

## **Análise do Programa Bolsa Verde na Amazônia Legal sob a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental**

### ***Analysis of the Bolsa Verde Program in the Legal Amazon based on the Environmental Kuznets Curve Hypothesis***

Abner Vilhena de Carvalho<sup>1</sup>  
Rhayza Alves Figueiredo de Carvalho<sup>2</sup>  
Daiana Gomes de Carvalho<sup>3</sup>  
Jarsen Luis Castro Guimarães<sup>4</sup>

**Resumo:** A Amazônia Legal possui uma área de 5.217.423 km<sup>2</sup>, que corresponde a 61% do território brasileiro, abrigando todo o bioma Amazônia. Dentro dessa área, há grande concentração de beneficiários do PBV, onde dentre os 10 estados com a maior quantitativo de contemplados, seis pertencem à Amazônia Legal. Assim, objetiva-se verificar a relação da renda proveniente do PBV com o desmatamento – variáveis independente e dependente, respectivamente, utilizando o instrumental da regressão polinomial com variáveis logaritmizadas a fim de testar-se a hipótese do ‘U-invertido e N’ da CKA. Os resultados estimados apontam para uma possível CKA sob forma de “N”, na qual o “U invertido” seria apenas um estágio inicial daquela relação e, após certo nível de elevação da renda haveria um novo ponto de inflexão que tornaria a trajetória ascendente novamente e o desmatamento voltaria a aumentar.

**Palavras-chave:** Política florestal, Programa Bolsa Verde (PBV), Desmatamento, curva de Kuznets ambiental.

**Abstract:** The Legal Amazon has an area of 5,217,423 km<sup>2</sup>, which corresponds to 61% of the Brazilian territory, housing the entire Amazon biome. Within this area, there is a large concentration of PBV beneficiaries, where among the 10 states with the largest number of recipients, six belong to the Legal. Thus, the objective is to verify the relation between income from PBV and deforestation – independent and dependent variables, respectively, using the polynomial regression instrument with logarithmized variables in order to test the hypothesis of ‘inverted U and N’ CKA. The estimated results point to a possible “N” CKA, in which the “inverted U” would only be an early stage of that relationship and, after a certain level of income increase there would be a new inflection point that would make the upward trajectory again. and deforestation would increase again.

**Keywords:** Forest policy, Bolsa Verde Program (PBV), Deforestation, environmental Kuznets curve.

<sup>1</sup>Graduado e Mestre em Economia (FACECON e PPGE-UFPA).Doutor em Ciências Ambientais (PPGSND/UFOPA).Docente do PCEDR e do PPGCS/UFOPA.Email:abnervilhena@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduada em Economia (UFPA).Mestre em Ciências da Sociedade (PPGCS/UFOPA).Universidade Federal do Oeste do Pará.Email:carvalho.rhayza@gmail.com

<sup>3</sup>Graduada em Economia pelo programa de Ciências Econômicas e Desenvolvimento Regional (PCEDR) da Universidade Federal do Oeste do Pará.Email:daianagcar@hotmail.com

<sup>4</sup>Graduado em Economia (UNESPA).Esp. em Edu. Ambiental (UFPA).Me. Economia Rural (UFRRGS).Doutor em Desenvolvimento Sustentável (NAEA-UFPA).Pós Doutor em Ciências Ambientais (PPGSND-UFOPA).Docente PCEDR-PPGCS-PPGSND/UFOPA Email:jarsen@bol.com.br

## Introdução

A cada nova década, as discussões acadêmicas, econômicas e políticas acerca da conservação do meio ambiente tornam-se mais relevantes e necessárias. Pensar um desenvolvimento pautado na preservação ou na redução contínua da predação dos recursos naturais tem se tornado cada vez mais necessárias.

As influências internacionais, a partir da 1ª Conferência Mundial sobre o meio ambiente, assim como a continuidade das conferências que abordam o tema da preservação do meio ambiente fizeram surgir diversos estudos científicos realizados por pesquisadores de diversas áreas, voltados para questão ambiental.

No caso da Amazônia Legal, isso tem evidenciado uma 'nova economia' pautada no uso eficiente do capital natural e, em manter o estoque de floresta e seus ambientes naturais respaldados na preservação e conservação a partir da valorização e uso dos instrumentos de valoração dos recursos ambientais (naturais).

Portanto, este estudo inicia com uma breve descrição do Programa Bolsa Verde (PBV), seguido de uma breve revisão bibliográfica, com a intenção de identificar as possíveis causas do desmatamento. De posse resultados daquelas bibliografias, foram evidenciadas algumas propostas como possíveis soluções para o desmatamento, sobretudo na Amazônia Legal.

Utilizando a base de dados do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE/PRODES) – taxa de desmatamento e do Ministério do Meio Ambiente (MMA) – bolsas transferidas pelo PBV (identificação dos respectivos números de famílias beneficiárias) e a estimação do valor total (em R\$ corrente) repassado por ano, para os estados da Amazônia Legal nos anos de 2011-2015. E, empregando a metodologia para estimação daquela relação, baseada na análise da estimação do modelo de regressão polinomial de terceiro grau objetiva-se responder ao seguinte questionamento: Qual a relação do PBV com o desmatamento na Amazônia Legal nos anos de 2011 a 2015 sob a hipótese da curva de Kuznets ambiental (CKA)?

## **1. Base teórica do PBV e breve revisão bibliográfica acerca das causas e soluções do desmatamento na Amazônia Legal**

### **1.1. O Programa Bolsa Verde (PBV) do Governo Federal**

O Programa Bolsa Verde (PBV) está entre os diversos incentivos federais que visa a conservação da biodiversidade. Destinado para ser uma iniciativa de desenvolvimento social no bioma Mata Atlântica, primeiramente, no estado de Minas Gerais, em que foi estabelecido, teve seu primeiro edital ocorrido em 2010, com a responsabilidade dos proprietários ou posseiros seguindo os critérios para adesão, e assim, receber o pagamento por serviços ambientais (PSA). Criado por meio da Lei 17.727 de 13 de agosto 2008, do Decreto 45.113 de 05 de junho de 2009 da Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 392 de 2007 (IEF, 2010; MMA, 2012).

