

## CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA A MATA ATLÂNTICA

Pedro Henrique Batista de Barros<sup>1</sup>

Adirson Maciel Freitas Junior<sup>2</sup>

Cleise Maria de Almeida Tupich Hilgemberg<sup>3</sup>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo verificar a existência de uma Curva Ambiental de Kuznets para a Mata Atlântica, isto é, se há uma relação entre o crescimento da renda per capita e o desmatamento nesse bioma. Estimou-se um modelo de regressão com dados em painel, de 2008 a 2016, para 17 estados brasileiros. O percentual remanescente da floresta foi utilizado como variável dependente e a renda per capita como variável explicativa. O resultado foi que o desmatamento está inversamente relacionado à renda, com o crescimento dessa, aumentando os remanescentes da floresta. A relação é, portanto, condizente com o desenvolvimento sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curva de Kuznets Ambiental. Desmatamento da Mata Atlântica. Dados em Painel.

**ABSTRACT:** This work aims to investigate the existence of a Kuznets Environmental Curve for the Atlantic Forest, in other words, if there are a relationship between the per capita income growth and the deforestation in this biome. A regression model with panel data was estimated, from 2008 to 2016, for 17 Brazilian States. The remaining percentage of the forest was used as dependent variable and the income per capita as explanatory variable. The result was that the deforestation is inversely related with income, with its growth, increasing forest remnants. The relationship is, therefore, consistent with sustainable development.

**KEY WORDS:** Kuznets Environmental Curve. Disforests of Atlantic Forest. Panel Data.

Data da submissão: 22-11-2017

Data do aceite: 08-10-2018

Código JEL: Q01, Q56

### 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma floresta tropical que está presente principalmente ao longo da costa atlântica do Brasil e abrange dezessete estados do país (PI, CE, RN, PE, PB, SE, AL, BA, ES, MG, GO, RJ, MS, SP, PR, SC e RS). A Lei 11.428 de 2006 definiu os limites e as diretrizes para a Mata Atlântica. A floresta abrange 1.315.460 km<sup>2</sup> do território brasileiro representando aproximadamente 15% do Brasil, além disso, nessa área vive cerca de 61% da população brasileira, isto é, cerca de 125 milhões de brasileiros distribuídos em mais de 3.222 municípios do país, sendo que em 2.594 deles a Mata Atlântica é o único bioma presente (ATLAS SOS MATA ATLÂNTICA, 2016).

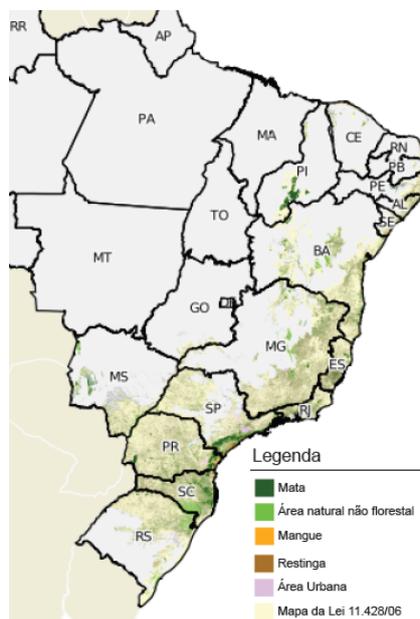
Segundo Dean (1995), o processo de perda de cobertura florestal está intimamente interligado ao desenvolvimento histórico e econômico do Brasil, com seu início remontando a colonização do país. O desenvolvimento de atividades econômicas como as grandes plantações de cana-de-açúcar no Nordeste, a mineração em Minas Gerais e a cafeicultura no Sudeste tiveram grande impacto na Mata Atlântica. No entanto apenas 11,7% do total original ainda existia em 2008 e a maior parte sendo de fragmentos menores do que 50 ha (RIBEIRO, 2009). A Figura 1 ilustra a extensão do bioma da Mata Atlântica segundo a Lei 11.428/06 e os remanescentes da floresta em 2016.

<sup>1</sup> Mestrando em Economia, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

<sup>2</sup> Mestrando em Economia/UEPG.

<sup>3</sup> Professora do Departamento de Economia da UEPG.

**Figura 1** – Domínio do bioma Mata Atlântica: limite de acordo com a atual legislação e remanescentes florestais em 2016



Fonte: INPE/SOS Mata Atlântica (2016)

Durante o século XX, especialmente a partir de 1930, o Brasil passou por um processo de modernização associado a um rápido crescimento econômico e industrial. A intensificação da ocupação do território, especialmente no Sudeste e Sul, teve como efeito colateral a aceleração da perda florestal (RODRIGUES, 2008). Além disso, esse período coincidiu com um rápido crescimento da renda per capita brasileira, a qual saiu de R\$497,00 em 1900 chegando a R\$6.011,00 em 1980 e em 2016 atingiu R\$14.712 segundo o IBGE (2016).

