REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

RELAÇÃO ENTRE CRESCIMENTO ECONÔMICO E DESMATAMENTO BASEADO NA HIPÓTESE DA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL PARA A AMAZÔNIA LEGAL NO INÍCIO DO TERCEIRO MILÊNIO

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND DEFORESTATION BASED ON THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE HYPOTHESIS FOR THE LEGAL AMAZON AT THE BEGINNING OF THE THIRD MILLENNIUM

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DEFORESTACIÓN A PARTIR DE LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA LA AMAZONÍA LEGAL A INICIOS DEL TERCER MILÊNIO

Alessandro Sousa da Costa

Graduado em Ciências Econômicas, Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), Santarém/Pará/Brasil.

E-mail: alesdc89@gmail.com

Abner Vilhena de Carvalho

Doutor em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Oeste do Pará, (Ufopa), Santarém/Pará/Brasil.

Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3501-6611

Resumo

Nos últimos anos, o alerta sobre a degradação ambiental vem ganhando destaque nos noticiários e em agendas políticas globais. No caso do Brasil, as atenções são voltadas principalmente para a Amazônia Legal, considerada a maior floresta tropical do mundo. Dessa forma, o desmatamento nessa região, apresenta-se como uma grave ameaça a biodiversidade e a prestação de serviços ambientais, essenciais para a manutenção das condições climáticas globais. Nesse sentido, o presente estudo, tem como objetivo compreender através teoria da Curva de Kuznets Ambiental-CKA os impactos do crescimento econômico sobre o desmatamento na Amazônia Legal no período de 2002 a 2020. Após o levantamento bibliográfico sobre trabalhos que abordam a relação entre crescimento da renda e degradação ambiental para a Amazônia Legal e a coleta de dados com informações sobre PIB *per capita* -*proxy* do crescimento econômico (obtidos no site SIDRA-IBGE) e três *proxies* da degradação ambiental - Taxa de desmatamento (km^2), Desflorestamento acumulado e Incremento Anual do Desmatamento (obtidos no site PRODES-INPE), foi então aplicado um modelo de regressão polinomial com dados em painel, para estimar três Curvas de Kuznets Ambiental para os estados que compõem a Amazônia Legal. Após a estimação e aplicação dos testes para escolha do modelo, obteve-se como resultado o formato de "U" normal na função cúbica – com efeitos fixos, tanto para a relação entre PIB *per capita* e Taxa de desmatamento (km^2), quanto para a relação entre o PIB *per capita* e Incremento Anual do Desmatamento, e o formato "N" invertido na função quadrática – com efeitos fixos, para a relação entre PIB *per capita* e Desflorestamento acumulado. Os resultados obtidos mostram formatos de CKA's diferentes do que propõe a teoria, demonstrando com base na revisão da literatura, que não há padrão de formato da

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

CKA para a Amazônia Legal, indicando ainda haver limitações a teoria da CKA para explicar a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental.

Palavras-chave: Crescimento Econômico; Degradação Ambiental; Curva de Kuznets Ambiental; Amazônia Legal Brasileira.

Abstract

In recent years, warnings about environmental degradation have gained prominence in news reports and on global political agendas. In the case of Brazil, attention is mainly focused on the Legal Amazon, considered the largest tropical rainforest in the world. Therefore, deforestation in this region presents a serious threat to biodiversity and the provision of environmental services, essential for maintaining global climate conditions. In this sense, the present study aims to understand, through the Environmental Kuznets Curve (ECK) theory, the impacts of economic growth on deforestation in the Legal Amazon from 2002 to 2020. After a literature review of works addressing the relationship between income growth and environmental degradation in the Legal Amazon, and the collection of data with information on GDP per capita – a proxy for economic growth (obtained from the SIDRA-IBGE website) – and three proxies for environmental degradation – Deforestation Rate (km2), Accumulated Deforestation, and Annual Deforestation Increment (obtained from the PRODES-INPE website), a polynomial regression model with panel data was applied to estimate three Environmental Kuznets Curves for the states that comprise the Legal Amazon. After estimation and application of tests for model selection, the results obtained were a normal “U” shape in the cubic function – with fixed effects, both for the relationship between GDP per capita and deforestation rate (km2), and for the relationship between GDP per capita and annual increase in deforestation, and an inverted “N” shape in the quadratic function – with fixed effects, for the relationship between GDP per capita and accumulated deforestation. The results obtained show different CKA shapes than those proposed by the theory, demonstrating, based on the literature review, that there is no standard CKA shape for the Legal Amazon, also indicating limitations to the CKA theory in explaining the relationship between economic growth and environmental degradation.

Keywords: Economic Growth; Environmental Degradation; Environmental Kuznets Curve. Brazilian Legal Amazon.

Resumen

En los últimos años, las advertencias sobre la degradación ambiental han cobrado relevancia en la prensa y en las agendas políticas globales. En el caso de Brasil, la atención se centra principalmente en la Amazonia Legal, considerada la selva tropical más grande del mundo. Por lo tanto, la deforestación en esta región representa una grave amenaza para la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales, esenciales para el mantenimiento del clima global. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo comprender, a través de la teoría de la Curva Ambiental de Kuznets (ECK), los impactos del crecimiento económico sobre la deforestación en la Amazonia Legal de 2002 a 2020. Después de una revisión de la literatura de trabajos que abordan la relación entre el crecimiento del ingreso y la degradación ambiental en la Amazonia Legal, y la recopilación de datos con información sobre el PIB per cápita - un proxy para el crecimiento económico (obtenido del sitio web de SIDRA-IBGE) - y tres proxies para la degradación ambiental - Tasa de Deforestación (km2), Deforestación Acumulada e Incremento Anual de Deforestación (obtenidos del sitio web de PRODES-INPE), se aplicó un modelo de regresión polinomial con datos de panel para estimar tres Curvas Ambientales de Kuznets para los estados que componen la Amazonia Legal. Tras la estimación y la aplicación de pruebas para la selección del modelo, se obtuvieron resultados con una forma de “U” normal en la función cúbica, con efectos fijos, tanto para la relación entre el PIB per cápita y la tasa de deforestación (km²) como para la relación entre el PIB per cápita y el aumento anual de la deforestación, y una forma de “N” invertida en la función cuadrática, con efectos fijos, para la relación entre el PIB per cápita y la deforestación acumulada. Los resultados obtenidos muestran formas de CKA diferentes a las propuestas por la teoría, lo que demuestra, con base en la revisión bibliográfica, que no existe una forma estándar de CKA para la Amazonia Legal, lo que también indica limitaciones de la teoría de CKA para explicar la relación

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

entre el crecimiento económico y la degradación ambiental.

Palabras clave: Crecimiento económico; Degradación ambiental; Curva ambiental de Kuznets; Amazonia Legal brasileña.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o alerta sobre a degradação ambiental, decorrente da poluição e do uso predatório dos recursos naturais tem ganhado destaque nas discussões políticas, em noticiários nacionais e internacionais, tendo como principal consequência as mudanças climáticas, resultante do aquecimento global. No caso do Brasil as atenções estão voltadas sobretudo para a Amazônia.

De acordo com Oliveira *et al* (2011), pelo fato de o Brasil possuir a maior floresta tropical do mundo, os estudos sobre a degradação ambiental estão relacionados principalmente ao desmatamento da Amazônia Legal, pela ameaça que representa a biodiversidade e a prestação de serviços ambientais, essenciais para a manutenção das condições climáticas globais.

Segundo Dalgo e Suhett (2009) a floresta Amazônica permaneceu praticamente intacta até os anos de 1970, quando os planos do governo federal para ocupação e integração nacional, resultaram na construção de rodovias, como a Transamazônica, Cuiabá-Santarém, e a Perimetral, além da promoção de agroindústrias. Desde então, esses acontecimentos vêm sendo associados a altos índices de desmatamento. Em meados dos anos de 1980, o desmatamento da região chegava a 300 mil km^2, o equivalente a 6% da área total. Tempos depois, já em 2007, o desmatamento alcançou a marca de 732 mil km^2, correspondendo a 15% da área total da região (BRASIL, 2008).

Ainda segundo Oliveira *et al* (2011) no Brasil, o desmatamento por queimadas torna o país um dos grandes emissores de dióxido de Carbono (CO_2), um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Dessa forma, fica evidente a preocupação de que o progresso no desenvolvimento da região possa causar ainda mais pressão sobre as florestas tropicais. É nesse contexto, segundo o autor, que o debate sobre crescimento econômico e degradação ambiental encontra na Curva de Kuznets Ambiental uma possibilidade de resposta.

Conforme relatório do 'Plano Amazônia Sustentável' (BRASIL, 2008), os

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

setores econômicos mais expressivos da região Amazônica são: agropecuário, florestal, mineral, industrial e atividades urbanas, com destaque a administração pública. O relatório caracteriza a região como heterogenia em vários aspectos. Dessa forma, a relação do desmatamento com o crescimento econômico, torna-se uma questão de interessante complexidade (OLIVEIRA *et al*, 2011).

Diante desse tema tão atual, nota-se que a degradação ambiental na Amazônia Legal se mostra como algo muito preocupante, pelas consequências ao meio ambiente e ao clima em todo o mundo. Portanto, este estudo é de suma importância para elaboração de medidas que colaborem para diminuir os impactos ambientais, de se estudar dados relacionados ao crescente desmatamento da região, assim como a expansão econômica que exerce forte pressão sobre o meio ambiente, além de contribuir para elaboração de políticas públicas que visem um desenvolvimento mais sustentável a região.

Nesse sentido, a pergunta que norteia este trabalho é: há os formatos de "U" invertido para a relação entre crescimento econômico e três indicadores de degradação ambiental relacionado a Amazônia Legal para os anos de 2002 a 2020, conforme preconiza a teoria da Curva de Kuznets Ambiental?

