Revista Brasileira de Geografia Física

ISSN:1984-2295

Homepage:https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe

Análise Geográfica da Fronteira do Desmatamento na Amazônia Brasileira

Fernanda Jaqueline Lopes[1], Valdir Adilson Steinke[2]

[1] Me. em Ciências Contábeis, doutoranda em Geografia, professora efetiva do Departamento de Ciências Contábeis da Universidade de Brasília, *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, FACE, Brasília-DF, 70910-900, E-mail: prof.fernanda.unb@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8233-1409

[2] Dr. em Ecologia, professor Associado do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte, Subsolos, Módulo 23, Brasília-DF, 70910-900. E-mail: valdirsteinke@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8738-6975

Artigo recebido em 06/10/2023 e aceito em 03/06/2024

R E S U M O

Este estudo teve como objetivo avaliar a fronteira de desmatamento de 70 municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira entre 2010 e 2020. Além do objetivo principal, foi examinado, de forma exploratória, as variações percentuais entre as variáveis desmatamento, PIB *per capita* e IDHM de cada município da amostra buscando encontrar possíveis relações entre elas. Como resultado, para a amostra em questão, mais de 80% dos municípios possuem fronteiras intermediárias, sendo suas áreas progressivamente desmatadas. Em relação à análise dos indicadores, percebe-se que o aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios. Os municípios que mais desmataram foram os que apresentaram os menores valores de PIB per capita e IDHM, indicando que a situação econômica e social destas localidades não apresentou melhoras.

Palavras-chave**:** Desflorestamento. Floresta Tropical. Arco do Desmatamento. PIB per capita. IDHM.

Geographic Analysis of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon

A B S T R A C T

This study aimed to evaluate the deforestation frontier of 70 municipalities that make up the deforestation arc in the Brazilian Amazon between 2010 and 2020. In addition to the main objective, it was examined, in an exploratory way, the percentage variations between the variables deforestation, PIB per capita and IDHM of each municipality in the sample, seeking to find possible relationships between them. As a result, for the sample in question, more than 80% of the municipalities have intermediate borders, and their areas are progressively deforested. Regarding the analysis of the indicators, it is clear that the increase in deforestation, caused by the expansion of areas destined for agriculture and livestock, was not accompanied by an increase in the capacity to generate wealth in those municipalities. The municipalities that deforested the most were those with the lowest values of PIB *per capita* and IDH, indicating that the economic and social situation of these localities did not show improvements.

Keywords: Clearing trees, Tropical Forest, Arch of Deforestation, PIB per capita, IDHM.

Introdução

As mudanças no território brasileiro e na região amazônica, causadas por diversas ações humanas, são constantes. Essas transformações resultam dos padrões espaciais de uso da terra, que se modificam ao longo do tempo e provocam alterações na cobertura vegetal. Estudos como os de Soares Filho, Cerqueira e Pennachin (2002), Serra e Oliveira (2020) e Montalván-Burbano (2021) ressaltam a complexidade e a interconexão dos fatores que influenciam a transformação territorial, evidenciando a necessidade de políticas de uso da terra mais sustentáveis e eficazes.

A exploração ilegal de madeira, a atividade mineradora, a criação de estradas e suas posteriores pavimentações, provocam mudanças significativas na paisagem e nas organizações urbanas no ambiente. A exploração ilegal de madeira, por exemplo, não apenas resulta na perda de cobertura florestal, mas também na degradação de habitats naturais e na redução da biodiversidade. A atividade mineradora contribui para a

contaminação de solos e cursos d'água, além de gerar impactos visuais negativos e alterações na topografia local. As estradas, por sua vez, facilitam o acesso a áreas remotas, promovendo a expansão urbana e agrícola, mas também fragmentando habitats e facilitando a entrada de agentes perturbadores.

Assim, o espaço geográfico sofre modificações por meio dessas distintas relações existentes entre a paisagem originária e as ações antrópicas resultantes das interações combinadas entre fatores de cunho econômico, político, cultural e tecnológico. Esses elementos definem, de modo geral, as paisagens antropogênicas, ou seja, aquelas moldadas pelas atividades humanas. Schellnhuber (1999) discute a importância de compreender essas interações para melhor gerenciar os impactos ambientais. Steffen et al. (2004, 2011, 2016) exploram como a acelerada transformação das paisagens naturais, impulsionada pela globalização e pelo desenvolvimento tecnológico, tem contribuído para a crise ambiental contemporânea.

Waters et al. (2016) analisam a proposta do Antropoceno, uma nova época geológica caracterizada pela influência dominante dos seres humanos nos processos terrestres, enquanto Ellis e Haff (2009) e Ellis (2011, 2015) argumentam que a gestão sustentável das paisagens antropogênicas requer uma integração das ciências naturais e sociais. Ellis et al. (2016) destacam a necessidade de novas abordagens políticas e institucionais para lidar com os desafios ambientais globais. Young (2015) enfatiza a importância da participação comunitária na gestão ambiental, enquanto Steinke et al. (2022) e Gabriele (2023) discutem casos específicos de intervenções bem-sucedidas em diferentes regiões.

