

Relação entre pobreza e desmatamento na Amazônia brasileira: um estudo empírico para o estado do Pará

Marcelo Diniz. Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.

Jorge Eduardo Simões. Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.

Vanessa Alves. Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.

Márcia Diniz. Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.

Gabriel Moia. Instituto Vale, Belém, Brasil.

RESUMO | O estado do Pará, localizado na chamada Amazônia Legal brasileira, abriga uma parcela significativa de sua população vivendo em condições de pobreza e, simultaneamente, seu processo de uso e ocupação do solo é dominado por atividades econômicas que são consideradas motores no desmatamento na região. Este artigo investiga a relação entre pobreza e desmatamento em nível municipal entre os Censos Agropecuários de 2006 a 2017, usando o número de famílias beneficiárias do Programa de Transferência de Renda “Bolsa Família” como indicador proxy da pobreza. A análise trata pobreza e desmatamento como variáveis endógenas e simultaneamente determinadas, empregando o Método dos Momentos Generalizados em três estágios. Os principais resultados apontam para uma relação inversa entre pobreza e desmatamento, o que sugere a viabilidade de empregar políticas na região que combatam ambos simultaneamente, desafiando a ideia de um *trade-off* entre essas dimensões dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

PALAVRAS-CHAVE | pobreza, desenvolvimento sustentável, desenvolvimento regional e local.

ABSTRACT | *The state of Pará, located in the so-called Brazilian Legal Amazon, is home to a significant portion of its population living in poverty. At the same time, its land use and occupation processes are dominated by economic activities considered key drivers of deforestation in the region. This article investigates the relationship between poverty and deforestation at the municipal level between the Agricultural Censuses from 2006 to 2017, using the number of families benefiting from the Income Transfer Program “Bolsa Família” as a proxy indicator of poverty. The analysis treats poverty and deforestation as endogenous and simultaneously determined, employing the Generalized Method of Moments in three stages. The main results point to an inverse relationship between poverty and deforestation, suggesting the viability of implementing policies in the region that simultaneously address both issues, challenging the idea of a trade-off between these dimensions of the Sustainable Development Goals.*

KEYWORDS | *poverty, sustainable development, regional and local development.*

Recebido em 15 de maio de 2024, aprovado em 19 de junho de 2024.

E-mails: mbdiniz@ufpa.br | jorgesimoes@gmail.com | alves8814@gmail.com | mjucadiniz@ufpa.br | moia gabriel22@gmail.com

Introdução

A interseção entre pobreza e meio ambiente é um tópico de crescente interesse, com significativas implicações para o desenvolvimento sustentável, especialmente na Amazônia brasileira. Contudo, a discussão teórica sobre a relação entre esses aspectos é fluida e sem consenso. Autores como Pearce e Barbier (2000) e Markandya (2001) argumentam que as evidências empíricas eram insuficientes para apoiar uma relação causal entre pobreza e degradação ambiental.

Malerba (2020) argumenta que a controvérsia sobre a relação entre níveis de renda e pressão ambiental deve-se às limitações das pesquisas. As hipóteses teóricas subjacentes incluem: a) O crescimento da renda, causa degradação ambiental? b) Como o aumento da renda dos pobres afeta as condições ambientais? c) Como a melhoria das condições ambientais contribui para a redução da pobreza? A falta de respostas conclusivas produz resultados empíricos diversos e contraditórios em diferentes países e regiões.

Evidências empíricas indicam uma relação dual: a exploração de recursos naturais é uma estratégia de sobrevivência para a população pobre (Baloch et al., 2020; Fisher et al., 2005; Jehan & Umana, 2003). Entretanto, a degradação ambiental, especialmente pela intensificação do uso da terra, afeta mais diretamente os pobres, que são mais vulneráveis e menos resilientes às mudanças ambientais (ONU/PNUD, 2008).

A relação entre pobreza e desmatamento indica que áreas com maior concentração de pobreza tendem a apresentar taxas de desmatamento mais elevadas (Geist & Lambin, 2001), embora a pobreza não implique necessariamente uma correlação positiva com o desmatamento (Diniz, 2017).

A investigação da relação entre pobreza e desmatamento na Amazônia brasileira, especialmente no Pará, é crucial para a formulação de políticas sinérgicas que simultaneamente mitiguem a pobreza e reduzam o desmatamento, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e à Agenda 2030.

Neste cenário, o objetivo central deste artigo é aprofundar a compreensão da intricada relação entre pobreza e desmatamento, com foco específico no estado do Pará, localizado na região amazônica brasileira. As interações entre esses dois fenômenos transcendem o escopo local, ecoando a realização dos objetivos globais de sustentabilidade. Assim, este estudo realiza uma análise empírica da relação entre pobreza e desmatamento no estado do Pará no período de 2006 a 2017.

Quanto às suas contribuições, o estudo visa enriquecer a literatura em pelo menos dois aspectos distintos. Em primeiro lugar, busca fornecer evidências metodologicamente mais robustas sobre a relação entre pobreza e desmatamento na região amazônica, especialmente no Pará. Em segundo lugar, tem como objetivo subsidiar o desenvolvimento de políticas que harmonizem a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no estado do Pará e na região amazônica.

Para atingir esses objetivos, o estudo adota uma abordagem em que variáveis substitutas para desmatamento e pobreza são consideradas endógenas, determinadas simultaneamente no modelo proposto. Essa escolha metodológica é respaldada por pesquisas anteriores, como Rizk e Slimane (2018) e Dhrifi, Jaziri e Alnahdi (2020). O estudo emprega um modelo completo de equações simultâneas, estimado em três

estágios por meio do Método dos Momentos Generalizados (GMM) para tratar com questões de endogeneidade e heterocedasticidade.

O principal resultado sugere a ausência de um *trade-off* rígido entre políticas de redução da pobreza e preservação florestal, corroborando descobertas anteriormente apresentadas por Miyamoto et al. (2014) e Miyamoto (2020).

O artigo está estruturado em seis seções além desta introdução. A Seção 2 empreende uma revisão crítica da literatura sobre a relação teórica entre pobreza e desmatamento. A Seção 3 fornece insights sobre as características da evolução agrária, territorial e social do estado do Pará. A quarta seção apresenta a metodologia empírica adotada para investigar a relação entre pobreza e desmatamento no estado do Pará. Os resultados do modelo empírico são apresentados na Seção 5, enquanto a Seção 6 discute tais resultados. Finalmente, a sexta e última seção consolida as considerações finais deste artigo.

Revisão da literatura

Embora a literatura não tenha uma interpretação definitiva sobre a relação entre pobreza e degradação ambiental, evidências empíricas sugerem que países com maior concentração de pobreza, especialmente em regiões em desenvolvimento como América Latina, Caribe, África e Ásia do Sul, tendem a experimentar uma intensificação dos processos de uso e ocupação da terra.

Na década de 1990, organizações multilaterais como a ONU e o Banco Mundial sugeriram que a pobreza rural poderia contribuir para a degradação ambiental, baseando-se principalmente no argumento de que o elevado crescimento populacional acelera a pressão sobre os recursos naturais e intensificam os processos de uso e ocupação da terra (World Bank, 1992; World Commission on Environment and Development [WCED], 1987).

Estudos na Costa Rica, Peru, Tailândia, Malásia e alguns países africanos destacam a conexão entre crescimento populacional, pobreza e desmatamento. Por exemplo, Rosero-Bixby e Palloni (1998) e Pfaff et al. (2008), ambos tendo como campo de estudo a Costa Rica, sugeriram que áreas mais pobres tendem a concentrar maiores taxas de desmatamento. Além disso, como evidenciado no segundo estudo, a falta de controle de diferenças de localização pode subestimar o impacto da pobreza e sua intensidade sobre o desmatamento. No entanto, não está claro se o aumento da renda dos pobres seria a solução ideal para combater o desmatamento.

Zwane (2007) no Peru e Lufumpa (2005) em países africanos apresentam evidências de que o tamanho das famílias influencia a escolha de atividades que promovem o desmatamento.

Miyamoto et al. (2014) na Malásia e Miyamoto (2020) na Tailândia destacaram aspectos diferentes dessa relação. Enquanto o primeiro estudo observou que a intensidade do desmatamento diminui à medida que as atividades econômicas associadas a ele melhoram a condição econômica do trabalhador, o segundo identificou outros elementos fundamentais: (1) a pobreza impulsiona a mudança no uso da terra e o desmatamento; (2) a causalidade reversa depende da lucratividade das atividades

agrícolas resultantes; e (3) as políticas de alívio da pobreza podem reduzir o desmatamento a longo prazo.

Nesse mesmo sentido, Chomitz et al. (2007), ao analisar experiências de países em desenvolvimento na América Latina, Ásia e África, demonstrou que não há uma associação significativa entre pobreza e desmatamento em escala local (o termo “local” foi introduzido porque os autores dividiram as forças de acordo com sua abrangência global, regional e local). No entanto, Geist e Lambin (2001) constataram que a pobreza é um processo social subjacente em 42% dos 152 estudos de caso de desmatamento analisados, relacionando-se a variáveis econômicas, sociais, políticas e culturais.

Por outro lado, Barbier (2005) argumenta que, em áreas onde a pobreza está intimamente ligada à desigualdade de renda, ela influencia a alocação de recursos de terra através de três canais: i) famílias mais pobres têm dificuldade em competir no mercado por terras aráveis, devido ao acesso limitado a terras produtivas; ii) famílias pobres têm dificuldade em manter suas propriedades quando a fronteira agrícola se expande, levando à perda de direitos de propriedade; iii) famílias mais ricas têm influência nas políticas governamentais, favorecendo suas próprias necessidades.

O aumento da produtividade agrícola estimula a expansão agrícola, porém, o crescimento da desigualdade de renda e da propriedade da terra pode comprometer os benefícios associados, levando ao paradoxo de Jevons.¹ Por exemplo, a expansão da fronteira agrícola nos estados de Mato Grosso e Pará entre 2000 e 2005 demandou acesso fácil a terras com propriedade menos fragmentada (Ceddia, 2019). A renda per capita é um fator consistente na explicação das variações na cobertura florestal entre países, com seu impacto mais pronunciado nas primeiras etapas do desenvolvimento econômico, diminuindo em economias mais avançadas (Cuaresma et al., 2017).