Logo depois da iniciativa no estado de Minas Gerais, o Programa Bolsa Verde (PBV) incluiu várias Unidades Federativas (UF's) do Brasil, no total de 26 Estados (MMA, 2015). A coordenação passou a ser executado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e também por um comitê gestor constituído pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério Público, Ministério da Fazenda, Casa Civil da Presidência da República e o Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (BRASIL, 2011).

O Decreto nº 7.572 de 28 de setembro de 2011, que regulamenta a Medida Provisória nº 535 de 2 de junho de 2011 que trata do apoio a conservação Ambiental pelo Programa Bolsa Verde (PBV); dispõe sobre os objetivos do programa, das atividades de conservação ambiental, caracterizando as famílias beneficiárias e vedações; instituindo o comitê gestor e a quem cabe o agente operador do programa, os gestores locais do programa designados pelo MMA e; do ingresso das famílias, do repasse dos recursos, assim como o monitoramento e fiscalização do PSA (BRASIL, 2011).

O PBV foi inserido no Plano Brasil Sem Miséria, uma política pública voltada para as famílias que estão localizadas em áreas de reservas ambientais e que estejam em situação de extrema pobreza, incentivando a inclusão da atividade produtiva rural, visando diminuir e buscar a superação da extrema pobreza através da conservação ambiental. O programa concede um benefício no valor de R\$ 300,00 (trezentos reais), trimestralmente

as famílias que estejam no perfil estabelecido por um conjunto de critérios territoriais, sociais e ambientais (CABRAL *et al.*, 2014).

Dentre os critérios territoriais para a seleção de áreas buscou-se priorizar áreas federais como: Unidades de conservação de uso sustentável, projetos de assentamento instituídos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) e territórios ocupados por ribeirinhos sob gestão da Secretaria do Patrimônio da União (SPU). Já os critérios sociais visam as famílias que estão cadastradas no Cadastro Único para programas sociais do governo federal, em situação de extrema pobreza, além de beneficiárias do Programa Bolsa Família. Por fim, os critérios ambientais, no qual as áreas devem atender aos percentuais de cobertura vegetal definido pelo Comitê Gestor do Programa: Observados por meio de diagnóstico ambiental anual por imagens de satélite (CABRAL *et al.*, 2014).

O repasse dos recursos financeiros ocorre por parte do Ministério do Meio Ambiente ao agente operador, e estes transferem as famílias regularmente cadastradas no Programa Bolsa Verde por meio da assinatura do termo de adesão e assim atestando o cumprimento dos compromissos assumido pela família beneficiária para a conservação ambiental local. A transferência dos recursos pode ser realizada por um prazo de até dois anos, podendo ser renovado (BRASIL, 2011).

## **1.2. Fatores socioeconômicos que ocasionam (agravam) o desmatamento e o direcionamento das possíveis soluções**

Pereira *et al.* (2004) analisaram os determinantes do desmatamento em pequenas propriedades na Amazônia, em uma área de colonização localizada ao longo da rodovia Transamazônica, no município de Uruará – PA, em que aplicaram 138 questionários durante os meses de julho e agosto de 2002. Estimando um modelo Tobit com seletividade amostral por meio do método de Heckman, em dois estágios, visando corrigir possíveis problemas de viés e inconsistência existentes nas estimativas por MQO. Os resultados encontrados sugerem que os principais determinantes do desmatamento possam ser a distância da estrada principal e o número de diárias pagas no período de um ano, os quais foram significativos a 1% e 5%, respectivamente. A presença da pecuária também se destaca como impulsionadora do desmatamento na região.

Prates (2008) analisou as possíveis causas do desmatamento desigual entre os estados na Amazônia Brasileira, por meio de análise interpretativa econométrica, utilizando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) como o indicador de bem-estar. Adotando como base de dados, em nível municipal, o Censo Agropecuário de 1995, em que foi estimado para cada estado uma função de produção Cobb-Douglas com três fatores de produção: terra, capital e trabalho. Com a função de produção e por meio de método de programação não-linear, verificou-se a dimensão do PIB agropecuário e do agronegócio quando há uma restrição na utilização do fator da terra. Com base nos valores para o PIB calculou-se o índice de renda, que combinado com os índices de educação e longevidade produziram um novo IDH-M para alguns estados da Amazônia. Os resultados apontam que houve alterações pequenas no IDHM, apesar de bastantes expressivos no nível de renda, quando se adotam restrições para a utilização da terra.

Santos, Braga e Homma (2008) partindo da hipótese que o desenvolvimento da agricultura e da pecuária na Amazônia tem resultado na expansão do desmatamento, contribuindo para emissão de gases de efeito estufa na atmosfera e redução da biodiversidade. Identificaram os condicionantes do desmatamento nos principais polos de produção agropecuária familiar no estado do Acre, utilizando o modelo econométrico logit multinomial para essa avaliação. Os resultados obtidos demonstraram que maior disponibilidade de mão-de-obra familiar, acesso a crédito, maior patrimônio, maior ocorrência de contratação de trabalho e titulação definitiva dos lotes de terra são fatores causais de maior desmatamento e, que maior tamanho do lote e elevado nível de consciência ambiental por parte dos produtores são fatores que atuam para a menor proporção de terra desmatada nas pequenas propriedades. Além de demonstrarem que a melhoria na renda e riqueza das famílias não tem resultado em maior preservação das matas nativas nas regiões estudadas, indicando que políticas de melhoria de renda e qualidade de vida devem ser acompanhadas de medidas que favoreçam a conservação dos recursos naturais, especialmente a redução do desmatamento.

