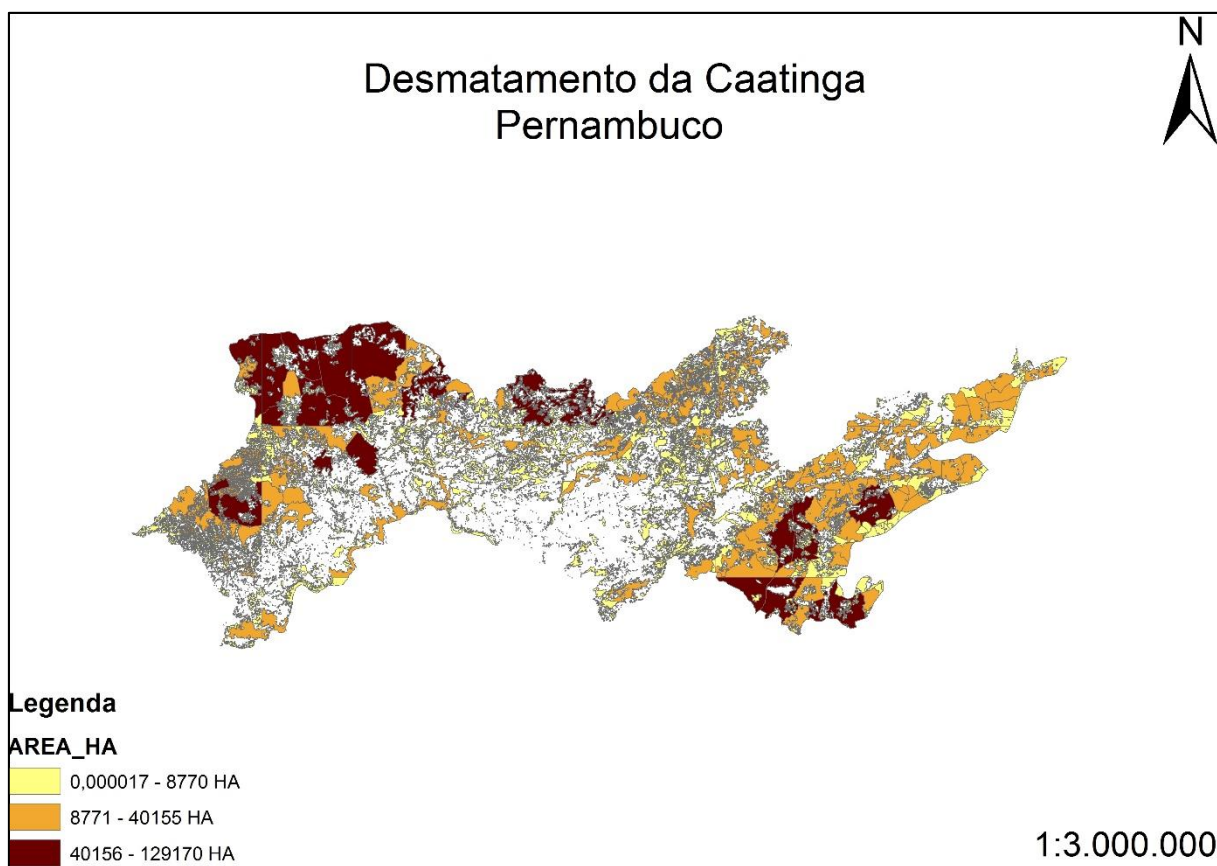
Mapa 4 - Desmatamento 2002



Fonte: PMDBBS (2009). Elaboração da autora. (Obs.: A magnitude do desmatamento (baixo, médio e alto) se configura pela divisão das áreas dos polígonos desmatados sobre o total da área de polígonos. Quanto maior o resultado deste valor, maior o desmatamento, sendo 1=100%)

O cenário não muda quando se observa o montante de hectares desmatados até o ano de 2008 (Mapa 5). Isto se dá porque há um incremento nas áreas anteriormente antropizadas.