Para Sunderlin et al. (2005), há uma associação entre pobreza e florestas naturais relacionada a cinco aspectos: pessoas que vivem ao redor das florestas estão isoladas, sem acesso à infraestrutura e ao funcionamento formal da economia de mercado. Alguns desses indivíduos são povos tradicionais/indígenas que mantêm uma relação sustentável com as florestas. Outro grupo consiste em “migrantes rurais colonizando a ‘fronteira da floresta’” em busca de novas terras agrícolas e outras oportunidades econômicas; as florestas servem como refúgio para populações rurais que fogem de condições adversas como guerras e conflitos.

Desmatadores, particularmente aqueles engajados em atividades madeireiras, pecuárias, desenvolvimento de infraestrutura e políticas de uso da terra, geralmente buscam áreas com maior densidade florestal (Souza et al., 2013; Vaughan, 2022).

Para Ullah, Israr e Khattak (2022), o desmatamento pode reduzir a pobreza de várias maneiras, embora essa relação seja complexa e contraditória: 1) recursos para subsistência: florestas fornecem madeira, combustível, alimentos e remédios para comunidades rurais pobres. O desmatamento pode parecer uma solução imediata

1 À medida que a eficiência no uso de um recurso aumenta, o consumo total desse recurso pode, paradoxalmente, aumentar ao invés de diminuir – fenômeno também conhecido como efeito rebote (Jevons, 1865).

para essas necessidades; 2) geração de renda: a venda de madeira e produtos florestais pode gerar renda temporária, ajudando a aliviar a pobreza; 3) expansão agrícola: o desmatamento para agricultura pode aumentar a produção de alimentos e melhorar a segurança alimentar e a renda, mas pode levar à degradação do solo e perpetuar a pobreza a longo prazo; 4) acesso a mercados: a exploração de recursos florestais pode facilitar o acesso a mercados e infraestrutura, aumentando as oportunidades econômicas; e 5) impactos negativos a longo prazo: o desmatamento pode causar degradação ambiental, perda de biodiversidade e alteração dos ciclos hidrológicos, agravando a pobreza devido à maior vulnerabilidade a desastres naturais e à escassez de recursos.

Em estudo realizado por Baloch et al. (2020) abrangendo 46 países da África Subsaariana de 2010 a 2016, os autores concluíram que há um *trade-off* entre políticas de redução da pobreza e degradação ambiental, especialmente no uso da terra. Já Ferraro e Simorangkir (2020) descobriram que um programa nacional de combate à pobreza na Indonésia resultou em uma redução no desmatamento como efeito colateral positivo. Estimou-se uma redução de cerca de 30% na perda de cobertura arbórea nas áreas estudadas, com metade ocorrendo em florestas primárias.

Por outro lado, programas de transferência de renda podem induzir efeitos adversos de desmatamento por meio de mudanças no consumo impulsionadas pelo aumento da renda. Por exemplo, Alix-Garcia et al. (2013) estudaram a implementação do programa de transferência condicional de dinheiro no México em áreas elegíveis e sugeriram que isso levou a um aumento no consumo de leite e carne. Esse aumento impulsionou a produção de gado, resultando em aumento do desmatamento.

Ronningstad e Jelsness (2020) observaram que o desmatamento diminuiu em 7,6% nos municípios brasileiros com muitos beneficiários do programa Bolsa Família, o que preservou cerca de 1 milhão de hectares de floresta. Esse resultado indica que o programa contribuiu para reduzir a pressão sobre as florestas locais, ao oferecer estabilidade financeira às famílias de baixa renda no Brasil. Esse impacto positivo reforça a importância do financiamento adequado para programas sociais.

Além disso, Balboni et al. (2023) apontam a escassez de evidências sobre como estruturar e implementar impostos Pigouvianos² para sancionar o desmatamento. Dada a conexão do desmatamento em florestas tropicais, vulnerabilidade financeira e incerteza sobre a propriedade da terra, a implementação de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e impostos Pigouvianos tem implicações significativas em termos de equidade e combate à pobreza.

Na Amazônia brasileira, estudos destacam a influência dos aspectos demográficos na mudança e ocupação da terra, assim como no desmatamento. Côrtes e D'Antona (2014) identificaram que a dinâmica populacional está associada ao desmatamento de duas maneiras: primeiro, através do movimento migratório de colonizadores para áreas pouco habitadas, desempenhando um papel crucial no desmatamento;

2 Estabelecido para corrigir os efeitos negativos de externalidades - impactos não intencionais sobre terceiros que não está refletido no custo do bem ou serviço. Este imposto visa alinhar os custos privados com os custos sociais, incentivando os produtores a reduzir a produção de bens ou serviços que geram externalidades negativas, como a poluição (Pigou, 1920).

segundo, como um impulsionador da expansão das fronteiras agrícolas, conhecido como “rotatividade de terras”.

Diniz (2017) sugere uma relação inversa entre pobreza e desmatamento na Amazônia Legal brasileira. O autor argumenta que a baixa capacidade tecnológica e econômica dos indivíduos pobres limita sua intervenção no meio ambiente, reduzindo o desmatamento em áreas com alta concentração de pobreza. Esse efeito é intensificado pela desigualdade de renda, resultando em menos agentes econômicos capazes de promover o desmatamento em municípios mais pobres e desiguais.

Pesquisas recentes do Instituto Escolhas (2023) constataram que políticas de redução da pobreza e aumento do emprego formal na Amazônia Legal brasileira resultam em uma diminuição do desmatamento, especialmente em propriedades pequenas e médias. Esses resultados, obtidos durante o período de 2012 a 2019, foram corroborados pelo controle dos efeitos de vizinhança.

Este estudo contribui para a literatura ao utilizar um modelo abrangente de equações simultâneas, desenvolvido em três estágios com o Método dos Momentos Generalizados (GMM), para aprofundar a compreensão da relação entre pobreza e desmatamento no Pará, Amazônia brasileira, em linha com os objetivos globais de sustentabilidade. Este método foi selecionado para enfrentar os desafios econométricos, garantindo resultados robustos.

Configuração territorial do estado do Pará: processo de uso e ocupação do solo e condição social

O Estado do Pará possui uma área territorial de 1.245.870,70 km², equivalente a 124.587.074 hectares. Cerca de 70% dessa extensão corresponde a áreas protegidas, incluindo terras indígenas e unidades de conservação federais e estaduais. As terras indígenas ocupam 30.915.946 hectares (24,81% do estado e 6,08% da Amazônia), enquanto as unidades de conservação federais abrangem 41.218.200 hectares (33,10% do estado e 8,11% da Amazônia), e as estaduais cobrem 13.203.429 hectares (10,60% do estado e 2,60% da Amazônia).³

Desde a década de 1970, o Pará tem sido palco de um intenso processo de uso e ocupação do solo, caracterizado pela expansão agropecuária e pela conversão de áreas de floresta primária em pastagens e cultivos agrícolas. Esse fenômeno tem transformado significativamente a paisagem natural da região. De 1975 a 2017, as florestas naturais, que representavam quase 60% do uso do solo no estado em 1975, diminuíram para 38,26% em 2017, refletindo uma perda relativa de mais de 55% (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

Durante esse mesmo período, as pastagens plantadas aumentaram substancialmente, passando de 7,61% em 1975 para 44,32% em 2017. As lavouras permanentes também cresceram, indo de 0,85% para 2,75% no mesmo período. Por

3 Os dados sobre terras indígenas foram extraídos do site “Terras Indígenas no Brasil” (<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/brasil>). Informações sobre unidades de conservação foram retiradas do “Painel de Dados de Unidades de Conservação” (<https://uc.socioambiental.org/pt-br/paineldedados#unidades-da-federao>) e do “Base dos Dados _ Unidades de Conservação” (<https://basedosdados.org/dataset/unidades-de-conservacao?externa>).

outro lado, as pastagens naturais diminuíram de 11,18% para 6,78%, enquanto as lavouras temporárias variaram pouco, de 3,51% para 3,16%. As áreas de matas plantadas registraram um aumento de 0,53% para 0,69% (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

Os indicadores de utilização da terra no estado do Pará ao longo das décadas refletem mudanças nas práticas agrícolas e no uso dos recursos disponíveis. A relação área por estabelecimento aumentou de 86,47 hectares em 1975 para 100,89 hectares em 2017, sugerindo uma maior concentração de terra por estabelecimento ao longo do tempo. Por outro lado, a relação de pessoal ocupado por estabelecimento diminuiu de 4,16 pessoas para 3,48 pessoas no período supracitado, indicando uma redução na mão-de-obra empregada por estabelecimento agrícola. Além disso, a relação de pessoal ocupado por área também reduziu-se de 0,05 pessoas por hectare para 0,03 pessoas no mesmo período, refletindo uma maior eficiência na utilização da mão de obra em relação à área cultivada (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

A mecanização da agricultura no Pará intensificou-se significativamente ao longo do período analisado, com a relação de tratores por estabelecimento passando de 0,01 em 1975 para 0,08 em 2017. Esses dados indicam uma maior mecanização da agricultura, possivelmente relacionada à expansão da fronteira agrícola e ao aumento da produtividade agrícola no estado (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

Nesse mesmo período, houve um aumento de quase 100.000 novos estabelecimentos agrícolas no estado. O maior aumento em termos de área plantada foi representado por culturas permanentes, com aproximadamente 470%, enquanto a área plantada com culturas temporárias aumentou cerca de 58%. Para os anos mais recentes, entre 2017 e 2006, as culturas que ganharam mais área plantada foram soja, mandioca, cacau e guaraná (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

É importante destacar que a estrutura agrária do estado do Pará é fortemente concentrada e dominada por pequenos estabelecimentos pertencentes à agricultura familiar, representando pelo menos 80% do total de estabelecimentos. No entanto, entre 2006 e 2017, estabelecimentos não pertencentes à agricultura familiar cresceram quase três vezes mais do que os pertencentes à agricultura familiar (Censo Agropecuário do IBGE, 2017).