O presente estudo, tem como objetivo compreender através teoria da Curva de Kuznets Ambiental os impactos do crescimento econômico sobre o desmatamento na Amazônia Legal no período de 2002 a 2020. Para chegar a esse objetivo, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico sobre trabalhos que abordam a relação entre crescimento da renda e degradação ambiental para a Amazônia Legal, além da coleta de dados com informações sobre crescimento econômico (obtidos no site SIDRA-IBGE) e três *proxies* de desmatamento (obtido no site PRODES do INPE) para o período analisado, para então aplicar um modelo de regressão polinomial com dados em painel, para estimar três Curvas de Kuznets Ambiental para os estados que compõem a Amazônia Legal.

2. Revisão da Literatura

2.1 Crescimento, desenvolvimento econômico e degradação ambiental

A relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente veio à tona,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

sobretudo com o despontar das agendas ambientais a nível internacional, dos finais dos anos 60, 70 e 80. Na ONU, desde 1972, o PNUMA é a principal voz global na liderança e defesa de questões ambientais, e tem como objetivo inspirar, informar e permitir que nações e povos melhorem sua qualidade de vida sem comprometer a das gerações futuras. Em reconhecimento ao aniversário de 75 anos das Nações Unidas, o Programa da ONU para o Meio Ambiente compilou uma série de marcos ambientais no decorrer da história da organização, denominado 'Marcos ambientais: Linha do tempo dos 75 anos da ONU', que compreende desde os anos de 1968 até o ano 2019.

Com a ampla divulgação dessas agendas e o surgimento e fortalecimento das organizações internacionais em prol do meio ambiente, a discussão sobre a relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente (sem grandes pormenores), difundiu-se em duas vertentes: de um lado aqueles que acreditam na possibilidade da existência de um crescimento econômico com equilíbrio ambiental, e de outro, os que rogam pela incompatibilidade entre as duas variáveis, ou sejam, aqueles que acreditam que a manutenção do crescimento econômico está atrelado ao processo de degradação ambiental[1].

2.1.1 Crescimento e desenvolvimento econômico - do PIB aos indicadores de desenvolvimento

Antes mesmo de submergir as discussões sobre as questões ambientais, atreladas ao processo de crescimento econômico (conforme apresentados no início do capítulo), a consagrada literatura econômica, pautada sobretudo nos modelos de crescimento e desenvolvimento econômico, datam décadas anteriores antes mesmo das discussões da relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente virem à tona[2].

Considerando precisamente o crescimento econômico como sinônimo do crescimento da renda e dada a importância de se conceituar e diferenciar crescimento do desenvolvimento econômico, tem-se, conforme Moraes (2017, p.

[1] Detalhes acerca da polarização ver as obras de José Eli da VEIGA (2010) e Andrei CECHIN (2010).
[2] Vale destacar que os primeiros modelos, ditos, de crescimento econômicos datam os finais dos anos de 1930, e caminham nas décadas seguintes, inclusive concomitantemente, atreladas ou não às discussões ambientais.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

17) “a definição simples de desenvolvimento econômico envolve duas grandes variáveis: (i) o produto nacional bruto, PNB, e (ii) o tamanho da população”. Relacionado ao padrão de vida, ressalta Moraes (2017, p. 17) que “o crescimento da renda nacional por si só não mostra se o nível de vida do povo melhorou”.

Ao relacionar crescimento do produto material e com a população, (MORAES, 2009, p. 17) aponta para o fato de “se a economia crescer, mas a renda média diminuir, não há crescimento econômico” pois na prática, se os aumentos na produção são menores que o crescimento da população, haverá uma redução da renda média dessa economia.

As citações dispostas no trecho acima, abrem um amplo leque de discussão teórica, com vista ao empírico, sobre a relação intrínseca entre crescimento e desenvolvimento. Todavia, destaca-se, por hora que, nas palavras de Moraes (2009, p. 17) “aumentos na renda *per capita* no tempo é a variável mais utilizada para medir o crescimento econômico”.

A forma mais simples de distinguir os conceitos crescimento e desenvolvimento econômico “é que o crescimento se refere ao crescimento do nível de produção agregada, enquanto o desenvolvimento econômico significa crescimento da produção *per capita*” (Moraes, 2009, p. 17). Ou seja, assim temos que o crescimento é o aumento do produto (PIB e PNB) e o desenvolvimento com a inclusão da dimensão populacional no PIB, ou seja, o *PIB per capita*.

O PIB *per capita* é utilizado como expressão do desenvolvimento econômico: a) evolução do padrão de vida de uma localidade e; b) possibilita a comparação de padrões de vida entre localidades. Muito embora, cabe ressaltar a forma mais complexa de distinguir os conceitos de crescimento e desenvolvimento econômico envolva outras variáveis, para além da relação entre aumentos da produção material e o crescimento populacional (ou da força de trabalho). Conforme Moraes (2009, p. 18) nessa forma mais complexa de conceituar e distinguir, “é necessário incluir variáveis que afetam a estrutura e as instituições do país. O desenvolvimento econômico inclui um conjunto de variáveis tecnológicas, institucionais e de transformação social”. O autor prossegue afirmando que “a melhora na educação, saúde, população, infraestrutura de transportes e instituições legais fazem parte do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

processo de desenvolvimento", e por fim, segue afirmando que "é claro que o meio ambiente também é uma variável relevante" no processo desenvolvimento.

Por fim, convenhamos que o PIB *per capita* não é o único indicador de desenvolvimento econômico, pois, em análise mais complexas, deve-se considerar, por exemplos outros indicadores relacionados, por exemplo à saúde, educação, saneamento e etc. Contudo, aqui, parte-se da premissa de que, melhoras no crescimento (PIB *per capita*) são acompanhados de melhoras nos outros indicadores (à saúde, educação, saneamento e etc), inclusive, na diminuição da degradação ambiental (a hipóteses a ser testada nesta pesquisa).

2.1.2 Degradação ambiental e a mensuração do desmatamento na Amazônia

Na discussão da relação entre economia e meio ambiente não passa despercebido a inserção da temática relaciona a degradação ambiental, como resultados do processo de crescimento e desenvolvimento econômico. Contudo, assim como feito no subitem anterior, faz-se necessário apresentar o que é degradação ambiental. Segundo Pereira Júnior; Pereira (2017, p. 992) "a degradação ambiental apresenta uma ligação direta com a perda da diversidade biológica ou biodiversidade em função do uso dos recursos naturais, o que compromete a conservação e manutenção dessa diversidade".

O fato da degradação ambiental está relacionado ao uso dos recursos ambientais/naturais, desperta uma ramificação da discussão entre economia e meio ambiente, aquele que direciona para as necessidades ilimitadas dos agentes econômicos, e a finitude dos recursos ambientais e naturais do planeta. Diante disso, observam MOREIRA et al. (2022, p. 22) que "a constante evolução do ser humano na realização de ações para seu consumo, que, por sua busca incessante e de maneira não sustentável, desencadeiam a degradação do meio natural".

Temporalmente, por mais que as discussões datas do final dos anos 1960, foi no final do século XX e início do século XXI, as transformações do meio ambiente foram aumentando conforme o grau de industrialização, gerando situações ambientais impactantes. Nesse contexto, apontam De Giacometti e Pilão (2018, p. 4) que "dentro desse novo modelo econômico ficaram claras as ações

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

antrópicas decorrentes para o avanço científico e tecnológico e consequentemente a modernização industrial e o aumento da degradação ambiental, principalmente".

Existem diversos indicadores de degradação do meio ambiente, estes por sua vez relacionados ao ar, o solo, a água, a floresta e etc. Na Amazônia Legal, o desmatamento tem se apresentado como a principal variável de degradação ambiental, não por ser o único, mas sim por estar relacionado – espaço/temporal (no sentido de ser em dado momento causa e dado momento efeito) com outros diversos indicadores. Nessa perspectiva apontam Dos Santos et al., (2017, p. 159) ao afirmar, baseado revisão bibliográfica que "o desmatamento na Amazônia tem como uma das principais causas, as atividades de origem antrópica como a agricultura, pecuária, somada a agricultura do tipo de corte e queima"

Ainda nesse contexto relacional entre o desmatamento e crescimento econômico na Amazônia, Oliveira et al, (2011) apontam ser o desmatamento, o indicador de degradação ambiental mais relevante. E se destaca-se, mais ainda, pela ameaça que representa sobre a biodiversidade e sobre a prestação de serviços ambientais para a manutenção das condições climáticas globais. Por sua vez, em termos oficiais, o desmatamento, possui alguns indicadores, a destacar: 1) Taxa de desmatamento; 2) Área desflorestada e; 3) Incremento anual do desflorestamento. Ressalta-se que, tais indicadores serão as *proxies* da variável desmatamento relacionada a degradação ambiental na Amazônia.