Mapa 5 - Desmatamento – Anos Estudados

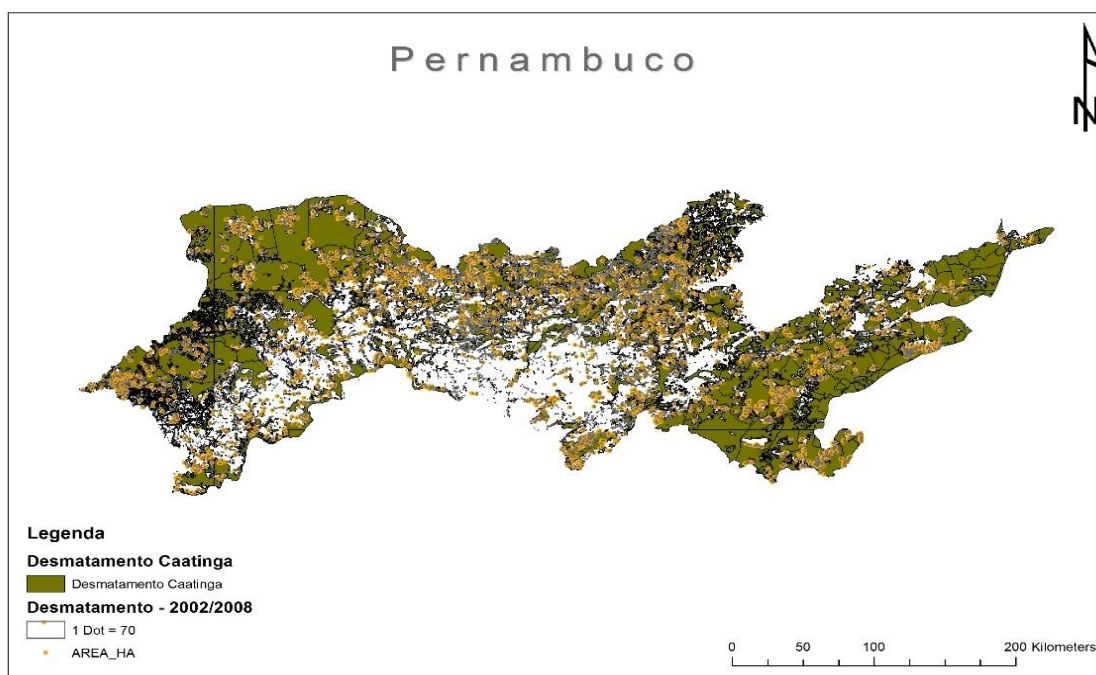


Fonte: PMDBBS, elaboração da autora.



No entanto, quando se observa as variações dentro dos percentuais de cada polígono analisado (Mapa 6), destaca-se o crescente desmatamento no Sertão Central e do Pajeú conforme análise anterior, sendo que cada *dot* representa o espaço de 70ha desmatados, podendo haver sobreposições quando muito próximos.

Mapa 6 - Representação por *dot* para Desmatamento



Fonte: PMDBBS (2009). Elaboração da autora.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) para os municípios do estado de Pernambuco, isto é, se existe uma relação entre um indicador de degradação ambiental e crescimento econômico do estado, na forma de "U" invertido. O indicador de degradação ambiental mais relevante, neste caso, é o desmatamento do bioma endêmico Caatinga, expresso pela quantidade de área desmatada (em ha), monitorado pelo Sistema Prodes (INPE), para todos os municípios do Estado. O crescimento econômico foi expresso pelo PIB Municipal. O estudo abrange o período de 2002 e 2009.

Este trabalho contribuiu com uma análise econométrica utilizando um painel de dados, além de tratar das políticas públicas ambientais, como fator propulsor para a conservação do bioma Caatinga. A análise econométrica parte de um modelo global para o desmatamento nos municípios pernambucanos, e a estimação por efeitos fixos mostra-se a mais apropriada. Este fato está de acordo com o esperado, pois muitos dos determinantes do desmatamento são características peculiares ao município e praticamente invariantes no período de estudo, tais como potencial agropecuário do solo, pluviosidade, áreas protegidas, distância de mercados. O Modelo Básico indica a presença de uma relação do tipo da CKA, em formato concreto de U invertido e ascendência para o formato N (forma cúbica positiva).