Coppola e D'Ambrosio (2024) verificaram os impactos socioeconômicos das mudanças paisagísticas, destacando a importância de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável. Danelon e Barcelos (2023) investigam as dinâmicas regionais e locais das transformações ambientais, propondo estratégias para a conservação dos ecossistemas e a mitigação dos impactos das atividades humanas.

Esses estudos enfatizam a complexidade e a multidimensionalidade das paisagens antropogênicas, ressaltando a necessidade de uma abordagem integrada e holística para a gestão dos recursos naturais.

As características dos municípios brasileiros são distintas. Essa pluralidade se relaciona com fatores como posição geográfica, dimensão demográfica, origem e desenvolvimento econômico e cada qual cumpre papéis distintos dentro das redes urbanas. A economia dos municípios Amazonenses, segundo Schneider et al. (2000), tendem a seguir o ciclo econômico "*boom*-colapso" em que nos primeiros anos ocorre um crescimento rápido, chamado de *boom*, seguido de um declínio acentuado na renda e emprego, aparecendo então o colapso. Esta segunda parte depende da capacidade ou não do município em substituir a economia madeireira pela economia agrícola que tenha capacidade em gerar empregos e renda nos níveis anteriores. Neste sentido, a não atuação governamental incentiva o avanço das fronteiras de exploração desta natureza (*boom*) e não permite a criação e instalação de comunidades e economias sustentáveis. Para tanto, a atuação do governo, conciliando os interesses sociais (curto e longo prazo) e dos diversos atores da sociedade em escalas local, estadual, nacional e global é fundamental para a qualidade do desenvolvimento econômico sustentável na Amazônia (Rodrigues et al., 2016; Melo et al., 2018; De Freitas e Lima, 2020; Coelho e Gontijo, 2022). Cabe ressaltar também que, a compreensão das diversas interações que ocorrem no meio ambiente e social e suas consequências é crucial para promover um equilíbrio entre desenvolvimento humano e preservação ambiental, garantindo a sustentabilidade das paisagens para as futuras gerações. Sendo assim, apenas através de um esforço conjunto e multidisciplinar será possível mitigar os impactos negativos das ações humanas e garantir um futuro mais equilibrado para o território brasileiro e a região amazônica.

Os municípios da Amazônia, segundo Rodrigues et al. (2009), encontram-se em estágios diferentes do desmatamento ao longo de suas fronteiras. Não diferente, os aspectos relacionados a riqueza gerada economicamente e ao desenvolvimento humano (expectativa de vida e alfabetização) sofrem variações à medida que os estágios do desmatamento avançam, ou seja, aumenta quando o desmatamento começa e reduz com a evolução da fronteira tendo que os níveis do início e fim são igualmente baixos (Rodrigues et al., 2009).

Considerando a temática aqui citada, esta pesquisa teve como objetivo central verificar como está a fronteira do desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2010 a 2020. Além do objetivo principal, foi examinada, para esta mesma amostra, se há relação entre o desmatamento, Produto Interno Bruto per capita (PIB per capita) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

Há vários aspectos que evidenciam a importância da floresta Amazônica, como a regulação de ciclos biogeoquímicos, a modulação do clima e a conservação da biodiversidade. Ela atua como um sumidouro de carbono, desempenhando um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas globais ao absorver grandes quantidades de dióxido de carbono da atmosfera. Além disso, é um reservatório de recursos genéticos inestimáveis, que podem ser essenciais para a medicina, agricultura e outros setores.

A biodiversidade da Amazônia é excepcional, abrigando milhares de espécies de plantas, animais e microorganismos, muitas das quais ainda não foram descritas pela ciência. Este ecossistema complexo sustenta não apenas a vida selvagem, mas também milhões de pessoas, incluindo comunidades indígenas que dependem diretamente dos recursos florestais para sua sobrevivência e manutenção de suas culturas tradicionais.

Dada sua importância multifacetada, a Amazônia tem sido o foco de inúmeras pesquisas científicas. Estudos como os de Soares Filho, Cerqueira e Pennachin (2002) e Soares Filho et al. (2005) exploram os mecanismos e impactos do desmatamento, utilizando modelos espaciais para prever futuras mudanças na cobertura florestal. Asner et al. (2005) e Garcia, Soares Filho e Sawyer (2007) utilizam tecnologias de sensoriamento remoto para monitorar a extensão e a dinâmica do desmatamento, enquanto Broadbent et al. (2008) e Rudel et al. (2009) investigam as causas subjacentes e os padrões espaciais dessa degradação ambiental.

Pesquisas como as de Loarie, Asner e Field (2009) e Asner e Alencar (2010) avaliam o impacto das mudanças de uso da terra sobre a biodiversidade e o clima regional, destacando a interconexão entre desmatamento e eventos climáticos extremos. Hahn et al. (2014) e Miranda et al. (2016) focam nos efeitos das áreas protegidas e das políticas de conservação na mitigação do desmatamento, enquanto Lima et al. (2018) e Anderson, Asner e Lambin (2019) examinam os impactos socioeconômicos dessas práticas.