Diniz *et al.* (2009) consideraram que muitos são os fatores acerca das causas do desmatamento da Amazônia Legal brasileira, apontadas pela literatura pertinente, partindo desde os aspectos endógenos como as condições edafo-climáticas, a aspectos relacionados à ação antrópica como os movimentos populacionais, o crescimento urbano

e, em especial, as ações autônomas ou induzidas dos diversos agentes econômicos públicos e privados que têm atuado na região, configurando historicamente os processos de ocupação do solo e aproveitamento econômico do espaço amazônico. Avaliando as possíveis causas do desmatamento, o estudo aplicou o teste de causalidade (no sentido de Granger), observando as principais variáveis sugeridas como importantes para explicar o desmatamento da Amazônia Legal, no período de 1997 a 2006. A metodologia empregada baseou-se em modelos dinâmicos para dados em painel, desenvolvidos por Holtz-Eakin *et al.* (1988) e Arellano-Bond (1991), que desenvolveram um teste de causalidade baseado no artigo seminal de Granger (1969). Entre os principais resultados obtidos está a constatação empírica de que existe uma causalidade bidirecional entre desmatamento e as áreas de culturas permanente e temporária, bem como o tamanho do rebanho bovino.

Martins (2009) avaliou através de modelagem econométrica as causas do desmatamento no estado do Pará em 2006, adotando um modelo de regressão múltipla tendo o desmatamento como variável dependente e como variáveis independentes as: Lavouras Permanentes (PERM); Lavouras Temporárias (TEMP); Bovino (BOV); PIB (PIB); PIB Per Capita (PIB\_PCA); População Total (POP\_TOTAL); Densidade Demográfica (DENS\_DEM); PIB Agropecuário (PIB\_AGRO); Madeira (MAD). Os resultados mostraram que a pecuária bovina é atividade com maior correlação com o desmatamento e que as culturas perenes e temporárias juntamente com a pecuária estão entre os principais vetores determinantes do desmatamento no estado do Pará.

Júnior *et al.* (2010) investigaram a existência de um processo de convergência do desmatamento entre os municípios da Amazônia Legal no período de 2000 a 2004, levando em consideração a possibilidade da existência de grupos de municípios com características diferentes. Em sua metodologia foi utilizado um modelo com efeito limiar (*threshold*) baseado em Hansen (2000). Os resultados encontrados no trabalho indicaram que não existe um processo significativo de estabilização ou de reversão do desmatamento nos municípios no período analisado, considerando também que a possível formação de “clubes de convergência”, concentrando-se nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, nos quais o processo de desmatamento segue características diferenciadas.

Alguns estudos apontam possíveis ações que podem ser tomadas para reduzir o desmatamento, dentre as quais Rodrigues (2004) verificou que faltam ações positivas para a Amazônia Brasileira, principalmente de uma política clara de transferência/privatização de terras devolutas, de uma política de incentivo ao aumento do nível agrotecnológico em todo o país, de aperfeiçoamento nas regras do imposto territorial rural (ITR), que desestimule a especulação, concentração e a ociosidade das terras no país como um todo, que permita o acesso a quem realmente quer produzir. Segundo o autor, não adianta estabelecer uma política isolada de financiamento de terras, com um mercado de terras inflacionado devido à concentração de terras e a ineficiência do ITR como mecanismo regulador. Somado a isto, estaria à falta de políticas mais agressivas de fortalecimento das instituições, uma vez que não haveria desflorestamento na região se as instituições cumprissem seu papel de fiscalização e controle.

Em Neves (2006) foi observado no Bioma Mata Atlântica, que os estados da mesma região apresentam uma tendência de desmatamento próxima. Propondo que o incentivo da política ambiental a ser implementada para a mata atlântica deveria focar nas idiossincrasias de cada estado, e, no máximo na região a que o estado pertence. Dessa forma, os impactos de tais políticas seriam muito maiores. Assim, percebeu que a biota atlântica necessita de um fortalecimento urgente da governança das florestas, sendo preciso preservar o que ainda resta da Mata Atlântica e melhorar as perspectivas econômicas da população rural com a criação de empregos e melhores condições de vida. Atualmente já se verificam algumas iniciativas de preservação e uso sustentável do meio ambiente. Dentre as ações implementadas no bioma, as iniciativas para incentivar a preservação e o uso sustentável do meio ambiente foi destacado na: Lei da Mata Atlântica, ICMS ecológico e IR ecológico. Com essas medidas, seria uma solução para diminuir o ritmo de desmatamento nesse bioma, e, recuperar parte do que foi perdido.

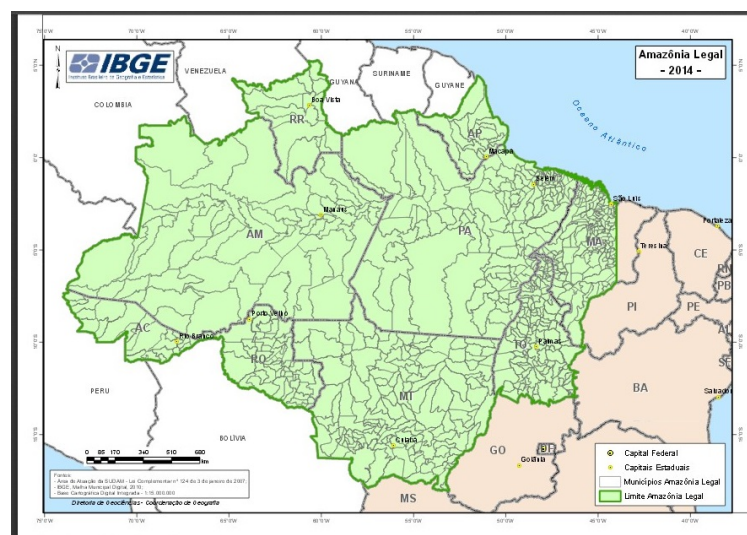
Júnior *et al.* (2010) fortalece a ideia de que para as políticas públicas possam ter efeito na contenção do desmatamento também precisam ser diferenciadas de acordo com as dinâmicas das atividades produtivas predominantes em cada caso.