Entre 1975 e 2017, os principais rebanhos do estado do Pará apresentaram mudanças expressivas em suas populações. Os bovinos mais que cresceram mais de oito vezes sua população, passando de 1.441.851 para 14.349.553 cabeças. Os bubalinos também tiveram um aumento significativo, atingindo 320.784 em 2017, comparado a 66.043 em 1975. Os caprinos e ovinos apresentaram um crescimento ainda mais notável, com os caprinos passando de 19.865 para 95.192 e os ovinos de 31.581 para 156.057 cabeças. Os suínos, por sua vez, tiveram flutuações ao longo dos anos, com uma população de 788.692 em 2017, após um pico em 1995-1996. No entanto, as aves destacam-se com o crescimento mais expressivo, ultrapassando 29 milhões de cabeças em 2017, em comparação com 6.486.000 em 1975 (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

Além disso, observaram-se mudanças significativas em várias métricas relacionadas à agricultura familiar e à reforma agrária. O número de assentamentos da

Reforma Agrária teve um aumento modesto, com o número de famílias assentadas aumentando de 72.283 em 2006 para 74.395 em 2017. A área ocupada por esses assentamentos cresceu consideravelmente, passando de 4.866.646,25 hectares para 6.025.981,91 hectares. Paralelamente, houve um aumento notável no número de estabelecimentos pertencentes à agricultura familiar e não familiar (Censo Agropecuário do IBGE, 1975/2017).

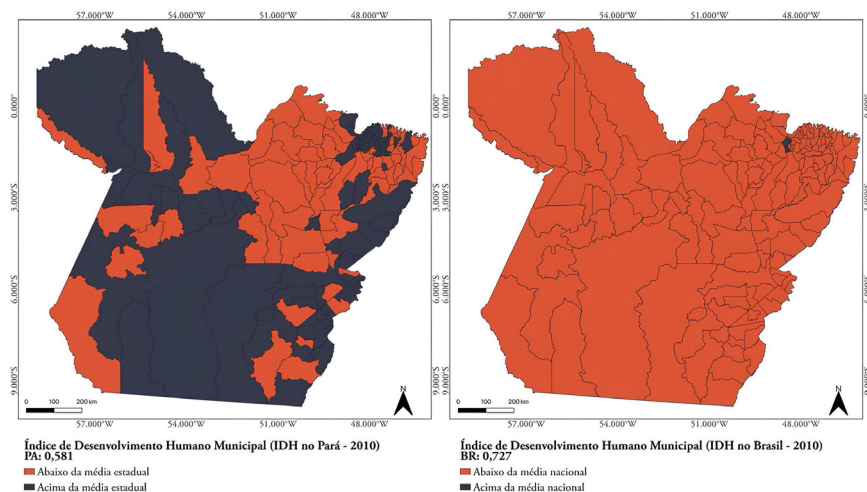
O coeficiente de Gini da terra apresentou uma diminuição ligeira de 0,0115 pontos, passando de 0,7775 em 2006 para 0,766 em 2017, indicando uma estabilidade relativa na desigualdade na distribuição de terra ao longo desses anos (Censo Agropecuário do IBGE, 2006/2017).

Em termos de assistência social, o número de famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família no estado do Pará aumentou significativamente entre 2006 e 2017. Em dezembro de 2006, 506.444 famílias recebiam benefícios, com um valor médio de R\$ 69,63, representando 20% do salário mínimo. Em contraste, em 2017, esse número aumentou para 931.009 famílias, com um benefício médio de R\$ 196,80, equivalente a 21% do salário mínimo (Brasil/MDS, 2021).

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (2017), a distribuição de renda das famílias paraenses em termos de salário mínimo reflete uma realidade complexa: 1,0% não tinha renda; 21% tinham renda entre 0 a $\frac{1}{4}$ do salário mínimo; 28,4% entre mais de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ do salário mínimo; 29,6% entre mais de $\frac{1}{2}$ a 1 salário mínimo; 14,1% entre mais de 1 a 2 salários mínimos; 3,0% entre mais de 2 a 3 salários mínimos; 1,9% mais de 3 a 5 salários mínimos e 0,9% mais de 5 salários mínimos.

É crucial ressaltar que estabelecimentos rurais de até 10 hectares, predominantemente de origem familiar, frequentemente não geram renda suficiente para ultrapassar a linha de pobreza de $\frac{1}{2}$ salário mínimo por pessoa. Essa condição de pobreza relativa no estado do Pará é corroborada pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), com mais de 95% dos municípios do estado apresentando valores abaixo da média nacional, e muitos municípios com valores abaixo da média do próprio estado (Figura 1).

FIGURA 1 | (Mapa esquerdo) municípios do estado do Pará abaixo/acima do IDHM médio do estado (2010) e (Mapa direito) municípios do estado do Pará abaixo/acima do IDHM médio do Brasil (2010)



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES COM DADOS DO PNUD (2010).

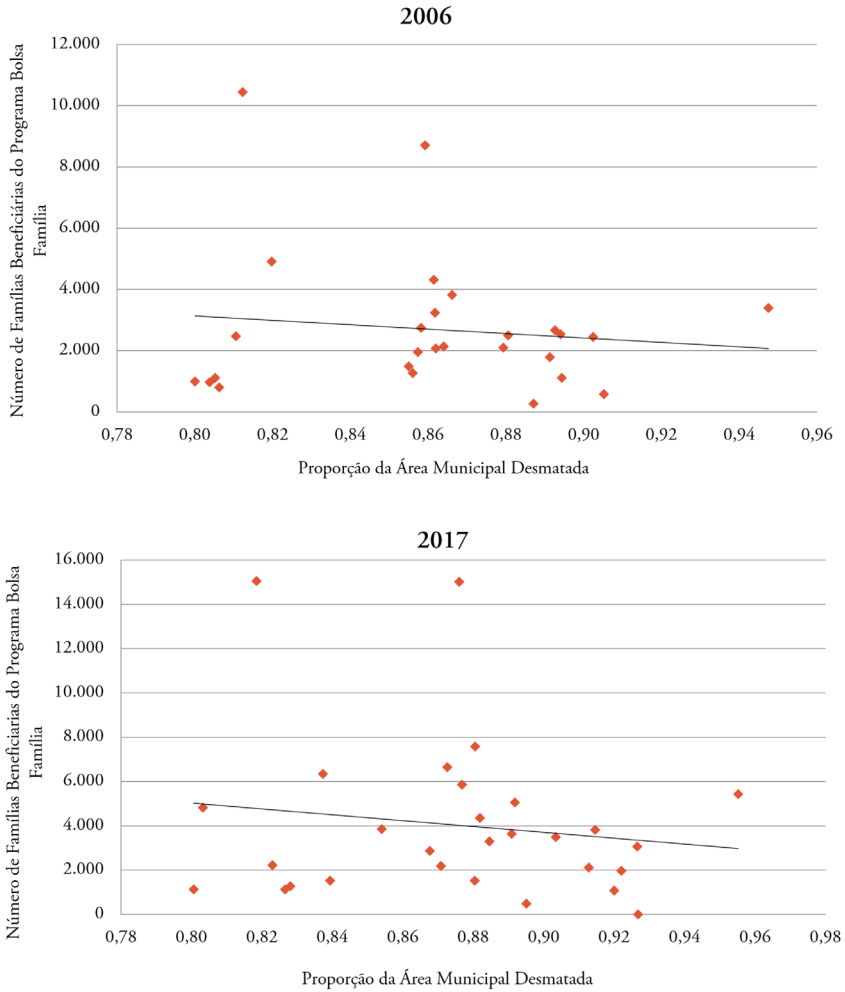
Metodologia

Para investigar a relação entre pobreza e desmatamento no Pará, adotou-se uma estratégia de pesquisa que considera a relação causal entre esses dois fenômenos endógenos. Utilizando dados do Censo Agropecuário do IBGE, empregou-se um sistema de determinação simultânea entre desmatamento e pobreza. A análise, realizada com dados em painel balanceado, abrange o período de 2006 a 2017 e inclui 1.716 observações de municípios paraenses. Essa abordagem permite uma análise robusta da relação entre pobreza e desmatamento, oferecendo uma base sólida para futuras políticas de redução do desmatamento e combate à pobreza na região.

Correlação entre pobreza e desmatamento

Um estudo preliminar analisou a correlação entre desmatamento e pobreza em municípios com altas taxas de desmatamento. Utilizando o número de famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família como proxy para a pobreza, os resultados indicam uma correlação negativa entre desmatamento e o número de famílias beneficiadas. Municípios com maiores taxas de desmatamento tendem a apresentar menor número de famílias em vulnerabilidade econômica, o que sugere uma possível relação inversa entre desmatamento e pobreza. Esse padrão foi observado entre 2006 e 2017, conforme mostrado na Figura 2.