Apesar do aumento contínuo da renda per capita brasileira, o processo de desflorestamento da Mata Atlântica vem se revertendo, tendo inclusive, ocorrido uma recuperação florestal de 2008 a 2014 na ordem de 3,3%, isto é, atingindo 15% de remanescentes segundo os Atlas da SOS Mata Atlântica (2016). Dessa forma, os dados indicam que pode ter acontecido uma inversão da lógica entre crescimento da renda per capita e degradação florestal, que foi predominante na história brasileira.

Essa dinâmica está de acordo a hipótese desenvolvida por Grossman e Krueger (1991), a qual afirma que um país quando está em níveis baixos de desenvolvimento, um crescimento na renda per capita levará ao aumento da degradação do meio ambiente. Entretanto, a partir de um determinado ponto essa lógica se inverteria, isto é, um aumento da renda per capita levaria a uma diminuição da degradação ambiental. A curva representativa dessa relação infere a existência de uma Curva Kuznets com formato de “U” invertido conhecida por Curva Ambiental de Kuznets (CKA). Há vários trabalhos que buscaram estimar uma CKA para o Brasil, porém existe uma concentração dos esforços na Amazônia brasileira, poucos tentaram identificar a relação para a Mata Atlântica.

O presente artigo busca preencher uma lacuna existente na literatura sobre o assunto e, assim estimar uma CKA, ou seja, verificar qual é a relação entre crescimento da renda per capita e desmatamento para a Mata Atlântica.

Deste modo, o presente texto está dividido em quatro seções além desta onde a primeira refere-se a revisão da literatura sobre a Curva Ambiental de Kuznets tanto num aspecto teórico quanto empírico. A segunda seção trata da metodologia e do banco de dados utilizados. Na terceira serão analisados os resultados encontrados e, finalmente, na última, serão feitas as considerações finais.

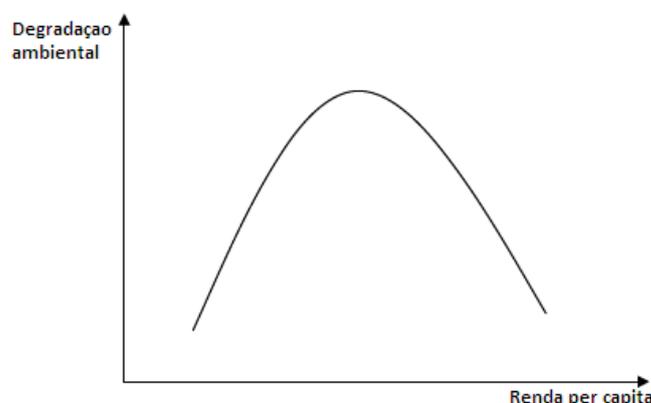
## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Kuznets (1955) estabeleceu uma relação funcional de “U” invertido entre crescimento econômico e distribuição de renda, que ficou conhecida como Curva de Kuznets. Em níveis baixos de desenvolvimento, conforme uma nação

crescia, a tendência era de que a desigualdade entre sua população aumentasse até atingir um pico, a partir do qual, passava a ser de queda. Essa relação se deve às diferenças de produtividade e nível de concentração da renda entre a área rural e urbana, com essa última tendo uma produtividade superior e também uma maior concentração da renda. Portanto, conforme um país se desenvolve, a tendência é que ocorra o êxodo rural, aumentando o número de pessoas na área urbana, havendo assim uma ampliação da diferença de renda per capita entre aqueles que continuam no campo e os que estão nas cidades.

Grossman e Krueger (1991), em um trabalho pioneiro buscaram verificar qual seria o impacto ambiental da criação do NAFTA (North American Free Trade Agreement). Foi identificada uma relação de “U” invertido entre crescimento econômico especialmente da renda per capita e a degradação do meio ambiente, ou seja, semelhante àquela encontrada originalmente por Kuznets (Figura 2) entre crescimento da renda per capita e da desigualdade social.

**Figura 2** – Curva Ambiental de Kuznets (CKA)



Fonte: Elaboração dos autores.

Grossman e Krueger (1991) tentaram decompor os efeitos que estavam por trás da relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental. Foram identificados três efeitos principais: escala, composição e técnico.

a) O efeito escala acontece quando produção aumenta e concomitantemente ocorre um crescimento na pressão sobre o meio ambiente, pois há um maior uso de recursos naturais como também de poluentes advindos da produção,

b) O efeito composição é a mudança que ocorre na composição dos bens e serviços produzidos, como, por exemplo, o deslocamento de bens industriais (que são mais poluentes) para serviços (pouco poluentes),

c) O efeito técnico está relacionado aos avanços tecnológicos que aumentam a produtividade, ou seja, produzem mais com menos e podem, além disso, ser tecnologias mais “limpas”, isto é, conseguem produzir sem gerar tantos resíduos poluentes.