2.2 A relação entre crescimento/desenvolvimento econômico e degradação ambiental e a Curva de Kuznets Ambiental

Um dos trabalhos pioneiros que relacionam os rendimentos desiguais e crescimento econômico foi elaborado pelo economista Simon Kuznets (1955). A relação ficou conhecida na literatura econômica como a hipótese de "U" invertido de Kuznets, ou simplesmente a curva de Kuznets. Este economista advogava que a um dado nível de renda *per capita*, o crescimento da mesma, aumenta o nível de desigualdade dos rendimentos, porém com a modernização e o aumento de produtividade econômica, que consequentemente gera mais crescimento econômico, a desigualdade tende a diminuir. Portanto, para Kuznets (1955), a

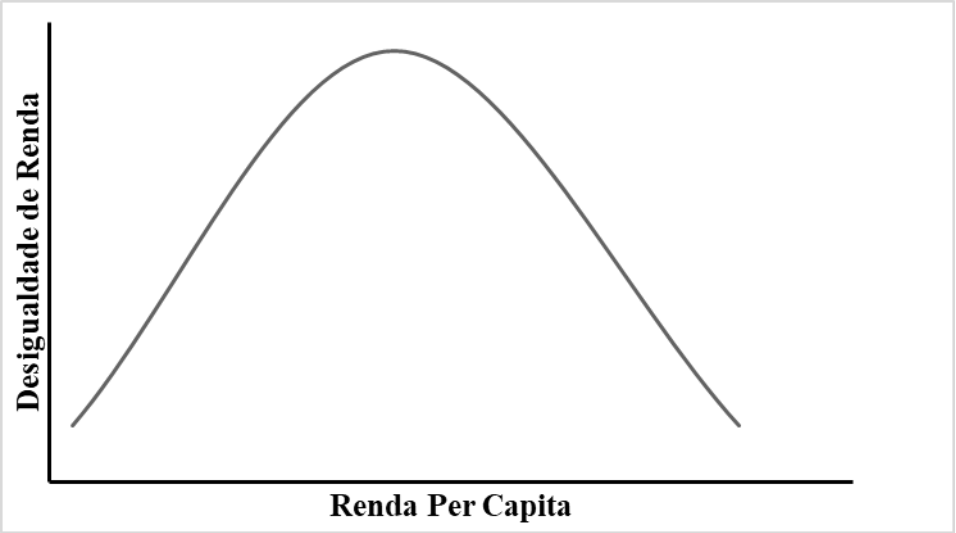
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

desigualdade de renda, no curto prazo tende a aumentar com o crescimento, no entanto, a tendência será diminuir no longo prazo, se esta economia apresentar crescimento econômico *per capita*, configurando uma curva de "U" invertido.

Em sua obra "*Economic Growth and Income Inequality*", Kuznets (1955) utilizou um modelo dual composto por um setor agrícola e outro moderno e dinâmico, com objetivo de analisar a relação entre a desigualdade de renda e o crescimento econômico nesses dois setores distintos. A hipótese dessa relação é de que a desigualdade de renda se elevaria a curto prazo, porém, reduziria-se no longo prazo com o crescimento econômico, caracterizando um "U" invertido (TAQUES; MAZZUTTI, 2010). O formato da curva resultante da relação entre desigualdade de renda e crescimento 1955) está na figura abaixo:

Figura 01: Curva de Kuznets Tradicional.



Fonte: Elaboração própria adaptado de Kuznets (1955).

O argumento de Kuznets (1955) sobre a relação entre desigualdade de renda e crescimento econômico, baseia-se na migração de indivíduos das áreas rurais para urbana, devido essencialmente a maior produtividade urbana em relação a rural. Dessa forma com a transferência da população desse setor rural agrícola para o urbano industrializado e moderno, inicialmente haveria um aumento da desigualdade de renda, pois apesar deste setor industrializado ser mais rico e próspero, apresenta maiores desigualdades de renda. Essa diferença de renda da

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

população de ambos os setores pode ser constatada através da renda *per capita* média industrial, da parcela da renda setorial em relação a renda total e da desigualdade nas parcelas populacionais, que tem uma propensão a ser maiores no setor industrializado em relação ao setor agrícola (BARROS; GOMES, 2008; SALVATO *et al*, 2006).

Com base nos dados referentes aos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, Kuznets (1955) propôs que a desigualdade de renda tenderia a diminuir a partir de um determinado estágio de desenvolvimento do país, sendo verificado um aumento significativo da renda *per capita* desses países no decorrer dos anos. Isso se daria pela diminuição da desigualdade dos rendimentos, decorrente do aumento da participação da renda *per capita* de grupos “mais baixos” em ritmo mais elevados do que grupos “mais altos” (BARROS; GOMES, 2008).

Dessa forma, com o crescimento da economia resultante da industrialização, a maioria dos trabalhadores estariam localizados no setor urbano industrializado, resultando em uma redistribuição de renda mais igualitária, a qual seria obtida por meio da acumulação de poupança, decorrente da menor participação na renda da população já estabelecida no meio urbano (SALVATO et al., 2006).

A partir desse trabalho de Simon Kuznets (1955), anos mais tarde, Grossman e Krueger (1995) apresentaram a primeira evidência favorável a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental, sendo uma aplicação da Curva de Kuznets à fatores ambientais.

Com o desenvolvimento da Economia Ambiental Neoclássica, surgiu nos anos de 1990 a Curva de Kuznets Ambiental (CKA), sendo esta uma derivação da curva de Kuznets tradicional, em que diferente da curva desenvolvida por Kuznets (1995), esta relaciona o crescimento econômico *per capita* de um país com a degradação ambiental do mesmo. Contrapondo a crença generalizada que advogam uma relação direta entre o crescimento econômico e o aumento dos problemas ambientais, os economistas defensores da CKA são hoje os descendentes daqueles que criticavam os paradigmas pessimistas entre o crescimento econômico *per capita* e a degradação ambiental (FONSECA; RIBEIRO, 2004).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

A análise da relação entre crescimento econômico e degradação ambiental têm como referência os trabalhos empíricos de Grossman e Krueger (1991), intitulado "*Environmental Impacts of a North American free Trade Agreement*", os quais relacionaram a qualidade do ar com o crescimento econômico, buscando evidenciar a relação entre emissão de poluentes – material particulado em suspensão (SPM) e dióxido sulfúrico (SO_2) – e o PIB *per capita* para os Estados Unidos, encontrando suas evidências para uma curva em formato de "U" invertido, denominada, posteriormente Curva de Kuznets Ambiental (CKA) (BIAGE; ALMEIDA, 2015).

A CKA pressupõe uma relação de "U" invertido (como a curva de Kuznets tradicional) entre medidas de degradação ambiental e o nível de renda *per capita*. Grossman e Krueger (1991) apresentaram a primeira evidencia favorável àquela relação, ao utilizarem medidas de degradação do ar, que apontavam para uma redução dos níveis de poluição à medida que a renda aumentava.

No caso específico do trabalho de Grossman e Krueger (1995) intitulado "*Economic growth and the environment*", lançaram mão daquela mesma conjuntura de que o crescimento econômico seria benéfico ao meio ambiente a partir de certo nível de riqueza auferida pela renda *per capita*, ao examinarem a relação entre o comportamento da renda *per capita* e quatro tipos de indicadores de deterioração ambiental: i) poluição atmosférica urbana; ii) oxigenação de bacias hidrográficas e duas de suas contaminações; iii) contaminação fecal e; iv) por metais pesados (CECHIN, 2010). Assim, Grossman e Krueger (1995) tornaram a rever a relação entre a variação positiva na renda *per capita e* o nível de degradação ambiental, seguindo na hipótese de que o crescimento econômico seria benéfico ao meio ambiente a partir de certo nível de riqueza auferida pela renda *per capita.*

Após os estudos seminais de Grossman e Krueger (1991; 1995), inúmeros estudos tiverem como objetivo estudar a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental, através do uso de dados e métodos distintos, vários autores puderam testar a validade da hipótese da CKA para países, estados e municípios. Logo, a CKA se tornou referencial para explicar a degradação ambiental para vários níveis de crescimento econômico (FONSECA; RIBEIRO, 2004).

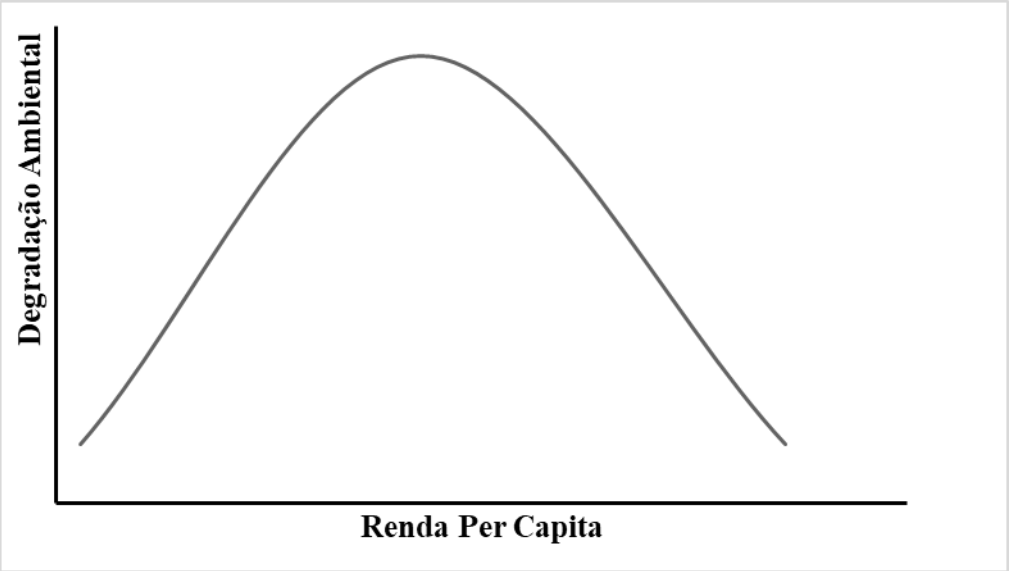
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

A origem conceitual da CKA a partir dos anos 90, procurou descrever, o percurso que a poluição trilhou como consequência do desenvolvimento econômico no decorrer do tempo. A ideia indicava que a melhoria do meio ambiente não seria alcançada sem o crescimento da renda, a qual seria alcançada através de três estágios conduzidos pelo mercado e pela regulamentação do governo (Grossman e Krueger, 1995); Shafik e Bandyopadhyay, 1992); Selden e Song,1994 apud Carvalho e Almeida, 2010).