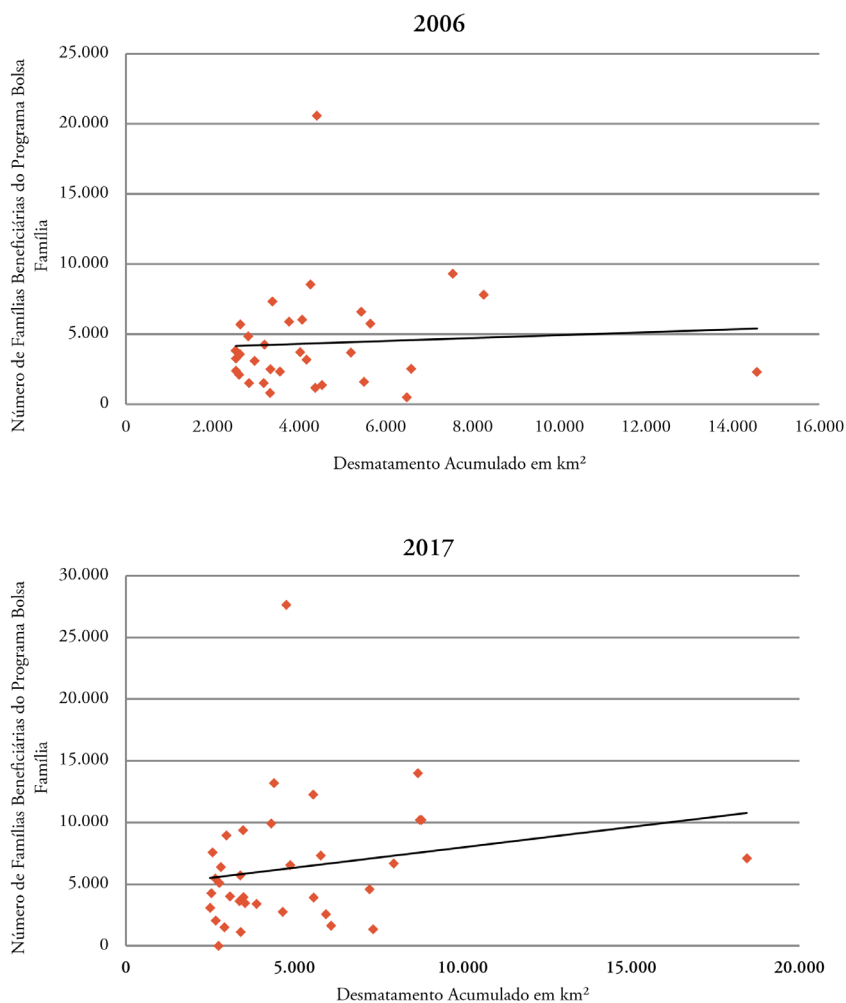
FIGURA 2 | Relação entre o número de famílias beneficiárias do programa Bolsa Família e a proporção da área municipal desmatada (áreas com desmatamento $\geq 80\%$) para 2006 e 2017



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES COM DADOS DO MDS E PRODES/INPE (2006 E 2017).

A Figura 3 analisa municípios com desmatamento acumulado de 2.500 km² ou mais em relação ao número de famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família em 2006 e 2017. Em ambos os anos, observa-se que, com o aumento do desmatamento acumulado, cresce também o número de famílias beneficiadas, o que sugere uma associação entre desmatamento intenso ao longo do tempo e maior necessidade de assistência socioeconômica.

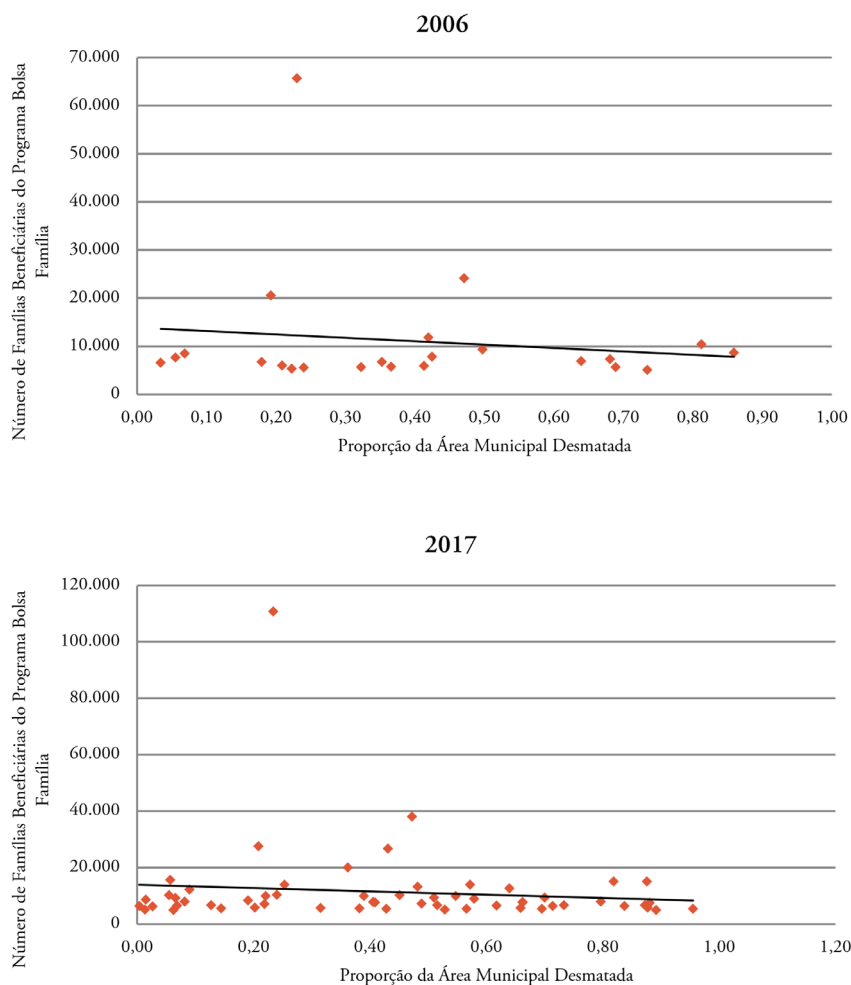
FIGURA 3 | Relação entre o número de famílias beneficiadas pelo PBF e o desmatamento acumulado em km² (desmatamento acumulado ≥ 2.500 km²) para 2006 e 2017



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES COM DADOS DO MDS E PRODES/INPE (2006 E 2017).

Outro exercício empírico analisou a relação entre municípios com alta concentração de pobreza – medida pelo número de famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família – e a proporção da área desmatada. Na Figura 4, municípios com 5.000 ou mais famílias beneficiadas foram correlacionados com a proporção de área desmatada em 2006 e 2017. Em ambos os anos, observou-se uma correlação negativa consistente, indicando que o aumento no número de beneficiários do PBF está associado a uma diminuição na proporção de área desmatada, sugerindo uma relação entre maior necessidade de assistência socioeconômica e reduzidos níveis de desmatamento.

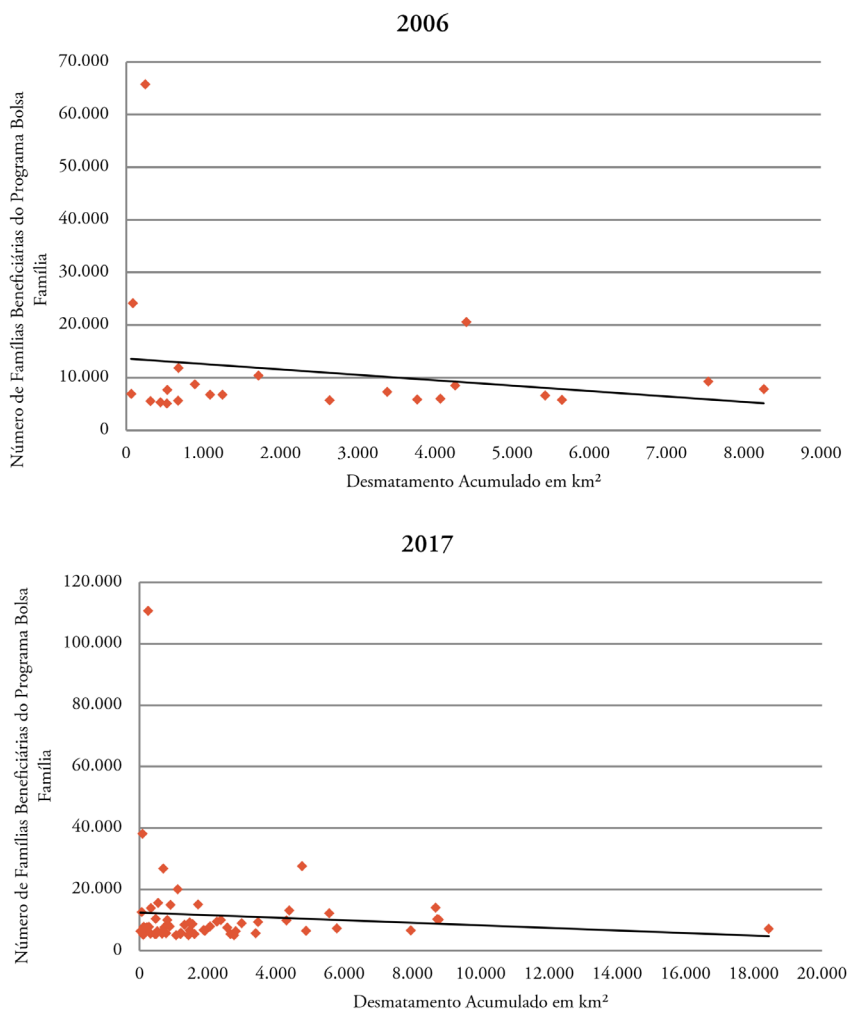
FIGURA 4 | Relação entre o número de famílias beneficiárias do programa Bolsa Família e a proporção da área municipal desmatada (municípios com ≥ 5.000 famílias atendidas pelo PBF) para 2006 e 2017



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES COM DADOS DO MDS E PRODES/INPE (2006 E 2017).

Na Figura 5, municípios com 5.000 ou mais famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família foram agrupados e correlacionados com o desmatamento acumulado (em km²) em 2006 e 2017. Em ambos os anos, observou-se uma correlação negativa consistente entre esses fatores, indicando que áreas com maior concentração de beneficiários do PBF tendem a apresentar menor desmatamento acumulado. Essa relação sugere que a intensidade do desmatamento no longo prazo pode estar inversamente associada às necessidades socioeconômicas das famílias, o que potencialmente promove práticas mais sustentáveis em regiões com maior vulnerabilidade e necessidade de assistência social.

FIGURA 5 | Relação entre o número de famílias beneficiadas pelo PBF e o desmatamento acumulado em km² (municípios com ≥ 5.000 famílias atendidas pelo PBF) para 2006 e 2017



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES COM DADOS DO MDS E PRODES/INPE (2006 E 2017).