Além disso, constatou-se que a inserção no modelo básico de uma *dummy* referente à política pública ambiental não corresponde ao pressuposto literário, fazendo com que o Modelo Expandido explicasse, apenas, a dinâmica da política pública no município e não seu impacto. Embora a presença desse fator, a relação desmatamento versus crescimento econômico pode ser observada novamente em formato de U invertido, tendendo para a formatação em N (forma cúbica positiva).

Concluindo, este trabalho contribui para a compreensão do desmatamento na Caatinga pernambucana como um processo heterogêneo no espaço. Sua relação com o crescimento é distribuída nos municípios conforme a Curva de Kuznets Ambiental. Por fim, acredita-se que os estudos e políticas para a Caatinga devam considerar, sobretudo, diferenças inter e intrarregionais existentes. Como sugestão para abordagem das delimitações do Bioma em estudos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Cezar Augusto Lins de. **O Arranjo Produtivo Local do Gesso do Araripe – PE e sua relação com a Ferrovia Transnordestina**. Monografia de Conclusão do Curso de Ciências Econômicas, UFRPE. Recife, 2011. 43f.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. **Manejo agroflorestal da caatinga: uma proposta de sistema de produção**. In: OLIVEIRA, T. S. et al. Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Fortaleza: UFC, 2000. p. 47-57.
- ARROW, K. et al. **Economic Growth: Carrying Capacity and the Environment**. *Science*, v.268, p.520-521, 1995.
- Baltagi, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**, 1st Edition, Wiley & Sons, West Sussex, 1995.
- \_\_\_\_\_. **Econometric Analysis of Panel Data**, 2nd Edition, Wiley & Sons, West Sussex, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Econometric Analysis of Panel Data**, John Wiley, Chichester, UK, 2003
- \_\_\_\_\_. **Econometric Analysis of Panel Data**, 3rd Edition, Wiley & Sons, West Sussex, 2005
- BARRO, Robert J. **Inequality and Growth in a Panel of Countries**. *Journal of Economic Growth*, v.5, p.5-32, 2000.
- BECKERMAN, W. **Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment**. *World Development*, v.20, p.481-496, 1992.
- BRASIL. **Constituição Federal do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.
- BROCK, W.A; TAYLOR, M.S. **The Green Solow Model**. NBER Working Paper, n.10557, 2004.
- CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena M. M., STALLIVERI, Fábio. **Arranjos Produtivos Locais: uma alternativa para o desenvolvimento Experiências de Política**. Volume 2, Rio de Janeiro, 2008.
- COIMBRA, J. A. A. **O outro lado do meio ambiente**. São Paulo: Cetesb,1985;
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Editora da Fundação Getúlio Vargas. 2ª. Edição. Rio de Janeiro, 1991
- COMMONER, Barry. **The Environmental Costs of Economic Growth**. In: Robert Dorfman e Nancy Dorfman (orgs). *Economics of the Environment Selected Readings*, 2 ed, New York, W. W. Norton e Company Inc, 1972.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS G. The Interaction of Population, Growth and Environmental Quality. *American Economic Review*, v.84, p.250-254, 1994.

D'ARGE, Ralph C. **Essay on Economic Growth and Environmental Quality**. Swedish Journal of Economics, v.15, 1971.

D'ARGE, Ralph C.; KOGIKU, K. **Economic Growth and the Environment**, Review of Economic Studies, v.40, p. 61-77, 1973.

DIAS, Regina Lúcia Feitosa. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semi-árido cearense (O caso de Irauçuba)**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1998. 139 f.:Il.

FERREIRA, L. A. **Consumo e fluxo de produtos florestais no setor industrial/comercial do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007. Documento de Campo Nº. 20. 1994. 62 p. il.