Nos estágios iniciais do desenvolvimento econômico de um determinado país, as pessoas estão mais preocupadas com trabalho e renda do que com questões ambientais, pois as instituições de determinada nação são precárias, a grande parte dos grupos sociais são pobres, e assim não tem como arcar com os danos ambientais, portanto, esse estágio é caracterizado pela parte crescente CKA. Após esta fase, o aumento dos rendimentos promove uma diminuição dos impactos ambientais pelas indústrias, como consequência de uma maior preocupação com o meio ambiente por parte da população, que se concretiza por meio de regulamentações mais eficientes, sendo esta etapa caracterizada por uma CKA decrescente para os países desenvolvidos (MORAES, 2009).

Figura 02: Curva de Kuznets Ambiental.



Fonte: Elaboração própria adaptado Grossman e Krueger (1991).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

Moraes (2009) crítica o pensamento de que se deve poluir para ter crescimento econômico e depois limpar os danos causados, explicando que a CKA pode assumir diversos formatos, indicando nem sempre um caminho para uma redução dos impactos ambientais com crescimento da renda no longo prazo. Explica ainda que a relação de causa e efeito entre degradação e desenvolvimento pode ser alterada através da tecnologia, senda esta um determinante para melhoria do meio ambiente, e se dará através da adoção de políticas públicas que proporcionem o uso de métodos e técnicas adequados ao crescimento sustentável.

Cechin (2010) também ressalta que a CKA tem sofrido fortes críticas relacionadas a metodologia limitada, assim como resultados pouco previsíveis já que a pesquisa original de Grossman e Krueger (1995) contemplou apenas 3 % dos países do planeta, fora outros danos ambientais que o modelo não contemplou. Observou ainda que a degradação ambiental, proveniente do uso de recursos fósseis e da emissão de gases causadores do efeito estufa, tem uma relação contrária a defendida pela CKA, pois aumentam com o crescimento da economia.

Veiga (2010) ressalta que a hipótese da curva de “U” invertido constatada por Kuznets em sua publicação de 1955, teve limitações por contar com uma pequena amostra de países e dados estatísticos precários do pós-Segunda Guerra Mundial, assim não deveria ser entendida como uma lei que rege a relação entre crescimento econômico e desigualdade de renda, visto que, a hipótese dessa relação foi descartada através de estatísticas recentes sobre uma grande quantidade de países, as quais mostraram que tal relação tem se mostrado cada vez mais heterogênea, indicando a existência inúmeros formatos para a curva de Kuznets, inclusive de “U” invertido.

De forma semelhante a Cechin e Veiga (2010) também fizeram crítica ao trabalho de Grossman e Krueger sobre a hipótese procedente a Kuznets para a relação entre crescimento da renda e degradação ambiental. Advertiram que, quando a maioria das nações possuírem indicadores confiáveis sobre variáveis ecológicas, será constatado que os diversos estilos de crescimento e condições em que o mesmo ocorre, levará a rejeitar tal relação que se apresentará linear, visto que, bons indicadores revelaram o aumento da degradação ambiental para maiores

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

níveis de crescimento econômico, até mesmo em países mais ricos. Contudo, segundo o autor, enquanto esta for uma panglossiana teoria, muitos periódicos ainda aceitarão estudos, sobretudo de caráter empírico que estimam, testam e analisam as hipóteses da Curva de Kuznets tradicional e Ambiental (CKA).

2.3 A Relação entre Crescimento Econômico e Degradação Ambiental nas Evidências da(s) Curva(s) de Kuznets adaptadas à Amazônia

Em caráter de revisão da literatura, será apresentado os trabalhos empíricos relacionados a estimação e análise da CKA para a Amazônia Legal com intuito de estudar a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental na região, por meio de "seu indicador de degradação ambiental mais relevante, o desmatamento" (Oliveira et al, 2011, p. 711), a partir da aplicação de diversas técnicas de estimação econométricas, obtendo resultados que indicam evidências para além de uma curva com formato exclusivo de 'U invertido' ou 'N'para a CKA.

Com base na revisão bibliográfica acerca da CKA para a Amazônia Legal, constatou-se nos trabalhos empíricos que para a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental nesta região, as principais *proxies* para análise foram o PIB *per capita* e o desmatamento, sendo esta última *proxy* da degradação ambiental expressa através do percentual das áreas desmatadas em hectares, taxa de desmatamento, ou área desflorestada (SANTOS et al, 2008; GOMES; BRAGA, 2008; OLIVEIRA et al, 2011; BRITO; MELO; SAMPAIO, 2012).

Com o intuito de aprimorar o estudo empírico relacionado a CKA aplicado à Amazônia, alguns autores utilizaram outras variáveis explicativas como: Rebanho bovino, Culturas agrícolas como soja e cana-de-açúcar, Extração vegetal e silvicultura, Densidade populacional, Crédito rural e Área de floresta preexistente, presentes nos trabalhos de Oliveira et al (2011), e Densidade demográfica, em Gomes e Braga (2008).

Brito, Melo e Sampaio (2012) com intuito de fazer uma revisão crítica à literatura relacionada a CKA, acrescentaram uma quantidade expressiva de variáveis explicativas a saber: Variação do desmatamento corrigido por uma matriz de correlação espacial, Tamanho da floresta, Razão entre número de habitantes e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

área do município, dívida com a união como percentual do PIB, Atividade pecuária, Área plantada de lavoura permanente, Salário médio dos trabalhadores, Número de homicídios registrados no município, Número de alunos matriculados no ensino médio nas escolas, e Razão entre o valor produzido e a área disponível para plantio (associado à Tecnologia).

Quanto ao formato da CKA para Amazônia Legal pode-se apontar que, na literatura pesquisada houve evidências de formas “U” e “N” normais e invertidas – e até mesmo a falta de evidências conforme descritos nos parágrafos a seguir.

Santos et al (2008) investigaram a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental no intuito de verificar se há evidencias de que o crescimento econômico possa gerar algum tipo de proteção ao meio-ambiente, ou promover um desenvolvimento sustentável. Os autores utilizaram como variável dependente o percentual das áreas desmatadas em hectares – *proxy* da degradação ambiental, e como variável independente o PIB *per capita* – *proxy* do crescimento econômico, para os 782 municípios da Amazônia Legal no período de 2000 a 2004. Para estimar a CKA os autores utilizaram dados em painel na análise da relação entre os parâmetros ambientais e o crescimento econômico, através da heterogeneidade e da hipótese de convergência para os municípios estudados. Ao final da estimação, os autores chegaram à conclusão de que há evidencias de uma CKA para as formas cúbicas, porém com estimadores de efeito fixo com poder de explicação limitado.

Gomes e Braga (2008) procuraram testar a hipótese da CKA em relação a taxa de desmatamento e ao PIB *per capita* para estados da Amazônia Legal, acrescentando a variável Densidade Demográfica para avaliar os efeitos da dinâmica populacional sobre a taxa de desmatamento no período de 1990 a 2004. Para estimação do modelo econométrico os autores utilizaram dados em painel para efeitos aleatórios com dois modelos de regressão, um com função quadrática e outro com função cúbica, sendo a taxa de desmatamento a variável explicada, enquanto PIB *per capita*, Densidade Demográfica, Ano e uma *Dummy* usada para captar o efeito dos estados incluídos na área territorial denominada de “Arco do Desmatamento”, são as variáveis explicativas. Ao fazerem as estimações sobre a função quadrática os autores encontraram uma curva com formato de “U”, diferente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

do esperado para uma CKA. Os autores justificaram o formato da curva, em parte pelo fato de os pequenos produtores itinerantes terem retornos financeiros inferiores aos grandes produtores de grãos e pecuaristas. No entanto, ao estimarem a função cúbica com inclusão da variável demográfica, foi encontrado o formato original da CKA com "U" invertido somente para nível de renda *per capita* inferior a R$ 6.000,00, sendo observado que para valores superiores de renda há evidências do aumento da taxa de desmatamento.

Oliveira et al (2011) de igual modo, estudaram a relação entre crescimento da renda e desmatamento sob a hipótese da CKA para os municípios da Amazônia Legal no período de 2001 a 2006. Tal modelo foi estimado através de dados em painel, com acréscimo de variáveis explicativas como: rebanho bovino, culturas agrícolas como soja e cana-de-açúcar, extração vegetal e silvicultura, densidade populacional, crédito rural e área de floresta preexistente. Os autores estimaram cinco modelos além do modelo base (sem correção para dependência espacial) para testar a hipótese da CKA para a Amazônia Legal a saber: (i) modelo de defasagem espacial, (ii) modelo de erro espacial, (iii) modelo regressivo cruzado espacial, (iv) modelo de Durbin espacial, e (v) modelo de erro espacial e transbordamentos espaciais. Os resultados do modelo base que considera efeitos não observados mostraram-se mais adequados do que o estimado por MQO, visto que, ao desconsiderar os efeitos não observados, as estimativas por MQO se apresentaram inconsistentes e enviesadas. Os autores constataram para esse modelo, que a relação entre desmatamento anual e PIB *per capita* municipal (incluindo suas formas quadráticas e cúbicas) não foi significativa para sustentar a hipótese da CKA na área da Amazônia Legal para o período estudado. No entanto, os valores da correlação entre os resíduos do modelo estimado por efeitos fixos e as variáveis explicativas foi zero, indicando não haver problemas de endogeneidade com as variáveis explicativas consideradas no modelo.

Em relação aos modelos com correção para dependência espacial, Oliveira et al (2011) ressaltam que a sua importância para estimação foi identificada através da análise dos resíduos do modelo-base estimados por efeitos fixos. Portanto, entre todos os modelos estimados a Amazônia Legal, a especificação que melhor

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

se ajustou aos dados foi a que incluiu o erro e transbordamentos espaciais às variáveis explicativas, com base numa maior remoção de autocorrelação espacial dos resíduos, em que as variáveis relativas ao PIB municipal *per capita* (tanto na sua forma quadrática quanto cúbica) foram significativas, evidenciando a existência de uma relação com um formato de "N" invertido. Segundo os autores, esse formato indica que o desmatamento decresce a níveis de PIB *per capita* baixos, e em seguida cresce com a elevação do PIB *per capita*, tornando-se decrescente novamente a níveis ainda mais elevados de PIB *per capita*, contrariando o pressuposto da CKA.