Os resultados indicam uma relação complexa entre desmatamento e pobreza nos municípios do estado do Pará. Embora uma maior intensidade de desmatamento em relação à área esteja associada a menor pobreza, uma maior área total desmatada correlaciona-se com condições socioeconômicas mais desfavoráveis. Essa ambivalência, observada em diferentes recortes empíricos – como os municípios com elevado desmatamento acumulado (Figura 3) e aqueles com alta concentração de

beneficiários do PBF (Figura 5) – evidencia que a relação entre pobreza e desmatamento não é linear nem uniforme. Isso reforça a necessidade de uma abordagem integrada para o desenvolvimento sustentável, que considere conjuntamente fatores socioeconômicos e ambientais.

Modelo econométrico

Para atingir os objetivos, as variáveis substitutas para desmatamento e pobreza são tratadas como endógenas, conforme estudos anteriores (Dhrifi et al., 2020; Rizk & Slimane, 2018). Utilizou-se um modelo de equações simultâneas,⁴ estimado por Mínimos Quadrados em Três Estágios (3SLS), conforme as equações estruturais seguintes:

$$incdesm_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 fampb_{it} + \alpha_3 vtpb_{it} + \alpha_4 areapast_{it} + \alpha_5 areap_{it} + \alpha_6 areat_{it} + \alpha_7 cabgran_{it} + \alpha_8 flor_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$fampbf_{it} = \beta_1 + \beta_2 incdesm_{it} + \beta_3 gini_{it} + \beta_4 pibpc_{it} + \beta_5 poagfam_{it} + \eta_{it} \quad (2)$$

As variáveis *incdesm* e *fampbf* representam, respectivamente, a taxa anual de desmatamento e o número de famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família, sendo esta última uma estimativa do número de famílias pobres. Ambas são consideradas endógenas e determinadas simultaneamente. Outras variáveis, como o valor total do benefício do programa Bolsa Família (*vtpbf*), área de pastagem (*arapast*), área de cultivo permanente (*areap*), área de cultivo temporária (*areat*), cabeças granja (*cabgranj*), área de floresta (*flor*), índice de Gini (*gini*), PIB per capita (*pibpc*) e população empregada na agricultura familiar (*poagfam*), são consideradas predeterminadas.

Os termos de erro ϵ_{it} e η_{it} são adicionados para abranger a aleatoriedade e os efeitos não explicados pelas variáveis no modelo. Os subscritos *i* e *t* referem-se, respectivamente, aos municípios e aos anos de observação.

Na equação (1) para o desmatamento, foram considerados estudos como Margulis (2003), Andersen et al. (2002), Alencar et al. (2004), Barreto et al. (2005), Diniz et al. (2009, 2018), e Gazoni e Mota (2010). A relação entre desmatamento e o número de famílias atendidas pelo Programa Bolsa Família é ambígua, podendo variar conforme as peculiaridades regionais. Diversas fontes contribuem para uma análise robusta dos fatores que influenciam o desmatamento, possibilitando políticas mais eficazes para conservação ambiental e bem-estar social.

Conforme a literatura, o valor total do benefício do Programa Bolsa Família tem uma relação direta com a degradação ambiental. As áreas de pastagem, cultivo permanente, e cultivo temporário são esperadas estar positivamente correlacionadas com o desmatamento.

4 Algumas variáveis são compartilhadas entre as equações, mas suas especificações são ajustadas para atender às condições de ordem e posto do sistema.

Na equação (2), que serve como proxy para a pobreza, com base em Chakravart (2009), sugere-se que o índice de Gini está positivamente relacionado ao número de beneficiários do Programa Bolsa Família, indicando que maior concentração de renda está associada a mais famílias pobres recebendo o benefício. A relação entre nível de renda e o número de famílias pobres contraria as expectativas. Há também uma correlação positiva entre a população envolvida na agricultura familiar e o número de beneficiários do Bolsa Família.

Para testar os argumentos da literatura, são realizados testes de causalidade entre as variáveis endógenas em cada equação estrutural, utilizando os testes de Durbin (1954) e Wu-Hausman (Hausman, 1978; Wu, 1974), conforme Davidson e MacKinnon (1993). As variáveis predeterminadas da Tabela 1, juntamente com as variáveis endógenas, foram consideradas nesses testes.

A especificação do modelo de desmatamento versus pobreza, conforme Wooldridge (2002), assume que as equações estruturais são autônomas, com cada uma tendo significado independente. O uso de mínimos quadrados ordinários (OLS) em um sistema de equações simultâneas, conforme Davidson e MacKinnon (1993), Ruud (2000), Wooldridge (2002), Hamilton (1994) e Lee et al. (2016), resulta em estimativas enviesadas e inconsistentes devido à possível endogeneidade⁵ das variáveis explicativas.

Para lidar com a endogeneidade, uma opção é o uso de variáveis instrumentais através de técnicas de estimação em dois estágios (2SLS) e três estágios (3SLS). A seleção adequada dos instrumentos é crucial para garantir estimativas consistentes, conforme demonstrado por Lee et al. (2016) e apoiado por Bound et al. (1995), Staiger e Stock (1997) e Stock e Yogo (2005). Instrumentos fracos podem levar a estimativas incorretas.

Outra abordagem é o uso do estimador de método dos momentos generalizados (GMM), proposto por Hansen (1982), que minimiza a distância entre as condições de momento da amostra e as condições de momento populacional, considerando autocorrelação, heterocedasticidade e dependência temporal.

Cabe destacar que tanto os estimadores 2SLS quanto 3SLS constituem casos especiais do método dos momentos generalizados (GMM). Independentemente do estimador usado no segundo estágio, a instrumentalização da regressão de primeiro estágio para regressores endógenos é estimada por mínimos quadrados ordinários (OLS).

Descrição dos dados

Este estudo utiliza dados municipais do estado do Pará, organizados em um painel balanceado anual para o período 2006-2017, totalizando 1.716 observações. O banco de dados é composto por informações de quatro fontes: (1) o Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); (2) o IPEADATA; (3) o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e (4) o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à

5 A literatura aponta pelo menos três fontes admissíveis de endogeneidade: variáveis explicativas omitidas, vies de simultaneidade e erros nas variáveis.

Fome (MDS). A Tabela 1 apresenta a lista completa das variáveis utilizadas,⁶ suas descrições, rótulos, sinais esperados e fontes de dados. Além disso, os dados foram logaritmizados e as variáveis explicativas foram selecionadas com base na literatura empírica, levando em consideração os principais determinantes do desmatamento e das famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família.

TABELA 1 | Descrição e fontes de dados

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO	SIGLAS	SINAIS ESPERADOS	FONTE DE DADOS
Incremento do desmatamento	Taxa de desmatamento municipal em km ²	incdesm	↑ (+) ou ↓ (-)	PRODES/INPE
Área de floresta	Área de floresta remanescente no município	flor	↑ (+)	PRODES/INPE
PIB per capita	Produto Interno Bruto per capita a preços correntes municipal (em mil reais) (proxy para o crescimento econômico)	piibpc	↑ (+)	IPEADATA
Área de pasto	Área de pasto municipal	areapast	↑ (+)	IBGE
Cabeças granja	Número de cabeças em criação em granja	cabgranj	↓ (-)	IBGE
Área plantada lavoura temporária	Área plantada das Culturas de Lavouras Temporárias Municipal (em hectares)	areat	↑ (+)	IBGE
Área plantada lavoura permanente	Área plantada das Culturas de Lavouras Permanentes Municipal (em hectares)	areap	↑ (+)	IBGE
Famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família	Famílias beneficiadas com o Programa Bolsa Família Municipal (proxy para pobreza)	fampbf	↑ (+) ou ↓ (-)	MDS
Valor total dos benefícios do Programa Bolsa Família	Valor total pago do Programa Bolsa Família Municipal (proxy para pobreza)	vtpbf	↑ (+)	MDS
Gini	Coefficiente de Gini	gini	↑ (+)	IBGE
População ocupada com Agricultura Familiar	População ocupada na Agricultura Familiar Municipal (proxy para agricultura familiar)	popagfam	↑ (+)	IBGE

NOTA: VARIÁVEIS LOGARITIMIZADAS.

FONTE: ELABORAÇÃO DOS AUTORES.

6 Devido à falta de dados disponíveis para o número de famílias e o montante total pago pelo Programa Bolsa Família em nível municipal entre 2007 e 2017, essas variáveis foram interpoladas linearmente. Não foram incluídas variáveis sobre atividades madeireiras e minerais devido à falta de informações confiáveis, uma vez que essas atividades, muitas vezes informais, poderiam introduzir vies nas estimativas. Proxies baseadas nos dados da RAIS/MTE e dados de licenças de mineração ou de satélite poderiam ser considerados, mas apresentariam desafios similares. Especificamente em relação à atividade mineral, o estado do Pará concentra cerca de 10 municípios considerados mineradores, com apenas dois deles com minas com início de produção após 2006: Marabá (Projeto Salobo) e Canaã dos Carajás (Projeto S11D) e, portanto, sem impacto direto sobre o desmatamento. Além disso, dados sobre hidrelétricas não foram incluídos por não serem considerados na literatura como fatores principais na relação entre pobreza e desmatamento e pela dificuldade de obtenção de dados confiáveis. Por fim, da mesma forma com relação aos municípios mineradores, são poucos os municípios que abrigam hidrelétricas no estado do Pará, em número de 6 e apenas uma, Belo Monte (localizada em Vitória do Xingú) começou a operar depois de 2006, no caso, 2016.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis analisadas, e é importante destacar a variabilidade da variável “desmatamento”, conforme indicado tanto pelos valores de desvio padrão quanto pelo coeficiente de variação.