Arraes, Mariano e Simonassi (2012) buscando prover algumas respostas das questões persistentes sobre o desmatamento no Brasil, notadamente na região amazô-

nica, cuja taxa de devastação florestal ultrapassa, à época, uma área de 20.000 km<sup>2</sup> por ano. Testaram a eficácia da ação de órgãos públicos fiscalizadores, bem como os efeitos de fatores socioeconômicos sobre as causas do desmatamento, comparando as taxas de desmatamento acumuladas em 749 municípios da Amazônia Legal com as taxas de desmatamento de 130 países ao longo do período 1988-2002. A partir de três níveis ordenados de desmatamento com as observações mundiais fornecidas pelo *World Development Indicators – WDI* (2006) do Banco Mundial, referentes à ordenação dos graus de desenvolvimento dos países. Com a aplicação do modelo de escolha discreta multinomial ordenado, os autores concluíram que a presença de um órgão ambiental oficial em cada município é eficaz na redução do desmatamento, tornando os níveis de desmatamento equiparados aos níveis dos países desenvolvidos, e o aumento do nível educacional, redução da desigualdade de renda e o cumprimento de leis regulatórias para delimitar a expansão da fronteira agropecuária são ações igualmente relevantes para conter o desmatamento da região.

## 2. Aspectos metodológicos e procedimentos empíricos

### 2.1. Área de abrangência, base de dados – fonte e periodicidade



**Figura 1. Mapa da Amazônia Legal linha**

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2014

A área de abrangência da pesquisa é a Amazônia Legal (**Figura 1**<sup>5</sup>) composta

<sup>5</sup>[http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_territorial/amazonia\\_legal/amazonia\\_legal\\_2014.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/amazonia_legal/amazonia_legal_2014.pdf)



pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e parte do estado do Maranhão (BRASIL, 1988).

Considerando que o território da Amazônia Legal concentra grande parte do total de famílias beneficiárias do Programa Bolsa Verde (PBV), a coleta das informações daquelas famílias foram obtidas no portal do Ministério do Meio Ambiente (MMA), o período dos dados foi de 2011-2015, considerado estarem disponíveis desde o ano de criação a quantidade de famílias que preenche os requisitos para adesão ao PBV. Assim, é possível verificar a quantidade de famílias participantes que estão aderindo ao programa, por estado, no decorrer dos anos. Além da possibilidade de calcular os valores monetários repassados a cada trimestre para as famílias. Portanto, utilizou-se a quantidade de beneficiários que estão na última lista de atualização anual verificado no mês de dezembro de cada de ano.

Com a disposição da quantidade de beneficiários do PBV, nos anos de 2011-2015, será verificada a taxa de desmatamento, considerando que a área – Amazônia Legal – representa uma importante concentração de grande valor em recursos naturais. A taxa do desmatamento utilizada está disponibilizada no portal do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), realizada a partir de satélites, principalmente o satélite *Landsat*, por meio do qual obtém-se as imagens e em seguida interpreta-se e se calculam as taxas anuais de desmatamento.

O controle e organização das taxas são de responsabilidade do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), estabelecido pelo INPE. Essa é uma importante forma de representar, o comportamento da taxa do desmatamento no mesmo período, principalmente pela nova forma do PRODES digital. O cálculo da taxa de desmatamento anual, segundo Camara, Valeriano e Soares (2013, p. 32-33) é estimado a partir da seguinte equação:

$$T_{Anual} = (Td2 \cdot nd1) + (Td2 \cdot nd2) + (Td1 \cdot nd1r) \quad (1)$$

Onde:

- **Td2:** Taxa de desmatamento diária entre a imagem do ano analisado e a imagem do ano anterior.

- Td1: Taxa de desmatamento diária entre a imagem do ano anterior e a imagem do ano precedente.
- nd2: Número de dias de estação seca entre o início da estação seca e a imagem do ano.
- nd2r : Número de dias de estação seca entre o início da estação seca e a data de referência.
- nd1r: Número de dias da estação seca entre a data de referência e a imagem do ano anterior.
- nd1: Número de dias de estação seca entre a imagem do ano anterior e o final da estação seca.
- nd1a: Número de dias de estação seca entre a imagem do ano precedente e o fim da estação seca.
- nd2a: Número de dias de estação seca entre o início da estação seca e a imagem do ano anterior.

Essa metodologia de cálculo anual do desmatamento, leva em consideração as disposições de melhores imagens sem a existência de nuvens. Além disso, o PRODES disponibiliza a estrutura para estimar também a taxa do desmatamento projetada. Vale ressaltar, que para manter sempre atualizado o cálculo do desmatamento, esse procedimento foi revisado em 2005, e por décadas o INPE por meio do sensoriamento remoto e de análise de imagens monitora a perda florestal (CAMARA; VALERIANO; SOARES, 2013).

## 2.2. As hipóteses teóricas, as técnicas aplicadas e o modelo empírico analítico da Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

A regressão linear múltipla trata de uma análise com mais de dois regressores, ou seja, a variável dependente necessita ser explicada por mais de duas variáveis explicativas. Assim, o modelo clássico de regressão é realizado com duas variáveis e a regressão múltipla (a mais simples) é realizada com três variáveis, portanto, pode ser expressa da seguinte forma (GUJARATI; PORTER, 2011):

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

A aplicação da CKA para o desmatamento segue a especificação tradicional do modelo que inclui a variável renda *per capita* e seu termo quadrático (BARBIER; BURGESS, 2002). Embora se destaque que diversos trabalhos incluem ainda a forma cúbica e logaritimizada em suas análises das formas da CKA (GOMES; BRAGA, 2008; SANTOS; BRAGA; HOMMA, 2008).