Segundo Grossman e Krueger (1991), os efeitos composição e técnico podem ser grandes o suficiente, anular o efeito escala. Dessa forma, a trajetória entre crescimento da renda e degradação pode se inverter, ou seja, apesar da renda aumentar não necessariamente ocorrerá um aumento na degradação ambiental. A parte descendente da Curva Ambiental de Kuznets, portanto, pode ser explicada por essa dinâmica de efeitos.

Shafik e Bandyopadhyay (1992), tendo como referência o trabalho desenvolvido por Grossman e Krueger, realizaram um estudo empírico para verificar se de fato há uma relação em formato de “U” invertido entre renda per capita e degradação ambiental. Para tal, utilizaram diversos indicadores como concentração de poluentes na atmosfera, déficit de saneamento urbano e acesso à água, entre outros.

Os resultados encontrados por Shafik e Bandyopadhyay (1992) foram que inicialmente, conforme a renda cresce, os níveis de degradação ambiental aumentam consideravelmente. Entretanto, a partir de um determinado nível de renda, ocorre a inversão da dinâmica entre renda e degradação, isto é, inicia-se uma redução na degradação ambiental conforme a renda aumenta. As únicas exceções foram em relação a quantidade de lixo urbano e emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera que crescem de forma monotônica conforme a renda aumenta. Os resultados, entretanto, foram semelhantes aos encontrados por Grossman e Krueger (1991).

O Banco Mundial usando principalmente os resultados encontrados por Shafik e Bandyopadhyay (1992), buscou melhor definir o conceito de desenvolvimento sustentável e, além disso, o popularizou juntamente com a CKA em seu World Bank Development Report (IBRD, 1992). O crescimento econômico foi identificado como o melhor instrumento para se alcançar a verdadeira proteção ambiental, indo de encontro, dessa forma, com muitos grupos ambientalistas que defendiam que o crescimento era o principal responsável pela degradação do meio ambiente. A ideia central exposta Banco Mundial em seu relatório pode ser descrita pelo seguinte trecho:

“A visão de que uma atividade econômica maior inevitavelmente fere o meio ambiente é baseada em suposições estáticas a respeito dos avanços tecnológicos, das preferências e dos investimentos em meio ambiente” ... “Conforme a renda aumenta, a demanda por melhorias na qualidade ambiental aumentará, assim como os recursos disponíveis para investimento.” (IBRD, 1992, págs. 38 e 39)

Arrow et al. (1995) defendem que o formato da CKA se deve ao processo natural de como acontece o desenvolvimento econômico. Esse se inicia com o deslocamento das atividades produtivas do setor primário (agrícola) para o setor secundário (industrial) e finalmente para o setor terciário (serviços). As atividades ligadas ao setor industrial tendem a ser na média mais poluentes e a usarem mais recursos naturais do que as atividades agrícolas.

Após essa transição inicial onde o ramo industrial se torna predominante, o desenvolvimento leva as nações a deslocarem suas atividades ligadas cada vez mais para o setor de serviços. Serviços, por sua natureza não gera tantos resíduos e não demanda tanto recursos naturais e capital físico como a indústria, sendo o capital humano, essencialmente intangível, o principal insumo. Essa fase de transição para uma economia que emprega a maioria das pessoas num setor de serviço seria, portanto, uma das principais responsáveis da inversão da lógica entre crescimento da renda per capita e degradação ambiental.

Dessa forma, para Arrow et al. (1995) a principal ferramenta para melhorar os indicadores ambientais seria através do desenvolvimento econômico.

Selden e Song (1994), por sua vez, defendem que o aumento da renda e conseqüente do consumo inevitavelmente levam a uma maior utilização de recursos naturais e, dessa forma, à degradação ambiental. Porém, há alguns fatores que atuam como amortecedores desse efeito até que no limite quando altos níveis de renda acabam por ser maiores que os efeitos degradantes. Os autores buscaram ampliar o referencial teórico sobre o assunto identificando quais seriam os motivos e processos que resultaram nos três efeitos identificados por Grossman e Krueger (1991). Os principais, segundo Selden e Song (1994), seriam:

- i. Elasticidade-renda positiva para a qualidade ambiental, ou seja, quanto maior for a renda dos indivíduos, maior será a utilidade advinda de um meio ambiente não-degradado;
- ii. Crescimento do nível educacional e consciência ambiental aliado a sistemas políticos mais abertos, refletindo, por exemplo, em criações de leis e normas que restringem a poluição e degradação do meio ambiente; Mudanças na composição da produção e consumo devido às mudanças restritivas da legislação ou a um deslocamento devido às preferências dos consumidores para bens e serviços menos poluidores, como educação, saúde, entretenimento e etc;
- iii. Inovações tecnológicas que aumentam a produtividade que podem ter sido induzidas pela lógica competitiva do mercado como também devido a necessidade de adequação a legislações que restringem o uso de tecnologias excessivamente poluidoras, sendo essas restrições advindas principalmente dos fatores anteriores.