TABELA 2 | Estatísticas descritivas para municípios do estado do Pará

VARIÁVEIS	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO	CV
incdesm	1,4445	2,0574	-2,3026	6,7771	1,4243
fampbf	10,5902	0,8486	7,7205	14,1167	0,0801
vtpbf	16,9164	1,5300	12,4051	22,3616	0,0904
areapast	10,2384	2,2833	2,3026	14,6408	0,2230
areapast	6,2488	1,8501	0,0000	10,6470	0,2961
areap	7,8263	1,5305	1,6094	11,8365	0,1956
cabgranj	10,8070	1,2890	5,5910	16,0430	0,1193
flor	6,6331	2,1271	-0,5108	11,9028	0,3207
gini	0,7597	0,1039	0,3774	0,9813	0,1368
pibpc	8,8714	0,6563	7,2050	12,2542	0,0740
popagfam	8,0886	1,0870	4,2905	10,7924	0,1344

NOTA: VARIÁVEIS LOGARITIMIZADAS.

FONTE: ELABORAÇÃO DOS AUTORES.

Resultados

Para calcular a relação entre pobreza e desmatamento de 2006 a 2017, empregou-se um sistema de equações simultâneas através do método GMM. Esta seção está dividida em duas partes. A primeira aborda testes de especificação, enquanto a segunda interpreta os resultados dos modelos.

Testes de especificação

Uma etapa importante no tratamento de dados em painel é verificar a correta especificação do modelo, o que foi feito por meio de diversos testes: endogeneidade de Durbin (1954) e Wu-Hausman (Wu, 1974; Hausman, 1978), heterocedasticidade de Pagan e Hall (1983), autocorrelação de Durbin-Watson (Durbin & Watson, 1950), superidentificação de Hansen (1982) e testes de restrição propostos por Gujarati (2003) e Davidson e MacKinnon (1993).

Os resultados dos testes de Durbin-Wu-Hausman indicam que a variável de incremento do desmatamento (*incdesm*) é endógena com significância de pelo menos 5%, enquanto a variável (*fampbf*) é endógena com significância de 1% (Tabela 3). Segundo Wooldridge (2002) e Lee et al. (2016), a estimativa GMM é mais eficiente que 2SLS e 3SLS na presença de heterocedasticidade, tornando os testes para verificar essa condição úteis na escolha do estimador. No entanto, Pagan e Hall (1983) e Pesaran e Taylor (1999) apontam que testes como Breusch-Pagan e Cook-Weisberg não são adequados para variáveis instrumentais. Os resultados do teste de Pagan e

Hall mostram que, para ambas as equações com (*incdesm*) e (*fampbf*) como variáveis dependentes, a hipótese nula de homocedasticidade dos resíduos é rejeitada a 1%, indicando a presença de heterocedasticidade (Tabela 3).

TABELA 3 | Testes de especificação

TESTES	INCDESM	FAMPBF
Teste de DHW	5,6900**	251,9300*
P-valor	[0,0172]	[0,0000]
Teste de PH	9,9083*	21,3197*
P-valor	[0,0016]	[0,0000]
Teste de DW	0,8379*	0,2325*
Teste de Hasen	2,2451	
P-valor	[0,1340]	

NOTAS: TODAS AS VARIÁVEIS ESTÃO LOGARITMIZADAS. P-VALOR ENTRE COLCHETES. SIGNIFICÂNCIA A 1% (*), 5% (**) E 10%. O TESTE DE ENDOGENEIDADE DE DURBIN (1954) E WU-HAUSMAN (WU, 1974; HAUSMAN, 1978) ASSUME A HIPÓTESE NULA DE EXOGENEIDADE. O TESTE DE PAGAN E HALL (1983) PRESSUPÕE QUE OS RESÍDUOS SEJAM HOMOCEDÁTICOS. O TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DE DURBIN-WATSON (1950) CONSIDERA A HIPÓTESE NULA DE AUSÊNCIA DE AUTOCORRELAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM. O TESTE DE HANSEN (1982) ASSUME QUE OS INSTRUMENTOS SÃO VÁLIDOS.

FONTE: ELABORAÇÃO DOS AUTORES.

Foi realizado o teste Durbin-Watson (DW) (1950) para verificar a presença de autocorrelação nos resíduos, cuja hipótese nula afirma que não há autocorrelação de primeira ordem. O teste varia de 0 a 4, com o valor 2 indicando ausência de autocorrelação. Valores de 0 a menos de 2 indicam autocorrelação positiva, enquanto valores de 2 a 4 denotam autocorrelação negativa. Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam a presença de autocorrelação positiva em ambas as equações.

O resultado do teste de restrição de sobredeterminação, conforme Hansen (1982), indica que os instrumentos são válidos, aceitando a hipótese nula e assegurando a escolha adequada da especificação,⁷ resultando em estimativas consistentes⁸ (Tabela 3). As estimativas serão obtidas pelo método dos momentos generalizados (GMM) de Hansen (1982), que considera endogeneidade, heterocedasticidade e autocorrelação. Será utilizado o estimador de dois estágios (two-step) e uma matriz de pesos que considera esses aspectos, com o número de defasagens do Kernel de Bartlett selecionado pelo algoritmo de defasagens ótimas de Newey e West (1994).

7 As variáveis endógenas são o incremento do desmatamento (*incdesm*) e as famílias beneficiadas pelo bolsa família (*fampbf*). As demais variáveis explicativas, apresentadas na Tabela 1, foram tomadas como exógenas.

8 Para uma discussão dos procedimentos utilizados que envolvem o processo de estimação, os problemas encontrados, ver, respectivamente, Hansen (1982), Wooldridge (2002) e Lee et al. (2016).

Interpretação dos resultados

O primeiro resultado da equação (1), mostrou que o aumento do número de beneficiários do Programa Bolsa Família⁹ tem uma relação inversa com o desmatamento, com um coeficiente de 0,59. Isso sugere que “agentes pobres” têm baixa capacidade de intervir no desmatamento, reduzindo seu impacto ambiental (Tabela 4). Assim, em municípios com mais pessoas em situação de pobreza, há menos agentes econômicos capazes de promover o desmatamento, corroborando estudos como os de Diniz (2017), Diniz et al. (2018), e indicando que políticas de combate à pobreza podem reduzir o desmatamento (Instituto Escolhas, 2023).

O valor total dos benefícios do Programa Bolsa Família teve significância estatística e efeito positivo de 0,09, indicando que beneficiários em situação de pobreza podem recorrer ao desmatamento como estratégia de sobrevivência, utilizando as transferências como subsistência (Tabela 4).

Os resultados mostraram semelhanças nas variáveis que impulsionam o desmatamento. A área de pastagem municipal foi significativa, com coeficiente de 0,26. As áreas plantadas em lavouras permanentes e temporárias apresentaram coeficientes positivos de 0,18 e 0,24, respectivamente (Tabela 4).

A variável “cabeça granja” teve sinal positivo, mas sem significância estatística. Por outro lado, a área florestal foi significativa, com efeito positivo de 0,60, confirmando que desmatadores, especialmente os da atividade madeireira, buscam áreas com maior densidade florestal. Isso sugere que, quanto maior a área de floresta, maior o desmatamento, especialmente em relação à pecuária (Tabela 4).

Na especificação (2), ao considerar o número de famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família como variável dependente, a correlação negativa entre pobreza e desmatamento foi mantida, mas sem significância estatística. Isso não confirma a hipótese de que o meio ambiente oferece recursos naturais essenciais aos pobres. Assim, o desmatamento não pode ser visto, necessariamente, como uma fonte de renda direta ou indireta para a população pobre, sugerindo que, quando o desmatamento aumenta, a pobreza diminui (Tabela 4).

O índice de Gini apresentou correlação positiva e significativa com o número de beneficiários do Programa Bolsa Família, com parâmetro estimado em 1,09, indicando que maior concentração de renda está associada a um maior número de famílias pobres recebendo benefícios. A relação entre o nível de renda (PIB per capita) e o número de famílias pobres também foi positiva e significativa, com valor de 0,28 (Tabela 4).

9 Não foi possível observar nenhuma mudança na metodologia de concessão de auxílios durante o período que tenha afetado o modelo, uma vez que essas mudanças são captadas indiretamente pela variável de famílias beneficiadas pelo Programa Bolsa Família. Houve uma mudança na metodologia de transferência do benefício a partir do ano de 2009, visando melhorar o atendimento das famílias e na ampliação e focalização do público-alvo. Isto resultou na melhoria no acompanhamento das condicionalidades; aprimoramento da estratégia de gestão compartilhada do programa, como também, permitiu a expansão do número das famílias beneficiárias. Todavia, entende-se que esses resultados apresentam implicações similares nos municípios do estado do Pará de forma homogênea, considerando que suas condições administrativas pouco se diferenciam entre si.

TABELA 4 | Resultados do Modelo GMM

VARIÁVEIS	COEFICIENTES
incdesm	
fampbf	-0,5916* (0,0854)
vtpbf	0,0864* (0,0175)
areapast	0,2627* (0,0399)
areap	0,1783* (0,0332)
areat	0,2442* (0,0535)
cabgranj	0,0345 (0,0547)
flor	0,5951* (0,0330)
const	-3,9607* (0,8838)
fampbf	
incdesm	-0,0320 (0,0259)
gini	1,0936* (0,3582)
pibpc	0,2785* (0,0643)
popagfam	0,5538* (0,0513)
const	2,7972* (0,6663)
Nº de Obs = 1.245/ Nº de Parâmetros = 13/ Nº de Momentos = 14	

NOTA: TODAS AS VARIÁVEIS ESTÃO LOGARITIMIZADAS. ERRO PADRÃO ENTRE PARÊNTESES. SIGNIFICANTE A 1% (*), 5% (**) E 10% (***).

FONTE: ELABORAÇÃO DOS AUTORES.

Foi observado um efeito positivo e significativo da população ocupada na agricultura familiar sobre o número de famílias beneficiárias, com coeficiente de 0,55 nos municípios do estado do Pará (Tabela 4). Considerando a relação inversa entre desmatamento e número de beneficiários, uma implicação importante é que não há *trade-off* entre políticas para os ods 1 (Erradicação da Pobreza), 15 (Vida Terrestre) e 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima). Verificou-se que o aumento no número de beneficiários do Programa Bolsa Família tem um efeito de redução do desmatamento maior do que o impacto potencial de políticas de combate ao desmatamento no aumento da pobreza.