Considerando que Kuznets (1955) buscou analisar e compreender o comportamento da desigualdade ao longo das diferentes fases do crescimento econômico, postulada na existência de uma relação não linear entre crescimento econômico e desigualdade de renda na forma de “U invertido” (principal hipótese do ensaio), indicando que na dinâmica da desigualdade ao longo do tempo esta se eleva (na fase inicial do crescimento econômico), posteriormente se estabiliza e, posteriormente se reduz à medida que a economia contínua a crescer.

De semelhante modo, a mesma relação prevaleceu nos inícios dos anos de 1990, sob o comando de Grossman e Krueger (1991; 1995) também sob a hipótese do “U invertido”, mas agora considerando a relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental.

A proposta desenvolvida por Kuznets (1955) e aquela posteriormente adaptada por Grossman e Krueger (1995) inspirou muitos pesquisadores a estudar as relações associativas entre o nível de crescimento econômico e a degradação ambiental, sob a hipótese da forma de “U invertido” da CKA. Contudo, conforme afirma Ahluwalia (1976) *apud* Tabosa, Filho e Gomide (2016 p. 249) “[...] tais relações são mais bem descritas como ‘fatos estilizados’, que podem ser observados, mas, no entanto, necessitam de formulações teóricas para explicá-las”.

Tomando por base os principais resultados dos estudos bibliográficos, enfatiza-se que diversas abordagens econométricas foram empregadas com o fim de se testar a hipótese do “U invertido”, e percebe-se que, de forma geral, não há um modelo teórico estabelecido que sugira um conjunto de regressores que devam ser incluídos na estimação do modelo. Entretanto, averiguou-se entre os estudos que a forma funcional mais usual é o polinômio de 2º grau, muito embora estudos atuais já se utilizem da forma polinomial de 3º grau.

Os modelos polinomiais, representados graficamente por uma curva na forma de “U” – parábola, mostram que a relação entre  $X$  e  $Y$  não é linear. Dito de outra maneira, este tipo de modelo captaria, primeiro, a queda e, depois o aumento nos pontos de dispersão das variáveis relacionadas (GUJARATI, 2006; GUJARATI; PORTER, 2011). Matematicamente, a parábola é representada pela seguinte equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 \quad (3)$$

A equação anterior é conhecida como função quadrática ou, de modo mais geral, polinômio de *segundo grau* na variável  $X$  (GUJARATI, 2006; GUJARATI; PORTER, 2011). A versão estocástica, daquele polinômio de segundo grau, denominada regressão polinomial de segundo grau, pode ser representada da seguinte forma:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + u_t \quad (4)$$

Na equação polinomial, Gujarati (2006, p. 182) “o expoente mais alto de  $X$  representa o grau do polinômio”. Se acrescentássemos, por exemplo,  $X^3$  à função descrita na equação (3) teríamos um polinômio de terceiro grau e, à função descrita na equação (4) teríamos dessa maneira, uma regressão polinomial de terceiro grau. Deste modo, a forma geral da regressão polinomial de  $k$ -ésimo grau, conforme Gujarati (2006, p. 182) pode ser escrita como:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \dots + \beta_k X_{it}^k + u_t \quad (5)$$

Destaca-se que, nos diversos tipos de regressão polinomial só há uma variável explanatória do lado direito, mas ela aparece elevada a várias potências o que, necessariamente o torna um modelo de regressão múltipla. Nesse contexto, ressalta-se também, que não podemos esquecer que termos como  $X^2$ ,  $X^3$ ,  $X^4$  e etc. são todos eles funções não lineares de  $X$  e, portanto rigorosamente não desrespeitam a premissa da ausência da multicolinearidade. Ou seja, já que o polinômio de  $k$ -ésimo grau é linear nos parâmetros, os  $\beta$  dos modelos de regressão polinomial podem ser estimados pelo método de mínimos quadrados ordinários (MMQO) ou de método da máxima verossimilhança (MMV) (GUJARATI, 2006).

A especificação geral do modelo a ser estimado é:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + u_t \quad (6)$$

Onde:  $Y$ : representa o indicador ambiental – taxa de desmatamento;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ : são os parâmetros do modelos.  $X, X^2, X^3$ : representa o valor total das transferências proveniente do PBV nas formas linear, quadrática e cúbica, respectivamente e;  $u$ : é o termo do erro (resíduos) do modelo.

Reescrevendo o modelo sob a forma logaritimizada, de denota-se a seguinte expressão algébrica:

$$Y = \beta_0 + \beta_1(\ln X_{it}) + \beta_2(\ln X_{it}^2) + \beta_3(\ln X_{it}^3) + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Onde:

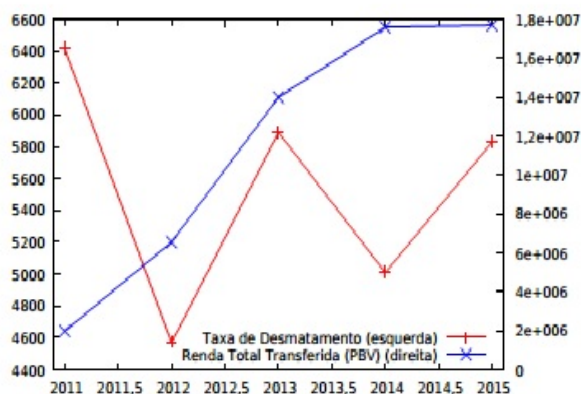
- $\ln \beta_0 = \alpha$  = intercepto;
- $\ln(Y_{it})$  = logaritmo natural da taxa de desmatamento no estado  $i$  no tempo  $t$ ;
- $\ln(X_{1it}); \ln(X_{it}^2); \ln(X_{it}^3)$  = logaritmo natural da renda média domiciliar per capita nas formas linear, quadrática e cúbica, respectivamente, no município  $i$  no tempo  $t$ ;  $\beta_1; \beta_2; \beta_3$  = coeficiente angulares da variável  $Xe$ ;  $\varepsilon_{it}$  = termo erro estocástico

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Caracterização do Programa Bolsa Verde e do Desmatamento

Com base na figura 2, percebe-se que, o quantitativo da renda proveniente do PBV apresentou tendência crescente desde sua criação em 2011, apesar de apresentar uma tendência quase constante nos anos de 2014-2015. Já a taxa de desmatamento, apresentou alternância de queda e subida nos anos de 2011-2012 e 2013-2014 e subida nos anos de 2012-2013 e 2014-2015.