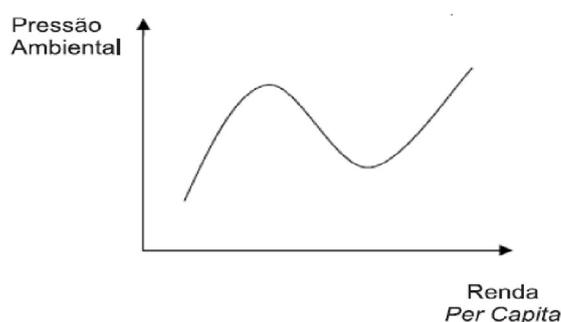
Muitos pesquisadores, porém, argumentam que a parte descendente da CKA poderia estar ocorrendo simplesmente pelo fato de que indústrias poluentes tende a se deslocar de países desenvolvidos para países subdesenvolvidos devido às restrições impostas pela legislação daqueles (Suri e Chapman, 1998; Arrow et al., 1995, Stern et al., 1996). Essa teoria passou a ser conhecida na literatura como a Hipótese dos Portos de Poluição (Pollution Haven Hypothesis). Cole (2003) buscou verificar se de fato parte considerável da parte descendente da CKA poderia ser explicada por essa hipótese. O autor utilizou dados das importações e das exportações de produtos poluentes para tentar captar se os países desenvolvidos estariam importando produtos que geram alto nível de poluição como também se os estariam deixando de exportar, no final, não havendo nenhuma alteração da composição de consumo, sendo, dessa forma a parte descendente da curva devido ao fato das indústrias terem ido para outros países. Entretanto, ele não encontrou evidências consideráveis para sustentar tal hipótese e conclui que provavelmente a parte descendente da CKA se deve a outros fatores que não estão relacionados com a Hipótese dos Portos de Poluição.

Apesar das evidências para a existência de uma CKA, alguns autores, como De Bruynet et al. (1998), argumentam que essa relação só se sustentaria no curto prazo. No longo prazo, haveria um outro ponto de inflexão no

qual o crescimento per capita levaria novamente a um aumento da degradação ambiental, conforme exemplificado na (Figura 3). Portanto, a relação entre desenvolvimento e meio ambiente no longo prazo seria melhor representado por uma curva em forma de “N” e não no formato usual de “U” invertido.

No caso específico da utilização desmatamento como variável de degradação ambiental, foco deste artigo, não há um consenso sobre a existência de uma CKA tradicional em formato de “U-invertido”. Shafik e Bandyopadhyay (1992), numa investigação pioneira, e Shafik (1994) não encontraram relações estatisticamente significativas entre desmatamento e renda per capita. Por outro lado, analisando essa relação para três continentes, África, América Latina e Ásia, Cropper e Griffiths (1994) encontraram resultados estatisticamente significativos para os dois primeiros, enquanto Bhattarai e Hammig (2001) realizando um estudo semelhante para os três continentes encontraram resultados estatisticamente significativos para todos entre renda e cobertura florestal. Portanto, dados os resultados divergentes na literatura internacional, não se pode chegar a uma conclusão definitiva sobre o assunto.

**Figura 3** – Curva Ambiental de Kuznets em formato de “N”



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o Brasil, foram realizados vários estudos que buscaram identificar a existência da Curva de Kuznets Ambiental (CKA). Fonseca e Ribeiro (2005) tentaram identificar, utilizando um modelo com dados em painel, se o percentual de áreas ambientais preservadas dos estados brasileiros estava relacionado com o crescimento econômico. A conclusão do trabalho foi que existe uma CKA para a variável área preservada, ou seja, a preservação aumenta a partir de um determinado nível de renda per capita quando a demanda social por preservação e qualidade ambiental aumenta consideravelmente. Lucena (2005), por sua vez, busca verificar a existência da CKA para o consumo de energia final e, indiretamente, das emissões de CO<sub>2</sub> advindas desse. Os resultados apontam para a existência de determinado nível de renda a partir do qual haveria um ponto de inflexão onde o aumento da renda levaria a queda no consumo de energia e das emissões de CO<sub>2</sub>. Porém, esse ponto estaria num nível elevado de renda e o Brasil ainda se encontra num nível intermediário de renda não tendo, portanto, atingido ainda aquele ponto de inflexão.

Gomes *et al.* (2008) tentaram encontrar qual é a relação entre crescimento da renda per capita e desmatamento para a Amazônia Legal. Utilizando um modelo com dados em painel, encontraram uma relação correspondente à CKA, ou seja, em baixos níveis de renda há uma crescente pressão sobre a floresta, aumentando o desmatamento, porém quando se atinge uma renda intermediária, a lógica se inverte, com o aumento da renda diminuindo o desmatamento. Os resultados também mostraram que para níveis elevados de renda, o processo se inverte, ou seja, um aumento da renda per capita aumenta o desmatamento. A relação encontrada, portanto, não foi de “U-invertido” como esperado, mas de “N”.