GALINDO, I. C. de L. **Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Estado de Pernambuco**. 2007. 255 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GODARD, O. **Environnement et théorie économique: de l'internalisation des effets externes au développement soutenable**. In: SEMINAIRE Ecologie et Environnement, École Nationale de la Magistrature, Paris, 1992;

\_\_\_\_\_. **L'ambivalence de la précaution et la transformation des rapports entre science et decision**. In: GODARD, O. (Ed.). Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines. Paris: Editions de la MSH/INRA, 1997;

GOODSTEIN, Ebans. **Economics and Environment**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1999.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice Hall/Upper Saddle River, 2002.

GROSSMAN, G; KRUEGER. A. **Economic Growth and the Environment**. Quarterly Journal of Economics, v.110, n.2, p.353-377, 1995.

GROSSMAN, Volker. **Inequality, Economic Growth, and Technological Change – New Aspects in an Old Debate**. Heidelberg: New York: Physical- Verl, 2001.

GRUVER, Gene W. **Optimal Investment in Pollution Control Capital in a Neoclassical Growth Context**. Journal of Environmental Economics and Management v.3, p.165-177, 1976.

GURAJATI, D. N. **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books, 2006.

HARBAUGH, William; LEVINSON, Arik; WILSON, David. Reexamining **The Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve**. NBER Working Paper 7711, 2000.

HEAL, G.; DASGUPTA, P. **The Optimal Depletion of Exhaustible Resources**, Review of Economic Studies, Symposium Volume, 1975, p. 3-28.

HILTON, F. G. HANK; LEVINSON, A. **Factoring the Environmental Kuznets Curve: evidence from automotive lead emissions**, *Journal of Environmental Economics and Management*, v.35, p.126-141, 1998.

HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University, 1958.

HSIAO, CH (1986). "Analysis of Panel Data", *Econometric Society Monographs* No 11,

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 1995/96**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

\_\_\_\_\_. **Relatório Meio Ambiente 2002**: Perfil dos Municípios Brasileiros. IBGE, 2002.

\_\_\_\_\_. **Censo de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

\_\_\_\_\_. **Índice de Desenvolvimento Sustentável 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JONES, Larry E.; MANUELLI, Rodolfo E. **A Positive Model of Growth and Pollution Controls**. NBER Working Papers n.5205, 1995.

KARMIEN, Morton I; SCHWARTZ, Nancy L. **Optimal Exhaustible Resource Depletion with Endogenous Technical Change**. *Review of Economic Studies*, v. 45, p.179-196, 1978.

KHAN, M.E. **A Household Level Environmental Kuznets Curve**. *Economics Letters*, v.59, n.2, p.269-273, 1998.

KUZNETS, Simon. **Economic Growth and Income Inequality**. *American Economic Review*, v.45, p.1-28. 1995.

MARQUES, David L. **Modelos Dinâmicos com Dados em Paineis**: revisão de literatura. Faculdade de Economia do Porto. 2000.

MELO, André Laurênio de; SILVA, Marcos José da; SALES, Margareth Ferreira de. **Sebastiania singularis (Euphorbiaceae): um novo sinônimo para Phyllanthus chacoensis (Phyllanthaceae)**. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v. 64, n. 3, set. 2013. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2175-78602013000300018&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-78602013000300018&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 18 fev. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000300018>.

MISHAN, E. J. **The Costs of Economic Growth**. Ringwood; Vic, Pinguin Australia, 1969.

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, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009.

PEREIRA, J. M. ; SOUSA, M. M. M. . **A Estagnação da Pecuária no Agreste de Pernambuco**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza: CSBESR, 2006

PEREIRA JUNIOR, Lécio Resende et al. **Caatinga species as an alternative to the development of new phytochemicals. Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 21, n. 4, dez. 2014. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-80872014000400011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872014000400011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 18 fev. 2015. Epub 24-Out-2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.024212>.

PERNAMBUCO. **Biodiversidade e Extração Florestal**. Recife: Projeto PNUD/BRA/93/033. Relatório de Projeto, 2003a.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do setor florestal do Estado de Pernambuco**. Recife: Projeto PNUD/FAO/BRA/87/007/Governo de Pernambuco/SECTMA, 1998. 60 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Apoio Técnico e Institucional para o Desenvolvimento do Programa Florestal da Chapada do Araripe em Pernambuco**, Mimeo, maio de 2007.