A figura 2, à primeira vista não nos fornece uma possível relação de cointegração entre as variáveis, ou seja, não há evidência de uma relação puramente linear entre as tendências das duas variáveis analisadas.



**Figura 2. Gráfico das Variáveis em série temporal**  
 Fonte: Elaboração dos autores com uso do Gretl.

### 3.2. A relação entre o PBV e o Desmatamento sob a hipótese da CKA

Assumindo o modelo estimado para a curva CKA anteriormente definido, temos a relação entre o PBV e taxa de desmatamento denotada pela seguinte equação de teste:

$$\ln TxDesmatamento = \beta_1 \ln PBV_{it} + \beta_2 \ln PBV_{it}^2 + \beta_3 \ln PBV_{it}^3 + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Onde: a taxa de desmatamento é a variável de interesse,  $Y$ , no modelo CKA, respectivamente; Os  $X$ 's são a renda proveniente do PBV e;  $\varepsilon_{it}$  é o termo de erro aleatório, e os  $\beta_i$  (vetor  $k \times 1$ , com  $i= 1, 2, 3$ ) são os parâmetros dos modelos.

Baseada na função estimada, ressalta-se que os coeficientes  $\beta_i$  da equação acima determinam a relação entre as variáveis Renda PBV e a Taxa de desmatamento, a qual pode apresentar vários possíveis resultados, dependendo do desempenho de cada economia (DE BRUYN *et al.*, 1998). Tais resultados estão descritos no quadro 1.

Cabe ressaltar que, diversos autores acreditam que o modelo baseado na CKA não se sustenta no longo prazo, pois o formato de “U invertido” seria apenas um estágio inicial da curva, pois, após certo nível de renda, haveria um novo ponto de inflexão que tornaria a trajetória ascendente novamente, tornando a CKA com um formato similar ao de um “N”, sugerindo que a degradação ambiental (neste o caso o desmatamento) voltaria a aumentar em altos níveis de crescimento quando os países já estivessem em estado de desenvolvimento econômico (DE BRUYN, 1997; DE BRUYN *et al.*, 1998).

**Quadro 1: Resultados possíveis da Função Estimada na Regressão da CKA**

	Nenhuma relação existente entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental.
$\hat{\beta}_1 > 0$ e $\hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_3 = 0$	A relação entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental é monotonicamente positiva e linear, onde um aumento da primeira leva a um aumento constante da segunda.
$\hat{\beta}_1 < 0$ e $\hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_3 = 0$	A relação entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental é monotonicamente negativa e linear.
$\hat{\beta}_1 > 0$ e $\hat{\beta}_2 < 0$ e $\hat{\beta}_3 = 0$	A relação entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental pode ser representada pela CKA – função quadrática com concavidade para baixo (na forma de “U invertido”).
$\hat{\beta}_1 < 0$ e $\hat{\beta}_2 > 0$ e $\hat{\beta}_3 = 0$	Oposição ao formato de “U invertido”. A relação entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental traduz-se através de uma função quadrática com concavidade para cima, não podendo ser representada pela CKA.
$\hat{\beta}_1 > 0$ e $\hat{\beta}_2 < 0$ e $\hat{\beta}_3 > 0$	A relação entre renda <i>per capita</i> e degradação ambiental passa a assumir uma relação na forma de “N”, revelada numa função polinomial cúbica. Nesse caso, a CKA representaria apenas um estágio daquela relação, anterior ao ‘recasamento’ a partir do segundo ponto de inflexão da curva.
$\hat{\beta}_1 < 0$ e $\hat{\beta}_2 > 0$ e $\hat{\beta}_3 > 0$	Oposição ao formato de “N”. Revelada numa função polinomial cúbica de formato “N invertido”.

Fonte: CARVALHO (2008, p. 58); CIRIACI; PALMA (2009, p. 11); DINDA (2004, p. 440-441); LUCENA (2005, p. 49); – Adaptado pelos Autores.

Os resultados da estimação do modelo de regressão <sup>6</sup> estão dispostos na Tabela 1.

No modelo disposto na tabela acima, todos os coeficientes dos termos ligados ao PBV apresentaram o sinal esperado para uma possível CKA na forma de “N”, além disso, os coeficientes estimados (*I\_Renda PBV linear, quadrático e cúbico*) mostraram-se estatisticamente significativo ao nível de 10%, 5%, 1%, respectivamente. Assim, de forma geral o processo desmatamento estaria atrelado a dinâmica de renda oriunda do

<sup>6</sup>Para aplicação adequada do modelo de dados em painel, utilizou os testes de Chow, Hausman e Breusch-Pagan. Os resultados indicaram que não há evidências para se rejeitar a hipótese nula em nenhuma deles, chegando a uma predominância pela escolha do modelo *pooled*, pois no teste Chow a decisão da escolha é pelo *pooled*. O teste Hausman indicou que o efeito aleatório é preferível ao de efeito fixo. E, o teste de Breusch Pagan selecionou o modelo *pooled* ao de efeito aleatório.

PBV na Amazônia Legal, evidenciado as hipóteses de Kuznets, das curvas nos formatos “U-invertido” e ‘N’.

Os resultados do R<sup>2</sup> e o Teste F, e seu respectivo p-valor testar a significância global do modelo podem ser observados também na Tabela 1.