Diniz *et al.* (2008) também realizaram um estudo para a Amazônia Legal, investigando como o aumento da renda per capita influencia na área desmatada da região. Diferentemente de Gomes *et al.* (2008), foi encontrado uma relação “clássica” para a CKA, porém, os resultados não foram significativos, não podendo tirar conclusões sobre a relação entre desmatamento e renda per capita.

Oliveira *et al.* (2011), analisando a Amazônia Legal, utilizaram um modelo econométrico com dados em painel com dependência espacial, buscando verificar se o espaço seria relevante como variável para explicar o desmatamento. Os resultados encontrados foram que há uma dependência espacial entre os municípios da Amazônia Legal, isto é, quando um município apresenta um alto nível de desmatamento, seus vizinhos possuem uma probabilidade de também desmatar acima do esperado para sua renda per capita. Além disso, não foi encontrada a relação tradicional

de “U-invertido” da CKA, mas sim de “N”, ou seja, em níveis elevados de renda, o desmatamento volta a crescer com o aumento da renda, resultado semelhante àquele encontrado por Gomes *et al.* (2008).

Saianiet *et al.* (2013), por sua vez, usaram os déficits municipais referentes ao acesso a serviços de saneamento ambiental para captar a degradação ambiental. A partir de um modelo que utiliza dados em painel, chegou-se à conclusão de que não há uma relação tradicional em formato de “U-invertido” entre déficit de saneamento e desenvolvimento econômico para o Brasil, mas sim no formato de “N” conforme Figura 2. Portanto, o crescimento econômico por si só não seria suficiente para gerar maiores acessos a saneamento ambiental necessitando dessa forma de medidas complementares.

Analisando os estudos realizados para o Brasil pode-se verificar dessa forma que os resultados não são conclusivos em relação a existência de uma Curva Ambiental de Kuznets para o país e que maiores estudos são necessários para se chegar a uma conclusão definitiva. No caso específico do desmatamento os resultados apontam para a existência de uma relação em “N” com o crescimento da renda per capita. Com níveis baixos de renda a tendência é um aumento no desmatamento, porém, em níveis intermediários o processo seria invertido, até que em níveis altos o desmatamento voltaria a aumentar com o aumento da renda. No entanto, os estudos realizados para o Brasil se concentraram quase que exclusivamente no desmatamento na Amazônia Legal não havendo estudos semelhantes para a verificação da existência de uma CKA para a Mata Atlântica.

Assim, o presente artigo tem como objetivo principal preencher essa lacuna existente na literatura, como já mencionado na parte introdutória.

A próxima seção tem por finalidade descrever o método utilizado para atingir os objetivos propostos.

### 3. METODOLOGIA

A equação básica utilizada inicialmente por Kuznets (1955), como bem identificado por Arraes (2006), para analisar a relação entre desigualdade e renda per capita está representada abaixo. A utilização do termo quadrático busca verificar se existe uma relação em “U” invertido entre desigualdade/renda enquanto a inclusão de um termo cúbico quer constatar se há comportamento em “N” ou seja, apesar da desigualdade cair no médio prazo ela pode voltar a aumentar, no longo prazo, quando se atinge um nível mais elevado de renda.

$$GINI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIBC_{it} + \beta_2 PIBC_{it}^2 + \beta_3 PIBC_{it}^3 + DR_{it} + \varepsilon_{it}$$

Onde, GINI= coeficiente de Gini; PIBC= PIB per capita expresso na paridade do poder de compra; DR= dummy regional, assumindo o valor “0” para os países da África-Subsahara e valor “1” para os demais; i e t referem-se ao país e o tempo, respectivamente.

A reformulação empregada por Grossman e Krueger (1991) da equação de Kuznets original consistia basicamente em substituir a variável dependente por um indicador de degradação ambiental, os quais, especificamente nessa aplicação foi a quantidade de poluentes lançados na atmosfera. A partir de então, foram utilizadas como variável dependente diversos outros indicadores que indicam degradação ambiental, como desmatamento, falta de saneamento básico, dentre outros. Também houve a inclusão de outras variáveis independentes que poderiam ajudar a explicar os impactos ambientais como, por exemplo, densidade demográfica, nível de atividade agropecuária, dentre outras.