Brito, Melo e Sampaio (2012) fizeram uma revisão crítica acerca da Curva de Kuznets Ambiental procurando testar a existência dessa relação para os municípios da Amazônia Legal, discutindo os diversos formatos das curvas encontradas pelos autores estudados. Os autores estimaram o modelo através de dados em painel adotando estimadores de Arellano-Bond, sendo esta uma metodologia que ainda não havia sido utilizada de acordo com a literatura. Além do PIB *per capita* dos municípios da Amazônia Legal (juntamente com seus termos quadráticos e cúbicos), outras variáveis também foram utilizados para estimação do modelo como: variação do desmatamento corrigido por uma matriz de correlação espacial, tamanho da floresta, razão entre número de habitantes e área do município, dívida com a união como percentual do PIB, Atividade pecuária, Área plantada de lavoura permanente, Salário médio dos trabalhadores, Número de homicídios registrados no município, Número de alunos matriculados no ensino médio nas escolas, e Razão entre o valor produzido e a área disponível para plantio (tecnologia). Os resultados indicaram que só para o modelo quadrático foi possível obter uma relação linear entre crescimento econômico e desmatamento *proxy* da degradação ambiental. Contudo, tal constatação deve ser vista com cuidado uma vez que os testes de Sargan e de Hansen revelam que os instrumentos utilizados não são válidos para o modelo cúbico, e embora o modelo quadrático tenha apresentado as variáveis endógenas válidas conjuntamente, as instrumentais não foram validas. Logo tal relação está sujeita a uma forte endogeneidade a qual o PIB *per capita* ao quadrado esteja respondendo de igual modo. Além disso o modelo mostrou a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

importância das variáveis: tecnologia, atividade pecuária e agrícola, além do balanço dos municípios para explicar a degradação ambiental. Os resultados encontrados também mostraram que a CKA é fundamentalmente macroeconômica, pois quando se tenta fazer uso dessa abordagem em dados que tendem a ser microeconométricos, a Curva de Kuznets Ambiental geralmente se torna menos provável, levando os autores a constatar a falta de evidências para o desmatamento na Amazônia Legal, principalmente por conta de problemas de endogeneidade encontrados na literatura relacionada a CKA. Portanto, métodos mais aprimorados são necessários para contornar as dificuldades de estimação.

Resumidamente pode-se dizer que todos estes trabalhos empíricos que procuraram testar a hipótese da CKA para a Amazônia Legal, utilizaram-se de dados em painel ao estimarem o modelo de regressão, relacionando PIB *per capita* como *proxy* crescimento econômico e desmatamento como *proxy* da degradação ambiental, sendo identificado o acréscimo da variável densidade demográfica para o trabalho de Gomes e Braga (2008) e várias outras – tais como: rebanho bovino, culturas agrícolas como soja e cana-de-açúcar, extração vegetal e silvicultura, densidade populacional, crédito rural e área de floresta preexistente - ao trabalho de Oliveira *et al* (2011), incorporadas pelos autores por serem consideradas pela literatura como condicionantes do desmatamento. Já para o estudo de Brito, Melo e Sampaio (2012) as variáveis explicativas adicionais foram: Variação do desmatamento corrigido por uma matriz de correlação espacial, Tamanho da floresta, Razão entre número de habitantes e área do município, Dívida com a união como percentual do PIB, Atividade pecuária, Área plantada de lavoura permanente, Salário médio dos trabalhadores, Número de homicídios registrados no município, Número de alunos matriculados no ensino médio nas escolas, e Razão entre o valor produzido e a área disponível para plantio (Tecnologia).

Com base nos trabalhos empíricos, constata-se que a evidência para o formato da curva de “U” invertido foi encontrada no artigo de Santos et al (2008) e, embora os autores tenham estimado a regressão de terceiro grau, tal evidencia foi encontrada apenas para curva ambiental com formato quadrático, porém pouco representativos. Já para Gomes e Braga (2008) os resultados mostraram que para

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

a regressão polinomial de segundo grau, foi encontrado uma curva ambiental com formato quadrático de “U” normal, evidenciando-se a curva ambiental com formato quadrático “U” invertido, somente para a regressão polinomial de terceiro grau.

Por outro lado, Brito, Melo e Sampaio (2012) encontram uma relação linear entre a renda e a degradação ambiental somente na regressão polinomial de 2º grau e não na regressão polinomial de 3º grau. Desse modo, não houve evidências dos formatos “U” ou “N” para a CKA.

Diferentemente dos demais trabalhos, Oliveira et al (2011) encontraram uma curva com formato de “N” invertido, sendo que este formato evidencia que nos estágios iniciais do crescimento da economia, há uma curva com formato de “U” normal. No modelo de regressão padrão (básico) não houve relação significativa entre desmatamento anual e PIB *per capita* municipal (Y, Y2, Y3) não se verificando, portanto, as hipóteses da CKA e, somente após a especificação que inclui um termo de erro espacial e transbordamentos espaciais das variáveis explicativas no modelo, houve evidências do formato de um “N” invertido para a relação entre desmatamento e crescimento econômico no âmbito da Amazônia Legal para o período analisado em cada estudo.

Assim, destaca-se que houve evidências da forma linear decrescente em Brito, Melo e Sampaio (2012); curva ambiental com formato quadrático – “U” invertido em Santos *et al* (2008); Evidenciou-se uma curva ambiental com formato quadrático – “U” normal (não invertido), na regressão polinomial de segundo grau, e; curva ambiental com formato quadrático – “U” invertido, na regressão polinomial de terceiro grau para Gomes e Braga (2008); E, não houve evidência das as hipóteses da CKA no modelo de regressão padrão (básico), mas de “N” invertido no modelo com correção para dependência espacial em Oliveira et al. (2011).

Logo, percebe-se com base na revisão bibliográfica que não há consenso para os formatos evidenciados nas hipóteses da CKA - “U” invertido e/ou de N”. De igual modo, há dissenso com relação às técnicas de estimação empregadas nos modelos econométricos – pois apesar de todos convergirem quanto a natureza dos dados ser caracterizada sob a estrutura de painel, utilizaram-se de modelos de POLS, Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aletórios (EA), dados em painel adotando

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

estimadores de Arellano-Bond e dados em painel com uso de modelos ser observou-se que os estudos apresentam variáveis explicativas distintas em suas obras, constatando-se que a única *proxy* em comum é o PIB *per capita, pois,* a própria variável desmatamento, por sua vez, é analisada em diferentes medidas.

3. Metodologia

3.1 Área do estudo e base de dados

O presente trabalho tem como área de estudo a Amazônia Legal, a qual corresponde a 59 % do território brasileiro, sendo composta na sua maioria pelos sete estados da região norte, ou seja, Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de parte do Maranhão (a oeste do meridiano 44ºW), localizado na região nordeste e Mato Grosso, na região centro-oeste, totalizando uma área de 5,0 milhões de km^2 (IPEA, 2008).

De acordo com Santos (2010) o recorte político-administrativo da Amazônia Legal é o mais utilizado nas análises atuais sobre a região amazônica brasileira, sendo os dados na maioria das vezes agregados em unidades da federação e, raramente em municípios. Apesar de estados como Maranhão, Mato Grosso e Tocantins não se inserirem integralmente como floresta amazônica, a Amazônia Legal é o conceito que mais se aproxima dos levantamentos do PRODES, uma vez que a dinâmica do desmatamento diagnosticada pelo INPE se encerra exatamente no meridiano 44º do estado do Maranhão, coincidindo com a interrupção do recorte político-administrativo da Amazônia Legal (SANTOS, 2010).

A base de dados das variáveis utilizadas na estimação da CKA referente aos estados da Amazônia Legal no período de 2002 a 2020. Utilizou-se como variáveis, a relação entre três *proxies* de degradação ambiental: *i)* taxa de desmatamento (km²/ano); *ii)* Desflorestamento Acumulado e; *iii)* o Incremento Anual) com o PIB *per capita* - a preços correntes e o PIB *per capita* – estes últimos como *proxies* do crescimento econômico, possibilitando, assim a estimação de 3 (três) CKA's, ou seja, três curvas referentes a relação entre as três *proxies* de degradação ambiental com o PIB *per capita*.

A Taxa de desmatamento (km²/ano) foi coletada no site Terrabrasilis, que é

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

uma plataforma desenvolvida pelo INPE para organização, acesso e uso dos dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental. Já o Desflorestamento Acumulado (representa o total desmatado até o ano pesquisado) e o Incremento Anual (corresponde a novas áreas desmatadas que não foram identificadas no ano anterior ao pesquisado, devido a cobertura de nuvens) foram coletados no site do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite - PRODES, que também é uma outra plataforma desenvolvida pelo INPE.

No que se refere ao PIB *per capita,* o mesmo fora obtido dividindo-se o PIB a preços correntes pela Estimativa da População dos estados que compõem a Amazônia Legal. Cabe destacar que os dados referentes as Estimativas da População para os anos de 2007 e 2010 não constavam em uma tabela integralizada, sendo encontrados posteriormente em tabelas individuais para os respectivos anos. Tanto o PIB a preços correntes, quanto as Estimativas da População, foram coletados no site do IBGE, através do Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.

3.2 Regressão com dados em painel e os testes para escolha do modelo.

Com o intuito de testar a hipótese de uma Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal, com base na relação entre Taxa de desmatamento (km²/ano), Desflorestamento Acumulado e o Incremento Anual) - *proxies* da degradação ambiental com o PIB *per capita* - *proxy* do crescimento econômico no período de 2002 a 2020, utilizou-se a técnica de regressão polinomial com dados em painel.