Thaler, Viana e Toni (2019) e Siqueira-Gay et al. (2020) analisam a influência das fronteiras agrícolas e das infraestruturas de transporte na expansão do desmatamento, enfatizando a necessidade de uma gestão territorial integrada. Leite Filho et al. (2021) e Oliveira et al. (2021) estudam os efeitos do desmatamento como vetores de enfermidades, ligando a degradação florestal à saúde pública. Pacheco et al. (2021) e Covey (2021) discutem a emissão de carbono resultante da destruição florestal e suas implicações globais, enquanto Borma (2022) destaca o papel das comunidades locais na conservação da floresta. Esses trabalhos coletivamente sublinham a complexidade das dinâmicas ecológicas, sociais e econômicas na Amazônia, ressaltando a necessidade de abordagens interdisciplinares e políticas públicas robustas para assegurar a sustentabilidade deste ecossistema vital. A conservação da Amazônia é essencial não apenas para o Brasil, mas para o equilíbrio ambiental do planeta como um todo.

Entre as pesquisas que fazem uso de metodologias que buscam testar a causalidade entre variáveis distintas, se pode citar os resultados apresentados por: Chiou-wei, Chen, Zhu (2008); Pao e Tsai (2011); Aydin (2018); Pradhan, Arvin, Bahmani (2018); Mcgraw, Barnes (2018); Li, Zhang, Yuan (2019); Zhao, Wen, Wang (2020); Antonietti, Franco (2021).

Os autores Pao e Tsai (2011), por exemplo, analisaram o impacto do crescimento econômico e do desenvolvimento financeiro na degradação ambiental e obtiveram como resultado a indicação de uma significativa causalidade bidirecional. Já Chiou-wei, Chen e Zhu (2008) verificaram a relação entre o consumo de energia e o crescimento econômico para uma amostra de países asiáticos recém industrializados e os EUA. Aydin (2018) utilizou a comparação entre o consumo de energia de gás natural e o crescimento econômico para os principais países consumidores, demonstrando, que há uma relação de longo prazo entre essas variáveis.

Neste contexto, a presente pesquisa reveste-se de grande relevância, dado que inexistem estudos que adotem esta abordagem específica para o grupo de municípios listados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) dentro deste recorte territorial. A obtenção de um panorama detalhado das fronteiras de desmatamento pode ser crucial para a eficácia dos programas governamentais destinados ao combate ao desmatamento e à recuperação ambiental de áreas degradadas.

Dessa forma, avaliar as possíveis correlações entre os indicadores de PIB per capita e IDHM com o desmatamento pode fornecer uma análise mais ampla e acurada da área em questão. A hipótese central desta investigação postula que municípios com maiores valores de PIB per capita e IDHM apresentam taxas de desmatamento reduzidas, em virtude de uma maior capacidade de investimento em tecnologias sustentáveis e na implementação de políticas ambientais eficazes. A confirmação desta hipótese poderá oferecer

insights valiosos sobre como o desenvolvimento econômico e social influencia a preservação ambiental, orientando a formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável e políticas públicas que conciliem crescimento econômico e conservação dos recursos naturais.

Materiais e métodos

Amazônia Legal e Arco do Desmatamento

A região geoeconômica do Brasil, denominada como Região Norte (Figura 1-A) é notadamente rica em biodiversidade por abarcar a maior floresta tropical do mundo e um dos maiores patrimônios biológicos do planeta (Malhi et al., 2008). Em termos de área é a maior região do Brasil com aproximadamente 3,8 mi km² e possuí a menor densidade demográfica, com 4,11 habitantes por km², considerando a estimativa populacional de 2021 (IBGE, 2021).

Em 1953, com a Lei 1.806 foi criada a Amazônia Legal (Figura 1-B) com o intuito de planejar e promover o desenvolvimento econômico e social da região amazônica (estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins) que apresentam características semelhantes entre si, mas distintas em comparação com outros estados brasileiros. Abrange uma área de 59% do território brasileiro e 772 municípios dos quais 52 se destacam por apresentarem altos índices de desmatamento.