No caso particular deste trabalho, incluiu-se como variável dependente o percentual remanescente da Mata Atlântica nos estados brasileiros que possuem tal bioma em sua composição natural. Como variável explicativa de acordo com a abordagem clássica da CKA, foi incluída a renda per capita dos estados para verificar se há alguma relação entre ela e o desmatamento. Além disso, para melhor verificar a relação entre as variáveis, foram especificados três modelos econométricos. O primeiro busca verificar se há uma relação linear entre a variável independente e a variável explicativa. O segundo buscou incluir apenas um termo per capita ao quadrado para verificar a existência de uma relação em “U” invertido. No terceiro, incluiu-se um termo ao cubo, para que possa verificar se a relação existente seria na verdade em “N” e não em “U” invertido, ou seja, se a degradação voltaria a aumentar após um nível de renda per capita mais alto. Sendo assim, as equações a serem estimadas serão as representadas a seguir:

$$MATL_{it} = \beta_0 + \beta_1 RPC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$MATL_{it} = \beta_0 + \beta_1 RPC_{it} + \beta_2 RPC_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

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

Onde, MATL= Porcentagem remanescente da Mata Atlântica; RPC= Renda per capita;  $RPC^2$ = Renda per capita ao quadrado  $RPC^3$ = Renda per capita ao cubo; i e t referem-se ao país e o tempo, respectivamente.

Para se estimar os modelos acima será utilizado o método de regressão com dados em painel. Tal escolha se deve ao fato de que o desmatamento ao longo do tempo pode não estar simplesmente relacionado com a renda per capita, mas também com características inerentes aos sujeitos (estados) incluídos no modelo. O método de dados em painel possibilita justamente captar essa heterogeneidade dos elementos contidos na amostra que não poderia ser identificada de forma direta e, portanto, acabaria indo para o termo de erro.

As características não observadas dos estados que foram para termo de erro, podem estar correlacionadas com a variável explicativa. Por isso, a estimação por um modelo clássico de regressão linear não seria a melhor especificação, pois haveria uma quebra de uma das suas hipóteses básicas: a de ausência de auto correlação entre as variáveis explicativas e o termo de erro. Isso poderia tornar o modelo viesado e inconsciente. Dessa forma, a utilização da regressão com dados em painel tem como objetivo minimizar o viés e tornar o modelo consistente, ou seja, simétrico e com menor variância possível. Sendo assim, possibilitando a melhor captura da dinâmica verdadeira apresentada pelo fenômeno.

Para efeitos de comparação, são estimados basicamente dois modelos alternativos, o modelo de efeito fixo e o modelo de efeito aleatório. Posteriormente, realiza-se o Teste de Hausman para identificar qual modelo é o mais adequado aos presentes dados.

Os dados utilizados referentes ao desmatamento nos estados brasileiros foram retirados dos Atlas da SOS Mata Atlântica para os anos de 2008, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016, que foram publicados nos mesmos anos da coleta da amostra. A descontinuidade verificada nos anos iniciais se deve ao fato de que o Atlas era publicado inicialmente a cada dois anos e passou a ser anual a partir de 2012. Para a renda per capita, os dados foram retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o mesmo período.

Foram incluídos na amostra todos os estados que possuem algum remanescente da Mata Atlântica mesmo que esse bioma não seja o predominante na região. No total, dezessete estados brasileiros possuem algum remanescente da floresta, sendo eles, em ordem alfabética: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e São Paulo.

#### 4. RESULTADOS

As estimações realizadas para as três equações dos modelos de regressão com dados de painel tanto para efeitos fixos quanto para efeitos aleatórios propostas acima foram incluídas na Tabela 1.

Os resultados encontrados para a equação (1) mostram que a variável explicativa renda per capita linear foi significativa a menos de 1% no teste da estatística t, tanto para o modelo de efeito fixo quanto para o modelo de efeito aleatório.

Os resultados da equação (2), para o modelo de efeito fixo, foram que a variável renda per capita linear continuou significativa para a estatística t, porém agora a apenas 5% de significância. A variável renda per capita ao quadrado, por outro lado, não apresentou significância estatística. Para o modelo de efeito aleatório, tanto a renda per capita linear quanto a renda per capita ao quadrado não apresentaram significância estatística a 5%.

Finalmente, para a equação (3), os resultados encontrados no modelo de efeito fixo, foram que a renda per capita linear, ao quadrado e ao cubo não foram significativas a 5%. No caso do modelo de efeito aleatório, os resultados para todas as variáveis explicativas também não foram significativos.

Tabela 1 - Resultado da Regressão em Painel com Efeito Fixo e Aleatório para renda per capita, renda per capita ao quadrado, renda per capita ao cubo e Teste de Hausman