Conforme Gujarati e Porter (2011, p. 587) “nos dados em painel, a mesma unidade de corte transversal é acompanhada ao longo do tempo. Em síntese, os dados em painel têm uma dimensão espacial e outra temporal”. Estes “consistem na combinação de série temporal e seção cruzada, isto é, têm-se dados de várias unidades medidas ao longo do tempo” (Nascimento e Almeida (2010, p. 01).

O modelo geral de regressão com dados em painel, com $i = 1, 2, ..., n$ observações e $t = 1, 2, ..., T$ períodos e k variáveis, terá a seguinte forma, conforme Loureiro e Costa (2009, p. 02):

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

Em que Y_{it} é a variável dependente, X_{it} é um vetor 1 x k contendo as variáveis explicativas, β é um vetor $k \times 1$ de parâmetros a serem estimados e ε_{it} são os erros aleatórios. Os subscritos i e t representam a unidade observacional e o período de cada variável, respectivamente. Assim, para dados em painel, o número total de observações corresponde a nxT.

As três principais técnicas para estimação: Modelo MQO para dados empilhados (*pooled data*), o modelo de mínimos quadrados com variáveis *dummies* para efeitos fixos (MQVD) e o modelo de efeitos aleatório**s** (MEA) ((GUJARATI, PORTER, 2011).

O modelo para dados empilhados (*pooled*) é o mais restrito, visto que o mesmo despreza as dimensões temporal e espacial dos dados ao considerar todos os coeficientes constantes ao longo do tempo e entre os indivíduos. O método utilizado para estimação dos parâmetros é o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (CAMERON E TRIVEDI, 2005 *apud* REINALDO, 2017). A formulação geral do modelo com N observações em T períodos e k variáveis é dado por:

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \qquad i = 1, ..., N \quad t = 1, ..., T \qquad (2)$$

O subscrito i indica as diferentes unidades de corte transversal e t o período de tempo que está sendo analisado; Y_{it} é a variável dependente do indivíduo i no tempo t; X'_{it} um vetor de variáveis explicativas de ordem $1 \times p$; β um vetor de ordem $p \times 1$ dos coeficientes das variáveis; α o intercepto e ε_{it} o termo de erro do i-*ésimo* indivíduo no tempo t. Se pressupõe que os erros ε_{it} são independentes e igualmente distribuídos com média zero e variância σ^2 (REINALDO, 2017).

Os modelos de efeitos fixos para dados em painel permitem que os interceptos variem entre as unidades observacionais, considerando a heterogeneidade entre indivíduos, mas que são constantes ao longo do tempo (REINALDO, 2017). A descrição de um modelo de Efeitos Fixos consiste em:

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \qquad (3)$$

Sendo Y_{it} a variável dependente, α_i (i = 1, ..., n) o efeito específico individual que capta a heterogeneidade não observada entre as unidades em análise,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

possivelmente correlacionados com os regressores que controlam as características invariantes no tempo. O subscrito *i* sugere que os interceptos podem ser diferentes em cada unidade, X_{it} é um vetor $p\times1$ que representa o conjunto de variáveis explicativas, β um vetor de ordem $p \times 1$ de parâmetros a serem estimados e ε_{it} é o termo de erro. Cada $i = 1, ..., n$ é um indivíduo e $t = 1, ..., T$ a observação de uma característica desse indivíduo no tempo. Portanto, cada indivíduo é um *aglomerado* formado por um conjunto de *T* observações no tempo resultando em $n \times T$ observações (REINALDO, 2017).

O modelo de efeitos fixos apresenta *n* interceptos, um para cada indivíduo, os quais absorvem os efeitos de todas as variáveis omitidas que diferem entre as unidades, mas são fixas no tempo, ou seja, o modelo supõe a existência de características que variam entre os indivíduos, mas são constantes ao longo do tempo. Contudo, os parâmetros β são únicos para todos as unidades observacionais e em todos os períodos de tempo (REINALDO, 2017).

Nas estimativas de regressão linear do Modelo de Efeitos Fixos, os efeitos específicos individuais α_i variam entre os indivíduos *i*, mas são tratados como fixos e constantes ao longo do tempo. Já no Modelo de Efeitos Aleatórios, embora as diferenças individuais sejam capturadas pelo intercepto α_i, tanto os efeitos individuais α_i como os erros ε_{it} são tratados como variáveis aleatórias ao invés de fixos (Reinaldo, 2017). O modelo é expresso por:

$$\boldsymbol{Y_{it} = X'_{it}\beta + u_{it}, \quad (4) \quad i = 1, ..., n \text{ e } t = 1, ..., T \ (4), \ u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it} \ (4.1)}$$

Em que u_{it} é o termo do erro composto, o qual consiste de dois elementos, um componente específico individual aleatório (α_i) que representa os fatores não observáveis que afetam *Y* e não variam ao longo do tempo; e ε_{it} o erro aleatório o qual representa outros fatores que influenciam *Y* e que variam ao longo do tempo e indivíduos; X_{it} é conjunto de variáveis explicativas; e β os parâmetros estimados. Pelo fato de u_{it} expressar dois ou mais termos de erros, o modelo de efeitos aleatórios (MEA) também é chamado de modelo de componentes dos erros (MCE) (GUJARATI; PORTER, 2011).

Com relação aos testes para escolha do modelo com dados em painel, entre os modelos *pooled*, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios, de acordo com Caldarelli,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

Camara e Perdigão (2015) o teste de Chow para dados em painel é um teste do tipo F, que considera o modelo de dados empilhados ou *pooled* como hipótese nula e o modelo para dados em painel com efeitos fixos como hipótese alternativa. Caso o teste conjunto das estimativas leve a rejeição da hipótese nula, a melhor escolha é o modelo de efeitos fixos. O teste de Breusch-Pagan é um teste do tipo *lagrange multiplier*, cuja hipótese nula é a $Var(\sigma^2_v) = 0$ e a alternativa é a $Var(\sigma^2_v) \neq 0$. A rejeição da hipótese nula leva à conclusão da existência de efeitos individuais, e a consequente inadequação do modelo *pooled*.

Conforme Gujarati e Porter (2011) o teste de Hausman ajuda na escolha entre o modelo de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios. A hipótese nula subjacente a este teste, é de que os estimadores do modelo de efeitos fixos e do modelo de efeitos aleatórios não diferem substancialmente. O teste estatístico desenvolvido por Hausman tem uma distribuição assintótica χ^2. Se a hipótese nula for rejeitada, a conclusão é que o MEA não é adequado, porque os efeitos aleatórios provavelmente estão correlacionados com um ou mais regressores. Nesse caso, o modelo de efeitos fixos é preferível aos de efeitos aleatórios.

4. Resultados e Discussão

Aplicado um modelo de regressão polinomial com dados em painel, para estimar três Curvas de Kuznets Ambiental, a fim de verificar os impactos do crescimento econômico sobre o desmatamento na Amazônia Legal a partir do PIB per capita -proxy do crescimento econômico (obtidos no site SIDRA-IBGE) e três proxies da degradação ambiental - Taxa de desmatamento (km2), Desflorestamento acumulado e Incremento Anual do Desmatamento (obtidos no site PRODES-INPE).

Inicialmente, aplicou-se a base log em todas as variáveis, acrescentando as formas linear, quadrática e cúbica do PIB per capita, para encontrar um possível formato de “U” invertido ou “N” das curvas de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal.

Os modelos econométricos com base em dados em painel estimados através do software Gretl, serão apresentados na seguinte ordem: 1º) PIB per

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

capita e a Taxa de Desmatamento; 2º) PIB per capita e o Desflorestamento acumulado e; 3º) PIB per capita e o Incremento Anual Desmatado:

Modelo 1: **PIB *per capita* e a Taxa de Desmatamento**

Variável dependente: **l_Taxadedesmatamentokmano:**

Estimador de efeitos fixos permite diferenciar os interceptos por unidade de corte

	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	9,31785	0,630286	14,78	1,14e-031	***
l_ProdutoInterno~	−1,85148	0,518185	−3,573	**0,0005**	***
l_ProdutoInterno~	0,224999	0,103964	2,164	**0,0319**	**

Quadro 1 - Diagnóstico para efeitos fixos, aleatórios e *pooled (Modelo 1)*

Estatística de teste	**Resultados da Estatística de teste**
Variância dos resíduos:	**37,5865/(170 - 11) = 0,236393**
Significância conjunta da diferenciação das médias de grupo	F(8, 159) = 190,223 com p-valor 2,57215e-077 **(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).**
Breusch-Pagan:	LM = 1096,94 com p-valor = prob(qui-quadrado(1) > 1096,94) = 1,52765e-240 **(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.)**
Hausman:	H = 2,28853 com p-valor = prob(qui-quadrado(2) > 2,28853) = 0,318457 **(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).**

Fonte: Resultados do Gretl com base nos dados em painel.

Com base no quadro acima identificou-se o modelo mais apropriado é o de efeitos fixos evidenciando como resultado o formato U, para a CKA.

Modelo 2: **PIB *per capita* e o Desflorestamento Acumulado**

Variável dependente: **l_DesflorestamentoAcumulado**

Estimador de efeitos fixos permite diferenciar os interceptos por unidade de corte.

	coeficiente	**erro padrão**	**razão-t**	**p-valor**	
const	10,9174	0,183959	59,35	2,12e-110	***
l_ProdutoInterno~	−0,753651	0,233739	−3,224	**0,0015**	***

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

l_ProdutoInterno~	0,366589	0,0963920	3,803	**0,0002**	***
l_ProdutoInterno~	−0,0476320	0,0129311	−3,684	**0,0003**	***

Quadro 2 - Diagnóstico para efeitos fixos, aleatórios e *pooled (Modelo 2)*

Estatística de teste	**Resultados da Estatística de teste**
Variância dos resíduos:	0,42106/(171 - 12) = 0,00264817
Significância conjunta da diferenciação das médias de grupo	F(8, 159) = 14264,9 com p-valor 7,18599e-223 **(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).**
Breusch-Pagan:	LM = 1333,67 com p-valor = prob(qui-quadrado(1) > 1333,67) = 5,45805e-292 **(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).**
Hausman:	H = 5,29839 com p-valor = prob(qui-quadrado(3) > 5,29839) = 0,151207 **(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).**

Fonte: Resultados do Gretl com base nos dados em painel.