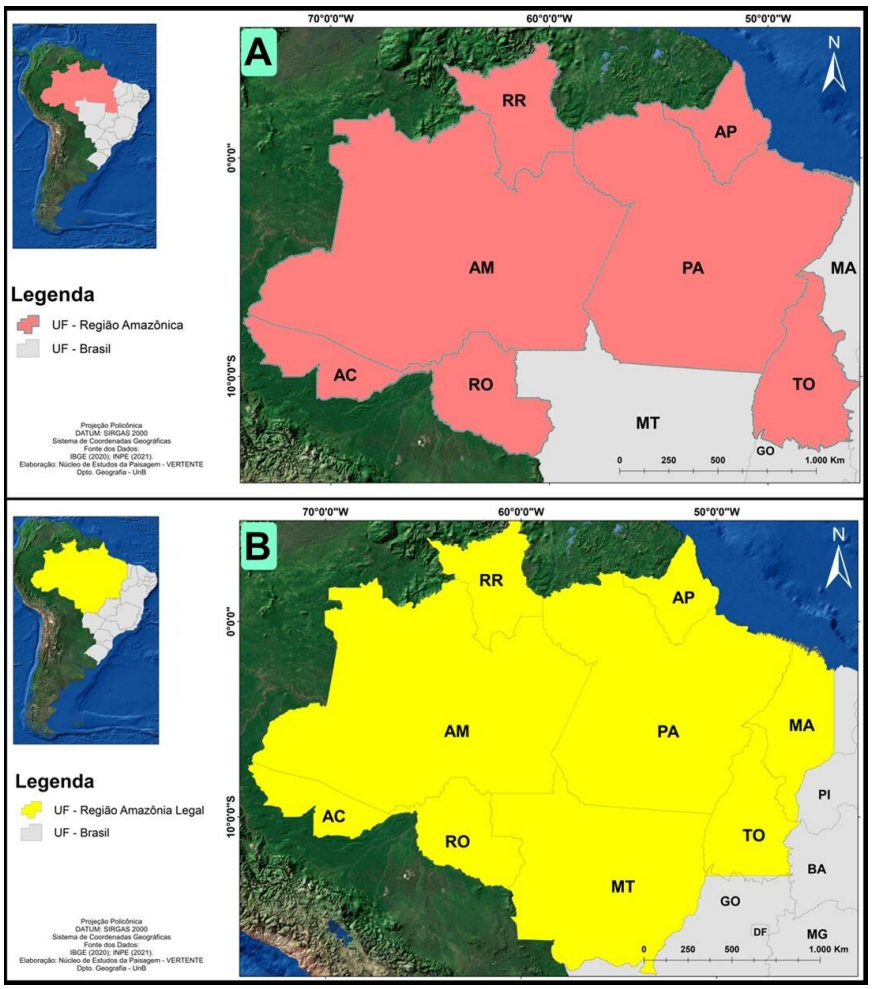

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. Em A) Região geoeconômica da Amazônia e em B) Região da Amazônia Legal. Fonte: Os Autores a partir de dados do IBGE (2020) e INPE (2021).

A integração econômica da região ao restante do país ocorreu em virtude da execução de projetos de infraestrutura (construção de rodovias, usinas hidrelétricas, portos e ferrovias), o que permitiu a partir da colonização rural e concretização de grandes empreendimentos agrícolas que houvesse o crescimento da população, economia e em consequência do desmatamento (Fearside, 2008; Domingues et al., 2020; Feng et al., 2022). Segundo Amaral e Smeraldi (2010) regiões com topografia plana e que possuem fronteiras agrícolas consolidadas que permitem acesso a infraestrutura, o desmatamento tende a ser maior.

Estas transformações provocadas gradualmente na floresta amazônica, em

detrimento de sua ocupação e desenvolvimento, apresenta um formato de um grande arco que se estende desde o extremo oeste do Estado do Acre, sul do Amazonas e Pará, Norte de Rondônia e Mato Grosso até a divisa do Pará com os Estados do Tocantins e Maranhão.

Conhecida como Arco do Desmatamento (AD) esta área foi definida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no início da década de 1990, com o mapeamento dos municípios com maiores atividades de desmatamento. Nessa época, havia uma concentração de 75% do desmatamento na Amazônia no AD e reflete a expansão da fronteira agrícola, da pecuária e da exploração madeireira e caça (Gomez et al., 2015; e Malhi et al., 2008).

Os padrões temporais e espaciais das atividades de desmatamento não possuem uma distribuição homogênea dentro do arco e se apresenta como um fenômeno cíclico (períodos de aumento e redução) (Gomez et al., 2015). Nas décadas de 1970 e 1980, por exemplo, ocorreram aumentos nas taxas de desmatamento na região em virtude das atividades de mineração, extração madeireira, expansão de pequenos agricultores (Thaler, Viana e toni, 2019) e a expansão do cultivo de soja e da pecuária industrial (Rudel et al., 2009).

Após 2004, as taxas apresentaram uma redução expressiva, devido a adoção de medidas de governança ambiental (Nepstad et al., 2014), criação de áreas novas áreas de conservação e territórios indígenas, aplicação do novo Código Florestal Brasileiro.

O menor valor de desmatamento ocorreu em 2012, mesmo com a produção agrícola em crescimento (Macedo et al., 2012). Até 2021, segundo dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite - PRODES para a Amazônia Legal, as taxas de desmatamento aumentaram, porém em escala menor em comparação com períodos anteriores, mas a economia agrícola continua a se intensificar (Pacheco e Poccard-Chapuis, 2012; Zu Ermgassen et al., 2018).

Principais marcos legais e programas governamentais na região amazônica

É vasto o volume dos dispositivos legais relacionados ao tema. Na esfera federal tem-se o Decreto nº 6.321/2007, Lei de proteção da Vegetação Nativa Brasileira (NVP - Lei nº 12.187/2009), Lei nº12.651/12 (Novo Código Florestal Brasileiro - CFB), NBC T 15 e NBC TE e PPCDAm (Plano Nacional de prevenção e controle do desmatamento na Amazônia). Em relação a essas normas nacionais, elas se referem a ações de prevenção, controle e desmatamento, mudanças do clima, código florestal, procedimentos para evidenciação de informações de cunho ambiental e social e um plano voltado para redução das taxas de desmatamento baseado no ordenamento fundiário e territorial, monitoramento, controle ambiental e fomento às atividades de produção sustentáveis.