Remanescente (Mata Atlântica)	Efeito Fixo						Efeito Aleatório					
	EF.Equação 1		EF.Equação 2		EF.Equação 3		Equação 1		Equação 2		Equação 3	
	Coefficientes	Erros-padrão	Coefficientes	Erros-padrão	Coefficientes	Erros-padrão	Coefficientes	Erros-padrão	Coefficientes	Erros-padrão	Coefficientes	Erros-padrão
Renda per capita	0.0043723**	0.0007843	0.0076772*	(0.0032557)	- 1.20e-06	(1.15e-06)	0.0042567***	0.0007761	0.0065261*	0.0033803	-0.0145878	0.0117645
Renda per capita <sup>2</sup>	-	-	-0.0128989	(0.0109309)	0.0000158	(0.71e-06)	-	-	-8.54e-07	1.20e-06	0.0000164	9.37e-06
Renda per capita <sup>3</sup>	-	-	-	-	-4.29e09	2.18e-09	-	-	-4.33e-09	2.34e-09	-	-
Teste F	31.08	(1,101)	16.10	(2,100)	12.34	(3,99)	-	-	-	-	-	-
Prob > F	0.000	-	0.000	-	0.000	-	-	-	-	-	-	-
Wald Chi <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	30.08	-	27.53	-	-	-
Prob>Chi <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	0.000	-	0.000	-	-	-
TEST HAUSMAN												
Chi2	1.05											
Prob > Chi2	0.3065											

Fonte: Elaboração própria.

OBS: Parâmetros significativos a (\*\*) 1%, (\*) 5%

Devido aos resultados acima, a equação (1) pode ser considerada a mais adequada por ter apresentado um coeficiente estatisticamente significativo a 1% para a renda per capita linear tanto para o modelo de efeito fixo quanto para o de efeito aleatório. Além disso, nas equações (2) e (3), apenas a renda per capita linear no modelo de efeito fixo que apresentou significância estatística em 5% enquanto todas as demais variáveis explicativas não foram. Dessa forma, podemos concluir que a relação existente entre renda per capita e a porcentagem remanescente da Mata Atlântica apresenta um comportamento linear sem nenhuma tendência para mudanças no curto prazo.

Para verificar qual modelo seria o mais adequado dentre os dois propostos, o do efeito fixo ou aleatório, foi realizado o teste de Hausman e seus resultados também se encontram na Tabela 1. A hipótese nula subjacente ao teste é que os estimadores de ambos os modelos não diferem substancialmente. Se rejeitada, podemos concluir que os efeitos aleatórios estão correlacionados com uma ou mais variáveis explicativas do modelo. Sendo assim, o modelo de efeito fixo é o preferível. Por outro lado, se não rejeitarmos, o modelo de efeito aleatório é o melhor.

O resultado para o Teste de Hausman encontrado foi que a probabilidade de que não há uma diferença substancial entre os modelos de efeito fixo e o de efeito aleatório é de 30,65% ( $\text{Prob} > \chi^2 = 0.3065$ ) com uma estatística  $\chi^2$  de apenas 1,05. Portanto, não se pode rejeitar a hipótese nula, isto é, conclui-se que não há diferença sistemática entre os modelos. Sendo assim, o modelo com efeitos aleatórios é o mais indicado do que o modelo de efeito fixo.

O coeficiente angular da equação (1) para o modelo de efeito aleatório foi de 0,0042567, o qual pode ser interpretado da seguinte maneira: um aumento de R\$1.000 na renda per capita, nos estados brasileiros incluídos na análise, levará a um crescimento correspondente de 4,26%, aproximadamente, no total de remanescentes da Mata Atlântica.

Podemos, portanto, extrair dos resultados acima a conclusão de que entre 2008 e 2016 o desmatamento esteve inversamente relacionado com o aumento da renda per capita. Encontrando-se assim na parte descendente da Curva Ambiental de Kuznets, isto é, conforme a renda per capita aumenta, diminui o desmatamento da Mata Atlântica. Além disso como as variáveis renda per capita ao quadrado e ao cubo não foram significativos nas equações (2) e (3), não se espera que essa relação venha a se alterar nos próximos anos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho podem estar relacionados ao fato do período analisado ser muito recente de 2008 a 2016. Também pode ser por outro lado, devido aos fatos do processo de desmatamento da Mata Atlântica ter se iniciado há mais de um século e os remanescentes da floresta se encontrarem num nível já muito baixo no início do período com dados disponíveis (11,7% de remanescente em 2008). Uma análise mais detalhada que inclua um período maior e anterior ao utilizado se faz, portanto, necessário para se comprovar a existência de uma Curva Ambiental de Kuznets clássica em formato de “U” invertido para a Mata Atlântica.

Devido a indisponibilidade de informações para anos anteriores no Atlas da SOS Mata Atlântica, não há forma de se ampliar o período de análise para assim se obter melhores conclusões. Devemos, portanto, analisar os resultados encontrados sem deixar de considerar suas limitações.

Dado o intenso desmatamento ocorrido na floresta, o qual foi bem discutido e explicado por Dean (1995), pode-se argumentar, no entanto, que no início do desenvolvimento econômico brasileiro a correlação entre crescimento da renda per capita e desmatamento era positiva. Em se confirmando essa hipótese, esse período seria a parte ascendente do “U” invertido da Curva Ambiental de Kuznets.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que em no período de análise (2008 a 2016) a lógica se inverteu. O aumento da renda per capita está levando a uma recuperação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Por isso, podemos inferir que deve ter havido um ponto de inflexão, no qual o crescimento da renda per capita, que causava desmatamento, passou auxiliar na preservação da floresta. Então, apesar de não ter como afirmar empiricamente, existem evidências que indicam para a existência de uma Curva Ambiental de Kuznets em “U” invertido para a Mata Atlântica.