PTDRS ARARIPE - **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Sertão do Araripe**. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília: MDA/SDT, 2011.

Ramos, C. M. Q. **A Influência das Tecnologias de Informação e de Comunicação na Procura Turística: Uma Abordagem com Dados em Macro Painel**. Tese de Doutorado em em Métodos Quantitativos Aplicados à Economia e à Gestão Especialização em Econometria. Universidade do Algarve. 2011, 359p.

RAY, Debraj. **Development Economics**. Princeton, New Jersey, Princeton University Press. 1998.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA). **Região do Araripe: diagnóstico florestal/** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

RODRIGUES, Joseilson Oliveira et al. **Produção de sedimentos em microbacias hidrográficas semiáridas sobre manejos diferenciados**. Rev. Ciênc. Agron. [online]. 2013, vol.44, n.3, pp. 488-498.

RUTTAN, Vernon. **Technology, Growth, and Development: an induced innovation perspective**. Oxford University Press, New York, 2001.

SALA-I-MARTIN, Xavier. **The Classical Approach to Convergence Analysis**. The Economic Journal, v. 106, p.1019-36, 1996.

SEABRA, G; MARIANO, G. **Turismo Rural no Agreste Pernambucano: o caminho das pedras é também das flores e dos frutos**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE TURISMO RURAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 4., 2004, Joinville. Anais... Joinville: CITRDS, 2004.

SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. **Environmental Quality and Development: is there a Kuznets Curve for air Pollution Emission?**. Journal of Environmental Economics and Management, v. 27, p.147-162, 1994.

\_\_\_\_\_. **Neoclassical Growth, The J Curve for Abatement and the Inverted U Curve for Pollution.** Journal of Environmental and Management, v.29, p.162-168, 1995.

SMITH, Vernon. **Control Theory Applied to Natural and Environmental Resources.** Journal of Environmental Economics and Management, v. 4, p.1-14, 1997.

SMULDERS, Sjak; BRETSCHEGER, Lucas. **Explaining Environmental Kuznets Curves: How Pollution Induces Policy and New Technologies.** Working paper, Tilburg University, p.25, 2001.

SOLOW, Robert. **Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. Review of Economic Studies,** Symposium Volume, p. 29-45, 1975.

\_\_\_\_\_. **The Economics of Resources or the Resources of Economics.** The American Economic Review, v. 64, n. 2, p.1-14, 1974.

Song, H., S. Witt e G. Li. **The Advanced Econometrics of Tourism Demand,** Taylor and Francis, Routledge, 2009.

STIGLITZ, Joseph E. WEISS, Andrew. **Credit rationing in markets with imperfect information.** In.: The American Economic Review, Vol 71, n.º 3, June, 1981, pp. 393-410.

STIGLITZ, Joseph. **Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and optimal Growth Paths,** Review of Economic Studies, Symposium Volume, p. 123-52, 1975.

UNDP (United Nations Development Program). **Human Development Report 2002:** New York: Oxford University Press, 2002.

WAUTIEZ, François et alli. “**Indicadores da economia solidária**”. In: CATTANI, Antonio David (Org.). A outra economia. Porto Alegre: Veraz Editores, 2003, p. 117 – 183.

## ANEXO A – DIAGNÓSTICO DE PAINÉIS

### Diagnóstico de Paineis – Modelo Básico

Diagnósticos: assumindo um painel equilibrado com 102 cortes transversais observados durante 2 períodos

Estimador de efeitos fixos

permite diferenciar os interceptos por unidade de corte transversal  
erros padrão das inclinações entre parênteses, p-valores em chaves

const:	36409	(797,68)	[0,00000]
PIB:	0,0057219	(0,0012379)	[0,00001]
PIB_2:	-7,3796e-010	(2,1438e-010)	[0,00085]
PIB_3:	2,2604e-017	(6,9873e-018)	[0,00165]

102 médias de grupo foram subtraídas dos dados

Variância dos resíduos:  $8,43852e+008/(204 - 105) = 8,52375e+006$

Significância conjunta da diferenciação das médias de grupo:

$F(101, 99) = 302,452$  com p-valor  $2,21217e-095$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo MQO agrupado (pooled) é adequado, validando a hipótese alternativa da existência de efeitos fixos.)