**Tabela 1. Resultados do MMQO e teste e da significância das variáveis do modelo**

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	Razão-t	p-valor
constante	-33,5304	17,4632	-1,920	0,0630*
I_RendaPBV	<b>11,4867</b>	4,66831	2,461	0,0189**
I_RendaPBV <sup>2</sup>	<b>-1,07682</b>	0,400641	-2,688	0,0109**
I_RendaPBV <sup>3</sup>	<b>0,0324339</b>	0,0111322	2,914	0,0062***
R2	0,346503	F (3, 35)	6,185996	
R <sup>2</sup> Ajustado	0,290489	P-valor (F)	0,001739	

\* Coeficientes das variáveis explicativas significantes à \*0,10p; \*\*0,05p e \*\*\*0,01p.  
 Fonte: Elaboração dos autores com base nos resultados do Gretl

Pelo critério do R<sup>2</sup> verifica-se que 35% das variações na variável dependente – taxa de desmatamento, são explicadas pelas variáveis independentes do modelo – *I\_Renda PBV linear, quadrático e cúbico*. Ressalta-se que, o valor relativamente baixo do R<sup>2</sup> decorre do fato de que o processo de desmatamento na Amazônia não pode ser explicado apenas pela variação na renda. Pelo critério do teste F, (P-valor (F) = 0,001739) rejeita-se a hipótese nula ( $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ ), portanto o modelo é significativo para explicar a variável dependente.

**Tabela 2. Resultados do MMQO e teste e da significância das variáveis do modelo**

Testes	Valor da Estatística	(p valor)
RESET para especificação	F(2, 33) = 4,921	0,0134781
não-linearidade (quadrados)	11,4867	0,525326
normalidade dos residues	-1,07682	0,910311
White para a heteroscedasticidade	0,0324339	0,309593
Durbin-Watson (DB)	0,212970	

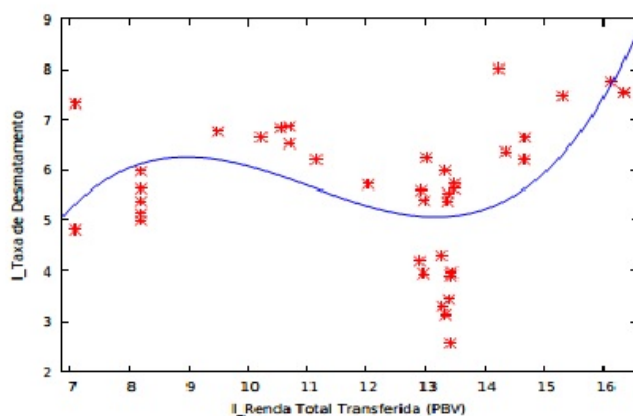
Fonte: Elaboração dos autores com base nos resultados do Gretl

O p-valor de 0,91 associado à normalidade e o p-valor de 0,30 da heterocedasticidade dos resíduos, sugerem que não existem evidências para se rejeitar as hipóteses nulas, pois os resíduos seguem a normalidade e são homocedásticos à 1% de significância. A estatística DB apresentou indícios de uma autocorrelação positiva entre os



resíduos, porém para não influenciar o formato da curva, optou-se em não realizar sua correção como sugerem Gujarati e Porter (2011). De acordo com o modelo em sua forma polinomial cúbica, a Curva de Kuznets Ambiental está disposta na Figura 4.

O formato da CKA apresentado na figura 3, demonstra que a relação entre renda proveniente do PBV e a taxa de desmatamento assumiu uma relação na forma de “N”, revelada pela função polinomial cúbica. Nesse caso, a hipótese do U invertido da CKA representaria apenas um estágio daquela relação, anterior ao ‘recasamento’ a partir do segundo ponto de inflexão da curva, pois a formação do U invertido é seguida por uma nova tendência de ascensão da taxa de desmatamento, captada pelos valores positivos do coeficiente cúbico no modelo de regressão polinomial.



**Figura 3. Gráfico de Dispersão das Variáveis em Painel – Estimação da CKA**  
 Fonte: Elaboração dos autores com uso do Gretl.

#### 4. Considerações

A análise do Programa Bolsa Verde na Amazônia Legal sob a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental revelou que o processo desmatamento estaria atrelado a dinâmica de renda oriunda do programa, sob os formatos ‘U-invertido’ e ‘N’, na qual, a hipótese do U invertido se apresenta como o início da curva no formato de N, ou seja, a renda proveniente do programa bolsa verde excitou à queda na taxa de desmatamento apenas nos anos iniciais de pagamento do referido benefício, até o primeiro ponto de inflexão da curva. Contudo, o aumento, ano após ano, do valor transferido pelo PBV passou a incitar aumentos na taxa de desmatamento.

Contudo, observou-se que, apenas 35% das variações na taxa de desmatamento, são explicadas pelas variações na renda proveniente do PBV. Logo, o processo de desmatamento na Amazônia não pode ser explicado unicamente pela variação na renda, corroborando com os resultados apresentados na revisão bibliográfica, os quais apontam outros tipos de ações: políticas públicas específicas considerando a dinâmica econômica do local; presença e fortalecimento de órgãos ambientais oficiais de fiscalização e controle; elevação nos níveis educacionais; redução da desigualdade de renda e o cumprimento de leis regulatórias.

De forma geral os resultados da análise evidenciam que, a transferência de renda através das bolsas do PBV pode explicar a variação no desmatamento, embora se conclua que o PBV tenha contribuído para diminuir o desmatamento na Amazônia Legal, caracterizando-se como uma política de conservação da cobertura florestal, contudo, nada pode ser afirmado quanto a continuidade daquele impacto no longo prazo e quanto à influência do programa na recuperação de áreas anteriormente degradadas.