Nas esferas estaduais, todos os estados dessa região apresentam dispositivos legais que tratam sobre programas de incentivo por serviços ambientais e produtos ecossistêmicos e planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas. Porém, para que sejam efetivos esses programas direcionados à recuperação ambiental faz-se necessário a ação conjunta de quatro fatores: vontade política, incentivo governamental, participação dos proprietários e das organizações de apoio e fomento ao meio ambiente.

Considerando que os pequenos proprietários detêm a maior parte dos imóveis no Brasil, Pires-Luiz e Steinke (2019), explicitam a necessidade de apoio técnico e financeiro a esse perfil de produtor rural para viabilizar o sucesso da recuperação ambiental, sendo necessário a presença de mecanismos governamentais que apoiem esses pequenos proprietários.

Neste sentido, a redução da degradação ambiental pode ser alcançada por meio da utilização de mecanismos trazidos pela nova versão do Código Florestal Brasileiro, já que são lançadas ferramentas como o CAR que permitem analisar e validar as informações prestadas pelos proprietários por meio de ferramentas de geoprocessamento, possibilitando análise macro das propriedades do país quanto a regularidade dos imóveis. Se tratando do desmatamento ilegal, segundo Pires-Luiz e Steinke (2019), o CAR pode contribuir para a redução dessa atividade, já que a existência de um banco de dados nacional que contenha a declaração dos limites de propriedades viabiliza a vinculação do desmatamento a proprietários específicos.

O comportamento dos proprietários de terras quanto a aplicabilidade legal oscila em função das revisões da legislação e as frequentes mudanças de política. Sendo assim, de acordo com Pacheco et al. (2021), é importante que órgãos ambientais de controle e fiscalização exerçam seus papéis e que os agricultores também busquem se envolver no processo de conformidade, buscando compreender os benefícios que a conservação pode trazer para suas propriedades.

Teoria da fronteira e a governança

A transição amazônica é descrita como uma ecologia e a fronteira denota a borda de um sistema e uma zona de contato (Nepstad et al., 2002). Embora o termo seja usado em várias abordagens diferentes (fronteiras de commodities, recursos, fronteira de governança etc.), para esta região há que se considerar duas perspectivas de fronteira, sendo: A) Fronteira de desmatamento e B) Fronteira de intensificação (Thaler, Viana e Toni, 2019).

A primeira caracteriza-se pela floresta desmatada principalmente para pastagens extensivas de gado, com baixas taxas de lotação (Pacheco e Poccard-Chapuis, 2012); (Lustosa Filho et al., 2024). Já a segunda se relaciona a pecuária intensiva e o cultivo industrial da soja que se expande pelas áreas já desmatadas, com altos níveis de produtividade agrícola e investimentos de capital (Arvor et al., 2012); (De Melo Benites et al., 2023). Nesta dinâmica, Thaler, Viana e Toni (2019) citam que o desmatamento em um momento inicial atua como uma fronteira extensiva e posteriormente, frente a intensificação e investimentos na área, ela se caracteriza por uma fronteira intensiva.

A expansão e contração dos sistemas político-econômicos particulares de produção rural são responsáveis pelas mudanças que ocorrem nas fronteiras. Nesta perspectiva, Thaler, Viana e Toni (2019) citam duas teorias da fronteira político-econômica sendo uma estruturalista e a outra pós-estruturalista.

A primeira possui ênfase nas dimensões políticas do desenvolvimento da fronteira em que a Amazônia é percebida como uma contínua periferia que experimenta ciclos extrativos contínuos de subdesenvolvimento. Enquanto partes da região podem apresentar desenvolvimento industrial a fronteira de desmatamento é empurrada para o interior.

Já a teoria pós estruturalista tem ênfase em múltiplas dimensões como uso da terra, instituições políticas e narrativas culturais. Aqui a paisagem amazônica é percebida como algo mais variável e as fronteiras surgem e são moldadas em detrimento das relações socioecológicas considerando diferentes escalas temporais e espaciais.

A governança tem como significado o ato de governar, ou seja, exercício da autoridade por diferentes figuras, como organizações intergovernamentais, não governamentais e corporações em contraponto com o 'governo' que atuam como autoridade pelo estado. Se tratando de assuntos relacionados ao meio ambiente, tem-se a governança ambiental que busca melhorar a gestão ambiental (Dietz, Ostrom & Stern, 2003) e em uma escala multinível ela explora como diferentes instituições e atores se relacionam em níveis e escalas para determinar a mudança ambiental (Ravikumar et al., 2015).