Estatística de teste Breusch-Pagan:

$LM = 90,3331$  com p-valor =  $\text{prob}(\text{qui-quadrado}(1) > 90,3331) = 2,01256e-021$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo MQO agrupado (pooled) é adequado, validando a hipótese alternativa da existência de efeitos aleatórios.)

Variance estimators:

between =  $1,12803e+009$

within =  $8,52375e+006$

theta used for quasi-demeaning =  $0,938533$

Estimador de efeitos aleatórios

permite um componente unitário-específico no termo do erro  
(erros padrão entre parênteses, p-valores entre chaves)

const:	36020	(3649,7)	[0,00000]
PIB:	0,0059709	(0,0012942)	[0,00001]
PIB_2:	-7,0583e-010	(2,2053e-010)	[0,00160]
PIB_3:	2,1172e-017	(7,1739e-018)	[0,00354]

Estatística de teste de Hausman:

$H = 33,092$  com p-valor =  $\text{prob}(\text{qui-quadrado}(3) > 33,092) = 3,07988e-007$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios é consistente, validando a hipótese alternativa da existência do modelo de efeitos fixos.)

### Diagnóstico de Paineis – Modelo Expandido

Diagnósticos: assumindo um painel equilibrado com 102 cortes transversais observados durante 2 períodos

Estimador de efeitos fixos

permite diferenciar os interceptos por unidade de corte transversal



erros padrão das inclinações entre parênteses, p-valores em chaves

```

const:    36451    (864,04)    [0,00000]
  PIB:    0,0057113 (0,0012468) [0,00001]
  PIB_2:  -7,359e-010 (2,1603e-010) [0,00096]
  PIB_3:  2,2531e-017 (7,0446e-018) [0,00186]
  Dummy:  -87,365    (671,71)    [0,89678]

```

102 médias de grupo foram subtraídas dos dados

Variância dos resíduos:  $8,43706e+008/(204 - 106) = 8,60925e+006$

Significância conjunta da diferenciação das médias de grupo:

$F(101, 98) = 299,051$  com p-valor  $2,91538e-094$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo MQO agrupado (pooled) é adequado, validando a hipótese alternativa da existência de efeitos fixos.)

Estatística de teste Breusch-Pagan:

$LM = 90,5229$  com p-valor =  $\text{prob}(\text{qui-quadrado}(1) > 90,5229) = 1,82848e-021$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo MQO agrupado (pooled) é adequado, validando a hipótese alternativa da existência de efeitos aleatórios.)

Variance estimators:

between =  $1,13959e+009$

within =  $8,60925e+006$

theta used for quasi-demeaning =  $0,93854$

Estimador de efeitos aleatórios

permite um componente unitário-específico no termo do erro  
(erros padrão entre parênteses, p-valores entre chaves)

```

const:    36009    (3674,4)    [0,00000]
  PIB:    0,0059734 (0,0012996) [0,00001]
  PIB_2:  -7,0638e-010 (2,2163e-010) [0,00167]
  PIB_3:  2,1192e-017 (7,2137e-018) [0,00370]
  Dummy:  24,516    (714,56)    [0,97266]

```

Estatística de teste de Hausman:

$H = 33,1141$  com p-valor =  $\text{prob}(\text{qui-quadrado}(4) > 33,1141) = 1,13195e-006$

(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios é consistente, validando a hipótese alternativa da existência do modelo de efeitos fixos.)