## Referências

- ARRAES, Ronaldo de Albuquerque e; MARIANO, Francisca Zilania; SIMONASSI, Andrei Gomes. Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 119-140, Jan/Mar. 2012.
- BARBIER, Edward B; BURGESS, Joanne C., The Economics of Tropical Deforestation. **Journal of Economic Surveys**, v. 15, n. 3, p. 413-432. 2002.
- BRASIL. Congresso Nacional. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Decreto n. 7.572**, de 28 de setembro de 2011, que regulamenta dispositivos da Medida Provisória n. 535, de 2 de junho de 2011, que tratam do Programa de Apoio à Conservação Ambiental - Programa Bolsa Verde. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7572.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7572.htm)>. Acesso em: 04 Mai 2019.
- CABRAL, Paulo Guilherme Francisco; ONCOLA, Andrea Arean; GAIVIZZO, Larisa Ho Bech; APOLONI, Renata Corrêa. PARTE II. **Programa Bolsa Verde: Erradicação da Extrema Pobreza e conservação Ambiental**. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. (Org.) Brasil sem Miséria, Brasília: MDS, p. 493-512, 2014.
- CAMARA, Gilberto; VALERIANO, Dalton de Morisson; SOARES, João Vianeí.. **Metodologia para Cálculo da Taxa anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), Coordenadoria Geral de Observações da Terra,

Programa Amazônia – Projeto PRODES, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2013. Disponível em:<[http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia\\_TaxaProdes.pdf](http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia_TaxaProdes.pdf)>. Acesso em: 22 Abr. 2016.

CARVALHO, Terciane Sabadini. **A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global e o Protocolo de Quioto**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia e Administração, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2008.

CIRIACI, Daria; PALMA, Daniela. **Geography, environmental efficiency and economic growth: how to uncover localized externalities through spatial econometric modeling**. SEA, III World Conference, Barcelona, 2009. Disponível em:<<http://www.ub.edu/sea2009.com/Papers/113.pdf>>. Acesso em: 14 ago 2018.

DE BRUYN, Sander M. Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural Change and International Agreements in Reducing Sulphur Emissions. **Environment and Development Economics** 2. v. 2, n. 4, p. 485-503, 1997. Disponível em:<<https://pdfs.semanticscholar.org/9d0d/26d14c33cb79b2017695fc52511e81e8c215.pdf>>. Acesso em: 27 ago 2018.

DE BRUYN, Sander M.; VAN DEN BERGH, Jeroen C. J. M.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, v. 25, p. 161-175, 1998.

DINDA, Soumyananda. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431-455, 2004. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800904001570>>. Acesso em: 17 ago 2018.

DINIZ, Marcelo Bentes; JUNIOR, José Nilo de Oliveira; NETO, Nicolino Trompieri; DINIZ, Márcia Jucá Teixeira. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 121-151, Jan/Abr, 2009.

GOMES, Sergio Castro; BRAGA, Marcelo Jose. Desenvolvimento Econômico e Desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia e Rural, 46., 2008, Rio Branco. **Anais XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia e Rural**, 2008.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. **National Bureau of Economic Research – NBER**, Working Paper n. 3914, Cambridge, MA, EUA, 1991. Disponível em:<<http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>>. Acesso em: 09 jul 2018.

—, Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, 1995, p. 353-377. Disponível em:<<http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>>. Acesso em: 09 jul 2018.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn, C. **Econometria Básica**. 5 ed. Porto Alegre: RS, 2011.

IEF, Instituto Estadual de Florestas. **Bolsa verde: manual de princípios, critérios e procedimentos para a implantação da lei n.17.727 de agosto de 2008** / Diretoria de

Desenvolvimento e Conservação Florestal. Governo do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 8-47, 2010.

JÚNIOR, José Nilo de Oliveira; DINIZ, Marcelo Bentes; FERREIRA, Roberto Tatiwa; CASTELAR, Ivan; DINIZ, Márcia Jucá Teixeira. Análise da Área Desmatada Municipal na Amazônia Brasileira no Período 2000-2004: Uma Abordagem Com Modelos Não Lineares. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 395-411, 2010.

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

MARTINS, Carlos Eduardo Rodrigues. Análise Econométrica do Desmatamento no Estado do Pará. In: Jornada Internacional de Políticas Públicas, 4., 2009, São Luís, MA. **Anais da IV Jornada Internacional de Políticas Públicas**, Maranhão: Universidade Federal do Maranhão, 2009. p. 1-9. Disponível em:<[http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8\\_agricultura/analise-econometrica-do-desmatamento-no-estado-do-para.pdf](http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8_agricultura/analise-econometrica-do-desmatamento-no-estado-do-para.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. **Informativo do Programa de Apoio à Conservação Ambiental - Bolsa Verde**. Ano I-Número 1, setembro de 2012. Disponível em:<[https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80088/Informativo\\_bolsa%20verde\\_ano1\\_1\\_set\\_12.pdf](https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80088/Informativo_bolsa%20verde_ano1_1_set_12.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

NEVES, Ana Carolina Marzullo. **Determinantes Do Desmatamento Na Mata Atlântica: Uma Análise Econômica**. 2006, 94f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas, Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA, Ritaumaria de J.; VIEIRA, Wilson da Cruz; LIMA, João Eustáquio de; CALDAS, Marcellus Marques. Determinantes do Desmatamento em Pequenas Propriedades Na Amazônia: Um Estudo De Caso Em Uruará – Pa. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 2, n. 3, 2004.

PRATES, Rodolfo Coelho. **O desmatamento desigual na Amazônia Brasileira: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar**. 2008, 160f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RODRIGUES, Ricardo Leonardo Vianna. **Análise dos fatores determinantes do desflorestamento na Amazônia Legal**. 2004, 253f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SANTOS, Jair Carvalho dos; BRAGA, Marcelo José; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Determinantes de desmatamento em pólos de produção agropecuária no estado do Acre, Amazônia Brasileira. In: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 46., 2008, Acre. **Anais da XLVI Congresso SOBER**. Rio Branco, 2008.

TABOSA, Francisco Jose Silva; FILHO, Jair do Amaral; GOMIDE, Uyara Gomes; **Revista do Desenvolvimento Regional (REDES)**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 02, p. 245 – 266,



mai./ago. 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.17058/redes.v21i2.5246>