Na perspectiva da Amazônia brasileira, a governança ambiental busca visualizar como as políticas em suas diversas escalas e níveis interagem buscando redução do desmatamento conectando as intervenções como Moratória da Soja, Acordo do Gado e Desmatamento Zero com políticas municipais, estaduais e federais para criação e proteção de áreas, regularização fundiária e então aplicação do Código Florestal (Nepstad et al., 2014).

Sendo assim, estudos sobre governança nesta região, trazem que os pecuaristas e produtores de soja usam o cumprimento de algumas regulamentações com intuito de aperfeiçoar suas respectivas credenciais ambientais e então legitimar a expansão do agronegócio (Azevedo et al., 2017; Brannstrom, 2009).

Seguindo esta temática, trabalhos como os de Rodrigues et al. (2009) e Tritscha e Arvor (2016) tratam dessa temática de fronteira e governança de fronteira. Rodrigues et al. (2009) investigaram como o desenvolvimento humano varia ao longo da fronteira de desmatamento. Como resultados, não foi possível visualizar uma melhora nos municípios que desmataram suas florestas em relação àqueles que não o fizeram e destacaram que o desafio está em como garantir que o desenvolvimento futuro seja sustentado equilibrando bem-estar humano e conservação da natureza e serviços que a natureza oferece.

Tritscha e Arvor (2016) buscaram testar se o aumento do desenvolvimento socioeconômico associado à diminuição da atividade de desmatamento enfatiza mudanças profundas na fronteira de uso da terra e atesta o surgimento de uma curva ambiental de kuznets (EKC). Os autores verificaram que áreas com desmatamento ativo em 2010 apresentaram indicadores socioeconômicos mais baixos do que áreas estabilizadas, o que indica a precariedade da situação econômica das áreas que ainda apresentam desmatamento ativo.

O espaço amazônico ocupado pela pecuária especulativa e extrativista e a agricultura familiar é contencioso e violento. Em diversos momentos o Estado se faz ausente no território, contudo é importante ressaltar que a economia extensiva foi estruturada tendo como base as relações político-econômicas em que grandes proprietários de terra exercem o patrocínio e a autoridade para extraírem recursos com auxílio de políticas fiscais estaduais e incentivos fiscais e distribuição de terras (Thaler, Viana e Toni, 2019).

Há também movimentos sociais que têm impedido a conversão de grandes áreas de floresta, principalmente pela criação de unidades de conservação e territórios indígenas.

Sob essas perspectivas, considerando as teorias da fronteira e da governança, Thaler, Viana e Toni (2019) propuseram o conceito de fronteira de governança a qual busca capturar as relações espaciais particulares através das quais as formações de governança se expandem e desenvolvem sendo um componente da fronteira político econômica intensiva multidimensional. Sendo assim, a governança se torna um produto das interações entre o governo, organizações pecuaristas e de agricultores, organizações não governamentais (ONGs), movimentos sociais e corporações.

Amostra

A amostra é composta por 70 municípios brasileiros localizados nos estados do Acre (2), Amazonas (6), Maranhão (2), Mato Grosso (24), Pará (27), Rondônia (7) e Roraima (2), todos situados no arco do desmatamento na Amazônia. A escolha se deu por meio do documento divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2021, o qual edita e atualiza uma listagem de municípios prioritários (52) e com desmatamento monitorado e sob controle (18) (Decreto 6.321/2007). A inclusão nesta listagem se dá a partir da dinâmica histórica do desmatamento verificada pelo INPE com base nos critérios: I- área total desmatada; II – área total de floresta desmatada nos últimos três anos, e III- aumento da taxa de desmatamento em pelo menos três, dos últimos cinco anos.

O quadro 1, abaixo, juntamente com a figura 2, mostram a localização e os municípios que compõem a amostra.

Quadro 1 - Municípios Prioritários e Monitorados

	UF	Município		UF	Município		UF	Município		UF	Município
1	AC.	Feijó	19	MT.	Marcelândia	37	PA.	Itaituba	55	MT.	Vila Rica
2	AC.	Sena Madureira	20	MT.	Querência	38	PA.	Placas	56	MT.	São Félix do Araguaia
3	AM.	Lábrea	21	MT.	Juara	39	PA.	Uruará	57	MT.	Porto dos Gaúchos
4	AM.	Boca do Acre	22	MT.	Feliz Natal	40	PA.	Jacareacanga	58	MT.	Nova Ubiratã
5	AM	Apuí	23	MT.	Cláudia	41	PA.	Medicilândia	59	MT.	Confresa
6	AM.	Manicoré	24	MT.	Peixoto de Azevedo	42	PA.	Rurópolis	60	MT.	Tapurah
7	AM.	Novo Aripuanã	25	PA.	São Félix do Xingu	43	PA.	Trairão	61	MT.	Santa Carmem
8	AM.	Humaitá	26	PA.	Novo Repartimento	44	RO.	Porto Velho	62	MT.	Alto Boa Vista
9	MA.	Amarante do Maranhão	27	PA.	Novo Progresso	45	RO.	Pimenta Bueno	63	PA.	Ulianópolis
10	MA.	Grajaú	28	PA.	Cumaru do Norte	46	RO.	Nova Mamoré	64	PA.	Sta Mª das Barreiras
11	MT.	Paranaíta	29	PA.	Altamira	47	RO.	Machadinho D'oeste	65	PA.	Santana do Araguaia
12	MT.	Nova Maringá	30	PA.	Pacajá	48	RO.	Buritis	66	PA.	Paragominas
13	MT.	Nova Bandeirantes	31	PA.	Marabá	49	RO.	Candeias do Jamari	67	PA.	Dom Eliseu
14	MT.	Juína	32	PA.	Itupiranga	50	RO.	Cujubim	68	PA.	Brasil Novo
15	MT.	Gaúcha do Norte	33	PA.	Moju	51	RR.	Mucajaí	69	PA.	Tailândia
16	MT.	Cotriguaçu	34	PA.	Senador José Porfírio	52	RR.	Rorainópolis	70	PA.	Rondon do Pará
17	MT.	Colniza	35	PA.	Anapu	53	MT.	Brasnorte			
18	MT.	Aripuanã	36	PA.	Portel	54	MT.	Alta Floresta			