- **MQO – Modelo Básico**

**Modelo 1: MQO agrupado, usando 204 observações**

**Incluídas 102 unidades de corte transversal**

**Comprimento da série temporal = 2**

**Variável dependente: Desmatamento**

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	23069,7	4084,94	5,6475	<0,00001	***
PIB	0,0233489	0,00492332	4,7425	<0,00001	***
PIB_2	-2,84623e-09	8,03085e-010	-3,5441	0,00049	***
PIB_3	2E-12	1E-10	3,2217	0,00149	***
Média var. dependente	40324,96	D.P. var. dependente		39162,61	
Soma resíd. quadrados	2,61e+11	E.P. da regressão		36140,30	
R-quadrado	0,160976	R-quadrado ajustado		0,148391	
F(3, 200)	12,79075	P-valor(F)		1,11e-07	

Log da verossimilhança	-2428,457	Critério de Akaike	4864,914
Critério de Schwarz	4878,187	Critério Hannan-Quinn	4870,283

- **MQO – Modelo Expandido**

**Modelo 2: MQO agrupado, usando 204 observações**  
**Incluídas 102 unidades de corte transversal**  
**Comprimento da série temporal = 2**  
**Variável dependente: Desmatamento**

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	22484,3	4248,13	5,2928	<0,00001	***
PIB	0,0225574	0,00516739	4,3653	0,00002	***
PIB_2	-2,77557e-09	8,16236e-010	-3,4005	0,00081	***
PIB_3	1E-30	3E-45	3,1388	0,00195	***
<i>Dummy</i>	2871,36	5588,91	0,5138	0,60799	
Média var. dependente	40324,96	D.P. var. dependente		39162,61	
Soma resíd. quadrados	2,61e+11	E.P. da regressão		36206,99	
R-quadrado	0,162088	R-quadrado ajustado		0,145245	
F(4, 199)	9,623743	P-valor(F)		3,91e-07	
Log da verossimilhança	-2428,322	Critério de Akaike		4866,644	
Critério de Schwarz	4883,234	Critério Hannan-Quinn		4873,355	

- **EF – Modelo Básico**

**Modelo 3: Efeitos-fixos, usando 204 observações**  
**Incluídas 102 unidades de corte transversal**  
**Comprimento da série temporal = 2**  
**Variável dependente: Desmatamento**

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	36409,4	797,68	45,6442	<0,00001	***
PIB	0,00572193	0,00123793	4,6222	0,00001	***
PIB_2	-7,37955e-010	2,14381e-010	-3,4423	0,00085	***
PIB_3	1E-46	2E-52	3,2350	0,00165	***
Média var. dependente	40324,96	D.P. var. dependente		39162,61	
Soma resíd. quadrados	8,44e+08	E.P. da regressão		2919,547	
R-quadrado	0,997290	R-quadrado ajustado		0,994442	
F(104, 99)	350,2647	P-valor(F)		1,06e-98	
Log da verossimilhança	-1843,471	Critério de Akaike		3896,942	
Critério de Schwarz	4245,344	Critério Hannan-Quinn		4037,877	

Teste para diferenciar interceptos de grupos - Hipótese nula: Os grupos têm um intercepto comum Estatística de teste:  $F(101, 99) = 302,452$  com  $p\text{-valor} = P(F(101, 99) > 302,452) = 2,21217e-095$

- **EF – Modelo Expandido**

**Modelo 7: Efeitos-fixos, usando 204 observações**  
**Incluídas 102 unidades de corte transversal**  
**Comprimento da série temporal = 2**  
**Variável dependente: Desmatamento**

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	36451,4	864,042	42,1870	<0,00001	***
PIB	0,00571134	0,00124678	4,5809	0,00001	***

PIB_2	-7,35898e-010	2,16033e-010	-3,4064	0,00096	***
PIB_3	1E-37	2E-22	3,1983	0,00186	***
Dummy	-87,365	671,706	-0,1301	0,89678	

Média var. dependente	40324,96	D.P. var. dependente	39162,61
Soma resíd. quadrados	8,44e+08	E.P. da regressão	2934,152
R-quadrado	0,997290	R-quadrado ajustado	0,994387
F(105, 98)	343,4839	P-valor(F)	1,97e-97
Log da verossimilhança	-1843,453	Critério de Akaike	3898,907
Critério de Schwarz	4250,627	Critério Hannan-Quinn	4041,184