Discussão dos resultados

Os resultados desse estudo devem ser contextualizados e debatidos à luz da literatura existente para um entendimento mais profundo dos mecanismos subjacentes às relações observadas. Com isso, espera-se não apenas enriquecer a literatura existente, mas também que as descobertas desse estudo forneçam subsídios importantes para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes na região amazônica.

A constatação de que o aumento do número de beneficiários do Programa Bolsa Família está associado a uma redução no desmatamento corrobora os estudos de Diniz (2017) e Diniz et al. (2018). Isso sugere que os “agentes pobres” têm menor capacidade de causar impacto ambiental, indicando que as transferências de renda podem diminuir a pressão sobre as florestas ao reduzir a necessidade de atividades de subsistência ambientalmente degradantes. Em outras palavras, em municípios com mais pessoas em situação de pobreza que recebem o benefício, há menos agentes econômicos capazes de promover o desmatamento. Esses resultados indicam que políticas de combate à pobreza podem, de fato, contribuir para a redução do desmatamento (Instituto Escolhas, 2023).

No entanto, o efeito positivo do valor total dos benefícios do Programa Bolsa Família sobre o desmatamento revela uma faceta complexa. Muitos beneficiários, inseridos na linha da pobreza, podem recorrer ao desmatamento como uma estratégia de sobrevivência, utilizando as transferências do programa como meio de subsistência. Esse fenômeno foi observado por Zwane (2007) no Peru e Lufumpa (2005) em países africanos.

A correlação positiva entre a área de pastagem municipal, área plantada em lavouras permanentes e temporárias e desmatamento confirma a dinâmica de expansão agropecuária como um dos principais motores do desmatamento na Amazônia Legal, conforme destacado por Margulis (2003) e Gazoni e Mota (2010), entre outros estudos. Este achado sugere que políticas públicas focadas na intensificação sustentável da pecuária e na promoção de técnicas agrícolas de baixo impacto ambiental são essenciais para mitigar o desmatamento. Além disso, a expansão das áreas de pastagem, impulsionada pelo crescimento dos preços do boi gordo e pelo acesso a crédito subsidiado, incentiva o crescimento das atividades pecuárias tanto para grandes quanto para pequenos produtores locais, conforme destacado por Diniz et al. (2018).

A variável “cabeça granja” apresentou um sinal positivo, porém não foi estatisticamente significativa. A variável “cabeça granja” apresentou uma correlação positiva com o desmatamento, mas sem significância estatística, indicando que a relação não é conclusiva. Essa tendência sugere uma possível associação entre essa variável e o desmatamento, mas é necessário aprofundar a investigação para entender melhor essa interação, o que pode ajudar no desenvolvimento de políticas públicas que incentivem práticas de manejo sustentável e conservação ambiental.

Os resultados relacionados à área florestal ressaltam a necessidade de uma abordagem multifacetada nas políticas de combate ao desmatamento, que inclua tanto medidas de preservação ambiental quanto estratégias de controle territorial. A variável de área florestal apresentou uma correlação positiva com o desmatamento,

corroborando a hipótese de que desmatadores, especialmente aqueles envolvidos na atividade madeireira, pecuária, desenvolvimento de infraestrutura e políticas de uso da terra, tendem a buscar áreas com maior densidade florestal. Esses resultados são consistentes com as conclusões de Souza et al. (2013) e Vaughan (2022).

Quando o número de famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família foi considerado como variável dependente, a correlação negativa entre pobreza e desmatamento foi mantida, embora sem significância estatística. Isso sugere que o desmatamento pode ser visto como uma fonte de renda, direta ou indireta, para a população pobre, indicando que, em determinadas circunstâncias, um aumento no desmatamento pode levar à diminuição da pobreza, embora isto não necessariamente pode ou deve ocorrer. Os resultados dessa pesquisa confirmam as observações de Ullah, Israr e Khattak (2022), que destacam que, embora o desmatamento possa oferecer alívio temporário da pobreza ao fornecer recursos de subsistência, gerar renda através da venda de produtos florestais, permitir a expansão agrícola e melhorar o acesso a mercados e infraestrutura, suas consequências a longo prazo frequentemente agravam a pobreza e a degradação ambiental. A degradação do solo, a perda de biodiversidade e a alteração dos ciclos hidrológicos podem, eventualmente, exacerbar a pobreza, criando um ciclo vicioso difícil de romper.

Por outro lado, o índice de Gini apresentou uma correlação positiva e estatisticamente significativa com o número de beneficiários do Programa Bolsa Família, indicando que, quanto maior a concentração de renda, maior o número de famílias pobres que recebem benefícios do programa. Com base em Chakravart (2009), que utiliza o índice de Gini como uma proxy para a pobreza, sugere-se que uma maior concentração de renda está associada a um maior número de famílias pobres recebendo o benefício.

A constatação de que um aumento no PIB per capita está associado a um maior número de famílias que recebem benefícios do Programa Bolsa Família sugere que o crescimento econômico pode contribuir para o financiamento de programas sociais. Isso ocorre porque um PIB mais elevado aumenta a receita do governo, permitindo o apoio a iniciativas como o Bolsa Família (Wolf, 2021). No entanto, essa relação também aponta para a persistência de desigualdades que precisam ser enfrentadas para se alcançar um desenvolvimento sustentável e inclusivo. Assim, é fundamental que o crescimento econômico seja acompanhado por políticas que abordem as disparidades sociais e promovam a equidade na distribuição de recursos.

Observou-se também que um aumento na população envolvida na agricultura familiar está associado a um maior número de famílias que recebem benefícios do Programa Bolsa Família no estado do Pará. Essa relação indica que a agricultura familiar pode ser uma importante estratégia para melhorar a segurança alimentar e a renda das famílias, além de destacar a necessidade de políticas públicas que apoiem o desenvolvimento sustentável desse setor e permitam a redução das desigualdades na região.

Portanto, uma implicação crucial desse estudo é a ausência de um *trade-off* entre as políticas voltadas para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 1 (Erradicação da Pobreza), 15 (Vida Terrestre) e 13 (Ação contra a Mudança

Global do Clima), corroborando descobertas anteriores de Miyamoto et al. (2014) e Miyamoto (2020).

Essas políticas podem ser vistas como complementares e contribuir de forma eficaz para o alcance dos ODS na região.

Considerações finais

Os resultados do modelo empírico confirmaram uma correlação negativa entre a pobreza e o desmatamento, enquanto a renda adicional fornecida pelo Programa Bolsa Família (PBF) para famílias pobres pode potencialmente aumentar seu envolvimento em atividades que promovem o desmatamento. Por outro lado, a falta de significância do impacto do desmatamento na pobreza, apesar do sinal negativo esperado, não valida a hipótese de que o uso mais intensivo da terra por meio do desmatamento é uma fonte de geração de renda para os pobres e, consequentemente, redução da pobreza.

Com base nos resultados gerais obtidos pelo modelo, pode-se inferir que a estratégia de redução da pobreza por meio da transferência de renda fornecida pelo Programa Bolsa Família precisa ser complementada por oportunidades de emprego e geração de renda alternativas para famílias pobres que as desvinculem de atividades que promovem o desmatamento na região: pecuária e agricultura. Além disso, essas atividades precisam ser menos concentradas em termos de riqueza, especialmente no acesso à terra, para aliviar a pobreza mais rapidamente no estado. Essa seria a estratégia mais eficaz para conciliar os objetivos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados à redução da pobreza e à conservação florestal no estado do Pará.

Isso parece ocorrer tanto porque as famílias pobres assistidas pelo Programa Bolsa Família não têm capacidade para intervir ou se envolver em atividades que promovem o desmatamento (pelo menos em uma escala suficientemente grande no estado), conforme evidências de Diniz (2017) e Diniz et al. (2018), quanto porque a renda recebida do Programa Bolsa Família e suas condicionalidades levam essa população a buscar atividades econômicas alternativas e não ligadas ao uso da terra, como o comércio, por exemplo.

Vale destacar que esse resultado está alinhado com as evidências obtidas por Miyamoto et al. (2014) e Miyamoto (2020), de que não necessariamente há um *trade-off* entre políticas de redução da pobreza e conservação florestal. Compreender como as famílias pobres utilizam a renda adicional do Programa Bolsa Família no estado, incluindo o seu engajamento em atividades produtivas, constitui uma agenda de pesquisa promissora. Portanto, propor políticas públicas afirmativas que convergem com a realização dos ODS para os residentes da região é crucial.