O formato alternativo da CKA em “N”, conforme proposto por De Bruynet et al. (1998), não se verificou, pois as variáveis explicativas renda per capita ao quadrado e ao cubo não foram significativas nas equações (2) e (3). Dessa forma, não se espera que o desmatamento volte nos próximos anos com o aumento da renda per capita. Portanto,

conforme o crescimento econômico e a renda per capita aumente nos estados brasileiros que possuem o bioma da Mata Atlântica, espera-se que também aumente a proteção ambiental e a recuperação da floresta. As conclusões anteriores estão de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável criado pelo Banco Mundial.

Porém, como já mencionado, as conclusões acima devem ser consideradas com o devido cuidado devido a falta de dados para um período mais amplo. As variáveis explicativas ao quadrado e ao cubo nas equações (2) e (3) poderiam se tornar significativas e, assim, revelar um formato de “N” para a Curva Ambiental de Kuznets. A insignificância das variáveis pode ter ocorrido apenas devido ao fato de não ter se incluído um período mais longo na análise.

Uma forma de melhorar o presente trabalho, seja pelos próprios autores ou outros pesquisadores que tenham interesse no tema, é buscar alguma fonte de dados que possua um período maior do que aquele disponível nos Atlas da SOS Mata Atlântica. Além disso, pode-se incluir outras variáveis explicativas no modelo como, por exemplo, densidade populacional, aumento de atividades agropecuárias e, até mesmo, considerar o aspecto espacial por meio da verificação de dependência e heterogeneidade espacial. Não foram encontrados trabalhos com essa abordagem para a Mata Atlântica apesar de existirem trabalhos com essas abordagens para a Curva Ambiental de Kuznets, conforme mostrado na revisão de literatura.

## REFERÊNCIAS

- Atlas SOS Mata Atlântica. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/dados/>. Acesso em: 16 de julho de 2017.
- ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Rio de Janeiro, v. 44, n. 3, p. 525-547, 2006.
- CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: Uma Perspectiva Econométrico-Espacial. *Revista Estudos econômicos*, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, JULHO-SETEMBRO 2010.
- COLE, M. A. *Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages*. *Ecological Economics*, Birmingham, v. 48, p.71-81, 2004.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS G. *The Interaction of Population, Growth and Environmental Quality*. *American Economic Review*, v.84, p.250-254, 1994.
- DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. 484 p.
- DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. *Economic Growth and Emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves*. *Ecological Economics*, vol. 25, 1998. p. 161-175.
- FONSECA, L. N.; RIBEIRO, E. P. Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, VII, 2005. *Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil*. Rio Grande do Sul, 2005.
- GOMES, S. C.; BRAGA, M. J. Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLVI, 2008. *Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica*. Acre, 2008.
- GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. NBER, Cambridge, MA, 1991. (National Bureau of Economic Research Working Paper 3914).
- \_\_\_\_\_. *Economic growth and the environment*. *Quarterly Journal of Economics*, Massachusetts, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção extrativista vegetal. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 16 de julho de 2017.
- LIMA, C.M.G. Modelagem de transição florestal na Mata Atlântica 2012. xii, 49 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

LUCENA, A. F. P. Estimativa de uma Curva de Kuznets Ambiental aplicada ao uso de energia e suas implicações para as emissões de carbono no Brasil. 2005. 132f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R. S.; BARRETO, R. C. S. Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. *Revista Economia e Sociologia Rural* vol. 49 no. 3 Brasília Julho/Setembro. 2011

PANAYOTOU, T. *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. Technology and Employment Programme. Geneva: International Labor Office, 1993. (Working Paper WP238).

RIBEIRO, M. C. et al. *The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation*. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, Jun. 2009.

SAIANI, C. C. S.; JÚNIOR, R. T.; DOURADO, J. Déficit de Acesso a Serviços de Saneamento Ambiental: Evidências de uma Curva Ambiental de Kuznets para o Caso dos Municípios Brasileiros? *Revista Economia e Sociedade*, Campinas, v. 22, n. 3 (2013).

SANTOS, R. B. N.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T.; RIVERO, S. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. N. Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLVI, 2008. *Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal*. Acre, 2008

SELDEN, T. M.; SONG, D. *Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions?* *Journal of Environmental Economics and Management*, New York, v. 27, n. 2, p. 147-162, 1994.

SHAFIK, N., BANDYOPADHYAY, S. *Economic growth and environmental quality: a time series and cross-country evidence*. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 4, p. 1-24, 1992

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. *Economic growth and environmental degradation: the Environmental Kuznets Curve and sustainable development*. *World Development*, Massachusetts, v. 24, n. 7, p. 1151-1160, 1996.

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