Com base no quadro acima identificou-se o modelo mais apropriado é o de efeitos fixos evidenciando como resultado o formato N invertido, para a CKA.

Modelo 3: **PIB *per capita* e o Incremento Anual Desmatado**

Variável dependente: **l_DesflorestamentoAcumulado**

Estimador de efeitos fixos permite diferenciar os interceptos por unidade de corte.

	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	
const	10,8147	0,675562	16,01	4,81e-035	***
l_ProdutoInterno~	−2,98718	0,556298	−5,370	**2,73e-07**	***
l_ProdutoInterno~	0,430708	0,111725	3,855	**0,0002**	***

Quadro 3 - Diagnóstico para efeitos fixos, aleatórios e *pooled (Modelo 3)*

Estatística de teste	**Resultados da Estatística de teste**
Variância dos resíduos:	43,7993/(171 - 11) = 0,273745
Significância conjunta da diferenciação das médias de grupo	F(8, 160) = 162,677 com p-valor 9,15679e-073 (**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**).
Breusch-Pagan:	LM = 1094,97 com p-valor = prob(qui-quadrado(1) > 1094,97) = 4,09324e-240 **(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).**
Hausman:	H = 2,14893 com p-valor = prob(qui-quadrado(2) > 2,14893) = 0,34148 **(Um p-valor baixo contraria a hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios é**

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

	consistente, validando a hipótese alternativa da existência do modelo de efeitos fixos.)

Fonte: Resultados do Gretl com base nos dados em painel.

Com base no quadro acima identificou-se o modelo mais apropriado é o de efeitos fixos evidenciando como resultado o formato U, para a CKA.

De forma geral, após a estimação e aplicação dos testes para escolha do modelo, foi possível obter os seguintes resultados para as três CKA's:

I) O teste inicial do primeiro modelo para a relação entre o PIB *per capita* e a Taxa de Desmatamento (Km^2), não apresentou significância nos seus parâmetros (coeficientes), descartando a possibilidade do formato N (ou N invertido) – da regressão polinomial cúbica, e após testar os formatos quadrático e linear, por exclusão da variável cúbica para o PIB *per capita*, constatou-se ser significante para o formato quadrático, e com base no teste de Hausman, identificou-se que o modelo mais apropriado é o de efeitos fixos, o qual evidenciou o formato U normal.

II) Aquele mesmo resultado e formato também foi encontrado para a relação entre PIB *per capita* e o Incremento Anual do Desmatamento. Esse formato quadrático, com base na teoria da Curva de Kuznets Ambiental, indica que nos estágios iniciais da economia o crescimento da renda causa declínio na degradação ambiental, mas a partir de determinado nível de renda, o avanço do crescimento econômico no decorrer dos anos aumenta os índices de degradação. De acordo com a revisão bibliográfica, a curva CKA no formato "U" normal foi encontrada no estudo de Gomes e Braga (2008), através de uma regressão polinomial de segundo grau, com formato quadrático.

III) Já para a relação entre o PIB *per capita* e o Desflorestamento acumulado, os seus coeficientes mostraram-se significantes para o formato quadrático, e com base no teste de Hausman, identificou-se o modelo mais apropriado é o de efeitos fixos, o qual evidenciou como resultado o formato N invertido, para a Curva de Kuznets Ambiental. Esse formato indica uma queda nos índices de degradação ambiental no estágio inicial da economia frente ao crescimento da renda, uma elevação posterior da degradação com o aumento do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

crescimento econômico, seguida de uma queda da degradação ambiental no longo prazo com o constante crescimento da renda. Com base na revisão bibliográfica, o formato “N” invertido, foi encontrado no trabalho de Oliveira et al. (2011) através de um modelo com correção para dependência espacial.

Assim, com base nas regressões e testes para escolha do melhor modelo, aponta-se para três ordens de resultados evidenciáveis: Não há padrão de formato da curva CKA estimadas para a Amazônia Legal; b) As escolhas das *proxies* são importantes na determinação das relações entre as variáveis do crescimento econômico e da degradação ambiental (PIB e desmatamento) e; c) a estrutura dos dados - séries temporais ou painéis, também podem representar forte influência da determinação do formato das Curvas de Kuznets Ambiental.

5. Conclusão

Analisar os impactos da degradação ambiental resultante da expansão econômica, tem sido um grande desafio para a ciência econômica e formuladores de políticas públicas em todo o mundo nas últimas décadas, pelo fato de o crescimento da economia mundial exercer forte pressão sobre os recursos naturais, trazendo risco a biodiversidade e mudanças ao clima global.

Diante disso, o presente estudo teve como questão problema, saber se há evidências do formato “U” invertido para a relação entre crescimento econômico e três proxies do desmatamento, relacionadas a Amazônia Legal para o período de 2002 a 2020, conforme preconiza a teoria de Kuznets Ambiental. Para responder essa pergunta, teve-se como objetivo testar a hipótese teórica da Curva de Kuznets Ambiental para os estados da Amazônia Legal no período citado, com intuito de confirmar tal teoria, na qual a relação entre os indicadores da degradação ambiental e o crescimento econômico deveriam apresentar o formato de U invertido para a região. Para alcançar tal objetivo, foram utilizados dados colhidos no site SIDRA-IBGE, referente ao PIB *per capita*, e ao site PRODES-INPE, referente as *proxies* da degradação ambiental (Taxa de desmatamento (km^2/ano), Desflorestamento Acumulado e o Incremento Anual), o que possibilitou a estimação de três CKA’s, ou seja, três curvas referentes a relação entre as três

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

proxies de degradação ambiental com o PIB *per capita.* A técnica econométrica utilizada para estimação dos modelos referente as três CKA's foi a regressão polinomial com dados em painel.

Com base na revisão bibliográfica, notou-se que não há consenso quanto o padrão de formato da CKA estimadas para a Amazônia Legal, que evidenciem a hipótese da CKA - "U" invertido e/ou de "N", e nem em relação às técnicas de estimação empregadas nos modelos econométricos, pois apesar de todos convergirem quanto a natureza dos dados ser caracterizada sob a estrutura de painel, houve autores que utilizaram-se de modelos de POLS, Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aletórios (EA), dados em painel adotando estimadores de Arellano-Bond e dados em painel com uso de modelos especializados – de defasagem, erro, Durbin e de transbordamentos espaciais. No entanto, apesar dos autores apresentarem variáveis explicativas distintas em suas obras, constatou-se que a única *proxy* em comum é o PIB *per capita,* pois*,* a própria variável desmatamento, por sua vez, é analisada em diferentes medidas.

Com o intuito de avaliar empiricamente as possíveis relações entre as *proxies* de degradação ambiental com as proxies de crescimento econômico, foram elaborados gráficos para comparação da evolução e tendências das médias anuais das variáveis, sem a modelagem econométrica com dados em painel. Observou-se que, tanto para a relação entre PIB *per capita* com Taxa de Desmatamento (km^2), quanto a relação do mesmo com o Incremento Anual de Desmatamento, ficou evidente que após os anos iniciais houve uma relação inversa entre as variáveis do crescimento econômico frente as variáveis da degradação ambiental, sugerindo uma redução dos indicadores de degradação diante da expansão da renda. No entanto, ao comparar a relação entre o PIB *per capita* com o Desflorestamento Acumulado, constatou-se uma relação direta entre as mesmas, ou seja, esse indicador de degradação ambiental acompanhou o aumento da *proxy* do crescimento econômico.

Para testar a relação entra as variáveis estudadas, crescimento econômico e degradação ambiental, foi utilizada a modelagem com regressão polinomial com dados em painel, tendo como variável dependente cada uma das *proxies* de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

desmatamento (Taxa de Desmatamento (km^2), Desflorestamento Acumulado e o Incremento Anual de Desmatamento) e as *proxies* de crescimento econômico (PIB *per capita*) como variáveis explicativas. Foram inseridos logaritmos em todas as variáveis e acrescentado os termos quadráticos e cúbicos ao PIB *per capita*, com intuito de se obter o formato da Curva de Kuznets Ambiental para os respectivos modelos. Após avaliar a significância dos parâmetros e aplicação de testes para escolha do melhor modelo, obteve-se como resultado o formato de "U" normal na função cúbica – com efeitos fixos, tanto para a relação entre PIB *per capita* e Taxa de desmatamento (km^2), quanto para a relação entre o PIB *per capita* e Incremento Anual do Desmatamento, e o formato "N" invertido na função quadrática – com efeitos fixos, para a relação entre PIB *per capita* e Desflorestamento acumulado.