Fonte: Brasil, 2021.

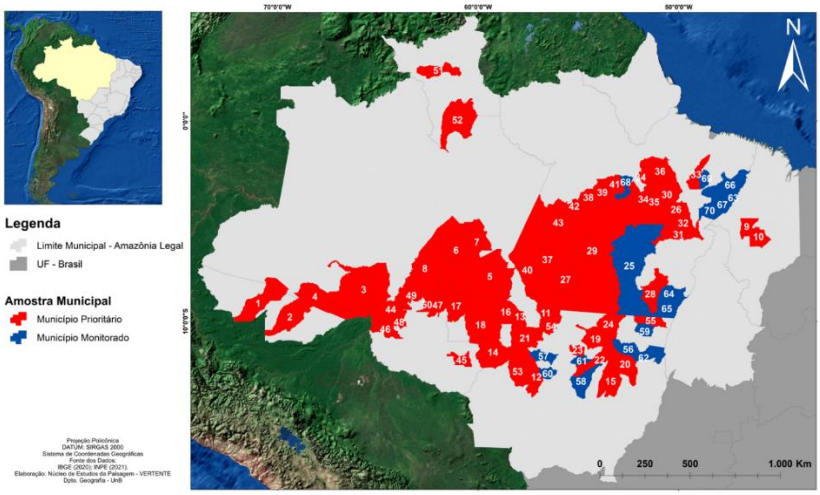

Figura 2 - Municípios prioritários e monitorados

É importante ressaltar que cada município da amostra possui suas particularidades e características próprias, como por exemplo tamanho (área), posição geográfica em relação aos demais municípios do estado, infraestrutura disponível ao redor da localidade como estradas e rodovias.

Método

Este estudo é exploratório e descritivo e tem como objetivo principal verificar como está a fronteira do desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2010 a 2020. Para contribuir com o objetivo principal, foi examinada, para esta mesma amostra, se há relação entre o desmatamento e as variáveis PIB per capita e o IDHM.

Para a escolha do período de análise neste trabalho (2010 a 2020) foi levado em consideração a disponibilidade de dados até o momento do desenvolvimento da pesquisa além de que trabalhos anteriores abrangiam períodos posteriores a 2010. A escolha dos indicadores PIB per capita e IDHM foi intencional considerando a relevância deles como medida do crescimento da economia e grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida daquelas localidades, respectivamente. Também foi levado em consideração a disponibilidade de dados para os municípios desta região.

Para operacionalização do presente estudo serão tratados abaixo os métodos utilizados para análise de cada variável a ser analisada, conforme objetivo da pesquisa.

Análise da fronteira

Na metodologia empregada por Rodrigues et al. (2009), para descrever a posição dos municípios em relação à fronteira de desmatamento, utilizaram os critérios de atividades de desmatamento e extensão do desmatamento. Isto permitiu classificar os municípios em sete classes (A a G), as quais descrevem as posições dos municípios em relação à fronteira de desmatamento do período analisado e representam os diferentes estágios do processo de expansão da fronteira em que as terras com florestas originárias são convertidas em áreas altamente antropizadas (Tritscha e Arvor, 2016). A figura 3 mostra essa classificação.

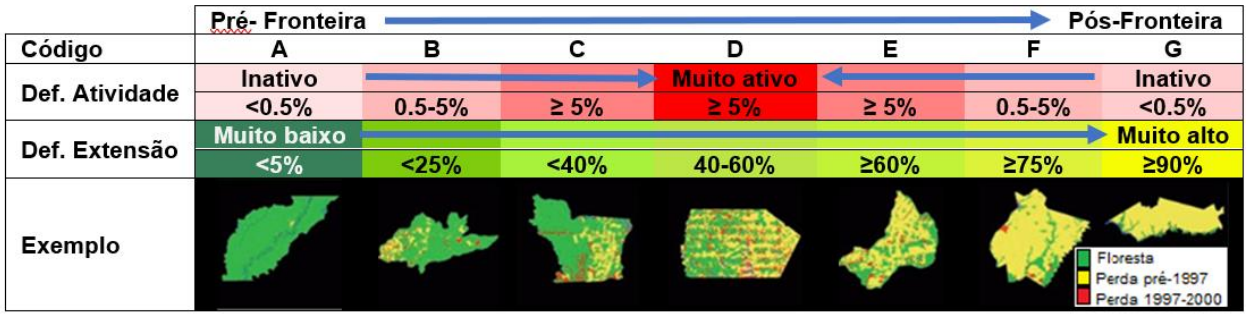

Figura 3-Classificação das classes de fronteira (A a G) de acordo com o desmatamento recente.
Fonte: Rodrigues et al. (2009).