Referências bibliográficas

- Alencar, A., Nepstad, D., McGrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M. D. C. V. & Britaldo, S. F. (2004). *Desmatamento na Amazônia: indo além da “Emergência Crônica”*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.
- Alix-Garcia, J., McIntosh, C., Sims, K. R. E. & Welch, J. R. (2013). The ecological footprint of poverty alleviation: Evidence from Mexico's Oportunidades Program. *The Review of Economics and Statistics*, 95(2), 417-435. https://doi.org/10.1162/REST_a_00349
- Andersen, L. E., Granger, C.W. J., Reis, E. J., Weinhold, D. & Wunder, S. (2002). *The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon*. Cambridge University Press.
- Balboni, C., Berman, A., Burgess, R. & Olken, B. A. (2023). The Economics of Tropical Deforestation. *NBER Working Papers*, 31410.
- Baloch, M. A., Danish, Khan, S. U. D. & Ulucak, Z. S. (2020). Poverty and vulnerability of environmental degradation in Sub-Saharan African countries: what causes what? *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 143-149. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.04.007>
- Barbier, E. B. (2005). *Natural Resources and Economic Development*. Cambridge University Press.
- Barreto, P., Souza Jr, C., Noguerón, R., Anderson, A. & Salomão, R. (2005). *Pressão humana na floresta amazônica brasileira*. World Resource Institute.
- Bound, J., Jaeger, D. A. & Baker, R. M. (1995). Problems with instrumental variables estimation when the correlation between the instruments and the endogenous explanatory variable is weak. *Journal of American Statistical Association*, 90(430), 443-450. <https://doi.org/10.2307/2291055>
- Brasil, MDS. (2021). *Bolsa Família: como funciona*. <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data3/data-explorer.php>
- Ceddia, M. G. (2019). The impact of income, land, and wealth inequality on agricultural expansion in Latin America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(7), 2527-2532. <https://doi.org/10.1073/pnas.1814894116>
- Chakravart, S. R. (2009). *Inequality, polarization and poverty*. Springer.
- Chomitz, K., Buys, P., De Luca, G. D., Thomas, T. & Wertz-Kanounnikoff, S. (2007). *At loggerheads? Agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests*. World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/223221468320336327/pdf/367890Loggerheads0Report.pdf>
- Côrtes, J. C. & D'Antona, Á. de O. (2014). Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 31(1), 191-210. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982014000100011>
- Cuaresma, J. C., Danylo, O., Fritz, S., McCallum, I., Obersteiner, M., See, L. & Walsh, B. (2017). Economic development and forest cover: Evidence from satellite data. *Scientific Reports*, 7, 40678. <https://doi.org/10.1038/srep40678>
- Davidson, R. & MacKinnon, J. G. (1993). *Estimation and Inference in Econometrics*. Oxford University Press.

- Dhrifi, A., Jaziri, R. & Alnahdi, S. (2020). Does foreign direct investment and environmental degradation matter for poverty? Evidence from developing countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.09.008>
- Diniz, M. B. (2017). *Desmatamento e ausência de riqueza na Amazônia*. Paka-Tatu.
- Diniz, M. B., Diniz, M. J. T., Silva, A. B. d. & Simões, J. E. M. (2018). Dinâmica de curto prazo do desmatamento da Amazônia Legal: análise do papel das políticas públicas no período de 2000 a 2010. *Economia Aplicada*, 22(4), 177-206. <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea141292>
- Diniz, M. B., Oliveira Junior, J. N., Trompieri Neto, N. & Diniz, M. J. T. (2009). 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*, 19(1), 121-151. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100006>
- Durbin, J. (1954). Errors in variables. *Revue de l'Institut International de Statistique*, 22(1/3), 23-32. <https://doi.org/10.2307/1401917>
- Durbin, J. & Watson, G. S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression: I. *Biometrika*, 37(3/4), 409-428. <https://doi.org/10.2307/2332391>
- Ferraro, P. J. & Simorangkir, R. (2020). Conditional cash transfers to alleviate poverty also reduced deforestation in Indonesia. *Science Advances*, 6(24), eaaz1298. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz1298>
- Fisher, R. J., Maginnis, S., Jackson, W. J., Barrow, E. & Jeanrenaud, S. (2005). *Poverty and conservation: Landscapes, people and power*. IUCN [International Union for Conservation of Nature and Natural Resources]. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/FR-LL-002.pdf>
- Gazoni, J. L. & Mota, J. A. (2010). Fatores político-econômicos do desmatamento na Amazônia Oriental. *Sustainability in Debate*, 1(1), 25-42. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v1n1.2010.728>
- Geist, H. J. & Lambin, E. F. (2001). *What drives deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence*. University of Louvain.
- Gujarati, D. (2003). *Basic econometrics*. McGraw-Hill.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Hansen, L. P. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054. <https://doi.org/10.2307/1912775>
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (1979). *Censo Agropecuário 1975. Resultados Definitivos*. IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2011). *Censo Agropecuário 2006. Segunda apuração*. IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2019). *Censo Agropecuário 2017. Resultados Definitivos*. IBGE.
- Instituto Escolhas. (2023). *A privação econômica é um determinante do desmatamento no Brasil?* Relatório Técnico. https://dssbr.ensp.fiocruz.br/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Tecnico_Desmatamento-e-Pobreza.pdf

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE]. (2020). *Projeto PRODES, Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. <http://dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>
- Jehan, S. & Umana, A. (2003). The environment-poverty nexus. *Development Policy Journal*, 3, 53-70. https://sarpn.org/documents/d0000349/UNDP_Report_5.pdf
- Jevons, W. S. (1865). *The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*. Macmillan and Co.
- Lee, C.-F., Liang, W.-l., Lin, F.-L. & Yang, Y. (2016). Applications of simultaneous equations in finance research: methods and empirical results. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 47(4), 943-971. <https://doi.org/10.1007/s11156-015-0526-0>
- Lufumpa, C. L. (2005). The poverty-environment nexus in Africa. *African Development Review*, 17(3), 366-381. <https://doi.org/10.1111/j.1017-6772.2006.00120.x>
- Malerba, D. (2020). Poverty alleviation and local environmental degradation: an empirical analysis in Colombia. *World Development*, 127, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104776>
- Margulis, S. (2003). *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. Banco Mundial. <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/10D00567.pdf>
- Markandya, A. (2001). Poverty alleviation and sustainable development: Implications for the management of natural capital. *The World Bank Workshop on Poverty and Sustainable Development*, Ottawa. https://www.iisd.org/system/files/publications/pe_markandya_presentation.pdf
- Miyamoto, M. (2020). Poverty Reduction Saves Forests Sustainably: Lessons for Deforestation Policies. *World Development*, 127, 104746. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104746>
- Miyamoto, M., Mamat, M. P., Zakaria, N. A. & Tetsuya, M. (2014). Proximate and underlying causes of forest cover change in Peninsular Malaysia. *Forest Policy and Economics*, 44, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.05.007>
- Newey, W. K. & West, K. D. (1994). Automatic lag selection in covariance matrix estimation. *The Review of Economic Studies*, 61(4), 631-653. <https://doi.org/10.2307/2297912>
- Organização das Nações Unidas [ONU] & Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento [PNUD]. (2008). *Relatório de desenvolvimento humano 2007/2008. Combater as alterações climáticas: solidariedade humana em um mundo dividido*. Coimbra. https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_desenvolvimento_humano_2007_2008.pdf
- Pagan, A. R. & Hall, A. D. (1983). Diagnostic tests as residual analysis. *Econometric Reviews*, 2(2), 159-218. <https://doi.org/10.1080/07311768308800039>
- Pearce, D. & Barbier, E. B. (2000). *Blueprint for a sustainable economy*. Earthscan Publications Ltd.
- Pesaran, M. H. & Taylor, L. W. (1999). Diagnostics for IV Regressions. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(2), 255-281. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.00128>
- Pfaff, A., Kerr, S., Cavatassi, R., Davis, B., Lipper, L., Sanches, A. & Timmins, J. (2008). Effects of poverty on deforestation. Distinguishing behaviour from location. Em R. B. Dellink & A. Ruijs (Eds.), *Economics of poverty, environment and natural resources use* (pp. 101-115). Springer.
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento [PNUD]. (2010). *Banco de dados*. <https://www.undp.org/pt/brazil/desenvolvimento-humano/dados-brasil>

- Rizk, R. & Slimane, M. B. (2018). Modelling the relationship between poverty, environment, and institutions: a panel data study. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 31459-31473. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3051-6>
- Ronningstad, S. H. & Jelsness, T. S. (2020). *Poverty alleviation and deforestation in Brazil: empirical evidence from the Bolsa Escola/familia program: A difference-in-difference analysis of how increased income affects deforestation in Brazilian municipalities*. Master Thesis, Norwegian School of Economics Bergen. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/2680803>
- Rosero-Bixby, L. & Palloni, A. (1998). Population and deforestation in Costa Rica. *Population and Environment*, 20(2), 149-185. https://ccp.ucr.ac.cr/documentos/portallpublicaciones/Articulos_cientificos/lrosero-population_deforestationCR.pdf
- Ruud, P. A. (2000). *An introduction to classical econometric theory*. Oxford University Press.
- Souza, C. M., Siqueira, J. V., Sales, M. H., Fonseca, A. V., Ribeiro, J. G., Numata, I., Cochrane, M. A., Barber, C. P., Roberts, D. A. & Barlow, J. (2013). Ten-year landsat classification of deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 5(11), 5493-5513. <https://doi.org/10.3390/rs5115493>
- Staiger, D. & Stock, J. H. (1997). Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica*, 65(3), 557-586. <https://doi.org/10.2307/2171753>
- Stock, J. H. & Yogo, M. (2005). Testing for weak instruments in linear iv regression. Em D. W. K. Andrews (Ed.), *Identification and inference for econometric models* (pp. 80-108). Cambridge University Press.
- Sunderlin, W. D., Angelsen, A., Belcher, B., Burgers, P., Nasi, R., Santoso, L. & Wunder, S. (2005). Livelihoods, forests, and conservation in developing countries: An overview. *World Development*, 33(9), 1383-1402. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.004>
- Ullah, S., Israr, M. & Khattak, S. W. (2022). Poverty and deforestation nexus: An economic analysis of cause and effect relationship in Malakand Division, Pakistan. *Journal of Humanities, Social and Management Sciences*, 3(1), 397-414. <https://doi.org/10.47264/idea.jhsmis/3.1.28>
- Vaughan, A. (2022). Amazon deforestation. *New Scientist*, 254(3386), 7. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(22\)00821-1](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(22)00821-1)
- Wolf, R. (2021). *Assessing the impacts of labour skill improvement in Bolsa Família Program beneficiaries: A computable general equilibrium model analysis*. D.Sc. Thesis, Universidade Federal de Viçosa.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross-section and panel data*. The MIT Press.
- World Bank. (1992). *Development and Environment*. World Development Report. Oxford University Press.
- World Commission on Environment and Development [WCED]. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Wu, D. M. (1974). Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances: Finite sample results. *Econometrica*, 42(3), 529-546. <https://doi.org/10.2307/1911789>
- Zwane, A. P. (2007). Does poverty constrain deforestation? Econometric evidence from Peru. *Journal of Development Economics*, 84(1), 330-349. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.11.007>