De acordo com os resultados obtidos fica evidente que não há padrão de formato da curva CKA estimadas para a Amazônia Legal, contrariando as respostas esperadas na pergunta que norteia esse trabalho, ou seja, um formato U invertido para a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental, conforme a teoria da CKA. Contudo, vale destacar que, com base nos trabalhos pesquisados na revisão bibliográfica, a curva CKA no formato "U" normal foi encontrada no estudo de Gomes e Braga (2008), através de uma regressão polinomial de segundo grau, com formato quadrático. Já o formato "N" invertido, foi encontrado no trabalho de Oliveira et al. (2011) através de um modelo com correção para dependência espacial.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a teoria baseada na CKA não deve ser encarada como a última fronteira teórica para discutir a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental, dados o caráter complexo, multidimensional e interdisciplinar de tais variáveis. Além do que, a modelagem econométrica não deve ser vista como a melhor das técnicas de mensuração da relação entre o crescimento econômico e da degradação ambiental. Aqui, destaca-se que, estudos desse não podem se afixar-se em estrutura de dados em cross section, o que pode ser observados em diversos estudos ligados a estimação da CKA. O PIB *per capita* não pode ser visto como a única variável que

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

explica o desmatamento na Amazônia Legal, como apontam diversos estudos. Contudo, a inserção de outras variáveis explicativas nos modelos, extrapolam a discussão teórica original da CKA. Desse modo, é de fundamental importância a ampliação de trabalhos relacionados a teoria da CKA, no intuito de se aprimorar as técnicas de estimação que melhor expliquem a relação entre crescimento econômico e degradação ambiental.

Referências

BARROS, Laura Correa; GOMES, Fábio Augusto Reis. Desigualdade e desenvolvimento: A hipótese de Kuznets é válida para os municípios brasileiros?. **Revista Análise Econômica**, v. 26, n. 50: p.57–81, 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6228721.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

BIAGE, Milton; ALMEIDA, Helberte João França. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da Curva Ambiental De Kuznets. **Pesquisa e Planejamento econômico**, v. 45, n. 3, p. 506-556, 2015. Disponível em: <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/1518/1213>. Acesso em: 03 out. 2019.

BRASIL. **Lei Complementar nº 124, de 3 de janeiro de 2007**. Texto digitalizado. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/leicom/2007/leicomplementar-124-3-janeiro-2007-548988-norma-pl.html. Acesso em: 13 out. 2024.

_____. Presidência da República. **Plano Amazônia Sustentável: diretrizes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira**. Brasília, 2008.

BRITO, Ricardo Alves de; MELO, Andrea Sales Soares de A.; SAMPAIO, Yony de Sá Barreto. **Curva de Kuznets Ambiental: Falta de evidências Para o Desmatamento da Amazônia Legal Brasileira**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia, 2012. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2012/inscricao/files_I/i10-593385d76098ea5774f4601c2ab7de54.pdf . Acesso em: 02 out. 2019.

CALDARELLI, Carlos Eduardo.; CAMARA, Marcia Regina Gabardo da.; PERDIGÂO, Claudia. **Instituições de ensino superior e desenvolvimento econômico: o caso das universidades estaduais paranaenses**. Planejamento e políticas públicas, n. 44, p.85-112, jan./jun. 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4144/1/PPP_n44_Instituicoes.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos.** São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ee/v40n3/v40n3a04>. Acesso em: 14 out. 2019.

CECHIN, Andrei. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Geogescu-Roegen**. São Paulo: Editora Senac, 2010.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

DALGO, Larissa Souza Campos; SUHETT, Lenina Santiago Mendes. Uma análise legal e econômica do desmatamento na Amazônia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/18008/1/monopoli10012674.pdf . Acesso em: 13 out. 2024.

DE GIACOMETTI, Kerly; PILÃO, Valéria. Ações Antrópicas e Impactos Ambientais: Industrialização e Globalização. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Internacional UNINTER, 2018. Disponível em: https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/108/Kerly%20de%20Giacometti.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 14/10/2024.

DIAS, G. F. *Ecopercepção: Um Resumo Didático dos desafios Socioambiemtais*. 1. ed. São Paulo: Editora Gaia, 2004.

FONSECA, Larissa Nacif; RIBEIRO, Eduardo Pontual. Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil. In: **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia**, ANPEC, 2004. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro2004/artigos/A04A117.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2019.

GOMES, Sergio Castro; BRAGA, Marcelo Jose. **Desenvolvimento econômico e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise econométrica**. 2008. Disponível em: https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/103095.html . Acesso em: 02 out. 2019.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B**.** Environmental impacts of a North American free trade agreement. Working Paper No. 3914. **National Bureau of Economic Research**, 1991. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w3914.pdf >. Acesso em: 26 set. 2019.

_____. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 110, No. 2 (May, 1995), pp. 353-377. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2118443>. Acesso em: 26 set. 2019.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. 5 ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2011. *E-book.*

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Desafios do Desenvolvimento**. O que é? Amazônia Legal. Brasília, ano 5, ed. 44, junho de 2008. p. 64. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/PDFs/desafios044_completa.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

JONES, Charles I. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico.** 8º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

_____. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico.** 8º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

JONES, Hywel G. **Modernas Teorias do Crescimento Econômico: Uma Introdução**. Tradução de Maria Angela Fonseca e Marcos Giannet Fonseca. São Paulo: Atlas, 1979.

KUZNETS, Simon. Economic growth and income ineuqality. **American Economic Review**, vol. 45, Março, 1955. Disponível em: <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

8282%28195503%2945%3A1%3C1%3AEGAII%3E2.0.CO%3B2-Y>. Acesso em: 26 set. 2019.

LOUREIRO, André Oliveira Ferreira; COSTA, Leandro Oliveira. **Uma breve discussão sobre os modelos com dados em painel**. Nota Técnica nº 37. Instituto de Pesquisa e Estratégia Económica do Ceará (IPECE). Fortaleza, 2009. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2012/12/NT_37.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021.

MORAES, Orozimbo José de. **Economia ambiental:** instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Centauro, 2009.

MOREIRA, Aline Thayna Ribeiro; SANTOS, Elisangela Carriel dos; NOBREGA, Gabrielly Trudes; CARVALHO, Sandra Regina Barbosa de. **O Impacto da Ação Antrópica no Meio Ambiente: Aquecimento Global**. Revista Educação em Foco – Edição nº 14, 2022. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2022/06/O-IMPACTO-DA-A%C3%87%C3%83O-ANTR%C3%93PICA-NO-MEIO-AMBIENTE-AQUECIMENTO-GLOBAL-p%C3%A1g-22-a-27.pdf. Acesso em 14/10/2024.

MOTA, José Aroudo. **O Valor da Natureza: economia e políticas dos recursos naturais**. Editora Garamound / Rio de Janeiro, 2001.

NASCIMENTO, Ana Carolina Campana; ALMEIDA, Fernanda Maria de. **Aula Prática Nº 3 - "Dados em Painel"**. Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010. Disponível em: http://files.economiadosetorpublico.webnode.com.br/200000222103221812/ApostilaPainel.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

OLIVEIRA, Rejane Corrêa de; ALMEIDA, Eduardo; FREGUGLIA, Ricardo. D. S; BARRETO, Ricardo. C. S. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 49, n. 3, p. 709-739, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/resr/a/6XXhymQGJLJsnRZKwYNDw9S/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 02 out. 2019.

PEREIRA JÚNIOR, Antônio; PEREIRA, Emmanuelle Rodrigues. **Degradação Ambiental e a Diversidade Biológica/Biodiversidade: uma Revisão Integrativa**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.26; p. 922, 2017. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2017b/biol/degradacao%20ambiental.pdf. Acesso em 14/10/2024.

PROJETO DE MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL POR SATÉLITE - PRODES. **Desmatamento nos municípios**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php. Acesso em: 17 mai. 2021.

REINALDO, Luciana Moura. **Estimação clássica e bayesiana para dados em painel**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Estatística do Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24516/1/2017_LucianaMouraReinaldo.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

SALVATO, Márcio Antônio; ALVARENGA.; Patrícia Silva; FRANÇA, Cristina Soares; JUNIOR, Ari Francisco de Araujo. Crescimento e desigualdade: evidências da Curva de Kuznets para os municípios de Minas Gerais–1991/2000. **Revista Economia & Gestão**, v. 6, n. 13, 2006. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/24>. Acesso em: 14 out. 2019.

SANTOS, Renato Prado dos. **Os principais fatores do desmatamento na Amazônia.** Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2010. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/33536776.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

SANTOS, Ricardo B. N. dos; DINIZ, Marcelo Bentes; DINIZ, Márcia Jucá T.; RIVERO, Sérgio Luiz. D. M.; JUNIOR, José Nilo de O. **Estimativa da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal**. 2008. Disponível em: https://ideas.repec.org/p/ags/sbrfsr/113968.html. Acesso em: 02 out. 2019.

SANTOS, Thiago Oliveira Dos; ANDRADE FILHO, Valdir Soares De; ROCHA, Vinícius Machado; MENEZES, Janaína de Souza. **Os Impactos do Desmatamento e Queimadas de Origem Antrópica sobre o Clima da Amazônia Brasileira: um estudo de revisão.** Revista de Geografia Acadêmica v. 11, n. 2., 2017. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/download/4430/pdf/18133. Acesso em 14/10/2024.

SILVA, Rubicleis Gomes da; LIMA, João Eustáquio de. Valoração contingente do parque" Chico Mendes": uma aplicação probabilística do método Referendum com bidding games. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 4, p. 685-708, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v42n4/24977.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. **Censo Demográfico**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1288. Acesso em: 11 out. 2020.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. **Contagem da População**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/793. Acesso em: 11 out. 2020.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. **Estimativas de População**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579. Acesso em: 14 mai. 2021.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938#resultado. Acesso em: 12 mai. 2021.

TAQUES, Fernando Henrique; MAZZUTTI, Caio Cícero de Toledo Piza da Costa. Qual a relação entre desigualdade de renda e nível de renda per capta? Testando a hipótese de Kuznets para as unidades federativas brasileiras. **Planejamento e Politicas Publicas**, v. 35, n. 1, 2010. p. 20-36. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/206>. Acesso em: 14 out. 2019.

TERRABRASILIS. **Taxas de desmatamento acumulado por ano - Amazônia Legal - Estados.** Disponível em:

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 01/12/2025 - **Accepted:** 13/12/2025
Vol: 21.03
DOI: 10.61164/vdxe2y12
Pages: 1-35

http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 18 mai. 2021.
VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento Sustentável. O desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.