**Teste para diferenciar interceptos de grupos - Hipótese nula: Os grupos têm um intercepto comum** Estatística de teste:  $F(101, 98) = 299,051$  com p-valor =  $P(F(101, 98) > 299,051) = 2,91538e-094$

**Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal** Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 475,212 com p-valor = 6,44267e-104

**Teste de Wald independente da distribuição para heteroscedasticidade - Hipótese nula: as unidades têm a mesma variância de erro** Estatística de teste assintótica: Qui-quadrado(102) = 5,28619e+037 com p-valor = 0

- **Base de Dados (Modelo)**

ANO	COD	Desmatamento	PIB	PIB^2	PIB^3	Dummy	Geocódigo
2002	1	20863,37584	R\$ 933.000,00	R\$ 870.489.000.000,00	R\$ 812.166.237.000.000.000,00	1	2600104
2008	1	22855,93606	R\$ 1.500.646,29	R\$ 2.251.939.295.052,43	R\$ 3.379.364.353.949.260.000,00	1	2600104
2002	2	92885,44922	R\$ 305.253,01	R\$ 93.179.401.364,49	R\$ 28.443.292.927.359.300,00	0	2600203
2008	2	99632,85776	R\$ 542.141,20	R\$ 293.917.078.691,62	R\$ 159.344.557.187.811.000,00	0	2600203
2002	3	633,1792546	R\$ 565.325,30	R\$ 319.592.696.182,32	R\$ 180.673.837.232.130.000,00	1	2600302
2008	3	2819,609789	R\$ 895.065,37	R\$ 801.142.012.857,87	R\$ 717.074.470.498.428.000,00	0	2600302
2002	4	72337,52217	R\$ 885.289,16	R\$ 783.736.890.840,47	R\$ 693.833.771.109.240.000,00	0	2600500
2008	4	74004,79612	R\$ 1.263.046,86	R\$ 1.595.287.366.742,89	R\$ 2.014.922.696.954.290.000,00	0	2600500
2002	5	16886,10229	R\$ 260.168,67	R\$ 67.687.739.294,53	R\$ 17.610.229.425.614.800,00	1	2600609
2008	5	17272,68718	R\$ 483.234,73	R\$ 233.515.800.813,47	R\$ 112.842.944.119.699.000,00	1	2600609
2002	6	20733,80026	R\$ 468.831,33	R\$ 219.802.811.583,68	R\$ 103.050.443.459.710.000,00	1	2600807
2008	6	24155,60912	R\$ 669.457,40	R\$ 448.173.205.362,25	R\$ 300.032.867.120.259.000,00	0	2600807
2002	7	152963,6493	R\$ 1.866.469,88	R\$ 3.483.709.811.148,21	R\$ 6.502.239.431.489.720.000,00	1	2601102
2008	7	156314,4582	R\$ 2.958.598,59	R\$ 8.753.305.642.428,39	R\$ 25.897.517.769.513.700.000,00	1	2601102
2002	8	23233,57915	R\$ 1.984.096,39	R\$ 3.936.638.467.121,50	R\$ 7.810.670.153.802.030.000,00	1	2601201
2008	8	23837,46268	R\$ 3.089.950,73	R\$ 9.547.795.491.673,17	R\$ 29.502.217.615.158.300.000,00	0	2601201
2002	9	17733,87549	R\$ 604.168,67	R\$ 365.019.787.487,30	R\$ 220.533.521.245.037.000,00	0	2601607
2008	9	20183,82019	R\$ 962.872,10	R\$ 927.122.688.225,37	R\$ 892.700.573.267.783.000,00	0	2601607
2002	10	31704,73085	R\$ 2.656.024,10	R\$ 7.054.464.000.580,63	R\$ 18.736.826.372.626.500.000,00	1	2601706
2008	10	33093,30967	R\$ 5.962.647,02	R\$ 35.553.159.471.614,60	R\$ 211.990.940.334.758.000.000,00	1	2601706