Essas classes vão de pré-fronteira a pós fronteira, com características específicas: a) Classe A, classificada como pré-fronteira possui cobertura florestal preservada e praticamente sem desmatamento contínuo; b) Classes B, C e D, classificadas como fronteira intermediária, as áreas são progressivamente desmatadas; c) Classes D, E e F, classificadas como fronteira intermediária, há um declínio nas atividades de desmatamento, e d) Classe G, classificada como pós-fronteira, o desmatamento é intenso e praticamente inativo.

Para a análise da fronteira neste estudo realizou uma comparação entre a área total do município e o valor total desmatado até o ano de 2020 para classificá-los e então visualizar em qual estágio se encontram (pré ou pós fronteira). A partir daqui é traçada uma discussão tendo como fundamento a teoria da fronteira. Cabe ressaltar que será utilizado apenas o critério da extensão do desmatamento para esta classificação.

Assim sendo, visualizar em qual estágio de fronteira esses municípios se encontram, pode contribuir para entender algumas características muito importantes de forma a auxiliar tomadores de decisões a respeito de quais medidas devem ser tomadas para melhor conduzir os trabalhos entre crescimento econômico e preservação do meio ambiente.

Análise do desmatamento X PIB per capita X IDHM

O Produto Interno Bruto (PIB) mede o crescimento da economia e é composto pelo somatório de todos os bens e serviços finais que foram produzidos em uma área geográfica no período de um ano. Seu cálculo é feito trimestralmente levando em consideração a produção dos setores agropecuário, comércio e serviços e industrial e é obtido pela divisão entre o PIB pelo número de habitantes de um país, estado ou município.

Nesta pesquisa, foi feita uma análise descritiva comparando o PIB per capita e o desmatamento dos municípios da amostra, buscando ver se a variação percentual de um é semelhante à do outro. Para contribuir e dar maior robustez a discussão a respeito dos dados, serão utilizadas também os dados relativos à área de floresta e área da agropecuária de cada município. Neste sentido, alguns pontos serão destacados a fim de sanar alguns questionamentos: 1. Quanto maior o desmatamento maior é a riqueza gerada? 2. Em casos de maiores desmatamentos em relação ao PIB gerado, quais são as possíveis causas? 3. Nos municípios que tiveram um "baixo" desmatamento, mas apresentaram um aumento muito superior de PIB, o que isso implica? Seria uma melhoria dos métodos de cultivo e manejo da agropecuária ou extração ilegal de produtos da natureza?

O outro índice a ser utilizado é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), composto por três subindicadores: padrão de vida (Renda per capita), educação (taxa de alfabetização e matrícula escolar) e longevidade (expectativa de vida ao nascer) e é utilizado para classificar o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida dos países. De acordo com PNUD (2022), o índice varia em uma escala de 0 a 1, em que entre o intervalo de 0 – 0,499 é considerado muito baixo; de 0,500-0,599, baixo; de 0,600-0,699, médio; 0,700-0,799, alto e entre 0,800-1,000 é considerado muito alto. Assim, quanto mais próximo a 1, indica maior desenvolvimento humano.

No contexto brasileiro, de acordo com o IPEA e IBGE, o indicador segue as mesmas dimensões do IDH global, porém a metodologia foi adequada ao contexto brasileiro (IDHM) adaptando às características de cada município e as bases de dados do Censo. Sendo assim, o IDHM é mais adequado para avaliar o desenvolvimento dos municípios aumentando a possibilidade de comparabilidade entre eles. A plataforma disponível para consulta do IDHM dos municípios brasileiros é o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

Para análise, foi feita uma comparação entre os indicadores do IDHM da amostra. A partir daí é traçada uma discussão se há alguma relação entre desmatamento e desenvolvimento humano, buscando ver se os "benefícios" do desmatamento com o desenvolvimento econômico da região são refletidos no indicador IDHM.

Fontes dos dados das variáveis utilizadas

As informações sobre variáveis utilizadas neste artigo foram obtidas de fontes distintas. Os dados referentes ao desmatamento (extensão em Km²) foram retirados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Já o PIB per capita (em R$ 1.000) e IDHM foram retiradas do IBGE.

Os valores referentes a atividade agropecuária e área de floresta, foram coletados do MAPBIOMAS. Como estavam em hectares foram convertidos em Km² para fins comparativos.

Resultados e discussão

Os tópicos abaixo apresentam os resultados obtidos a partir do desenvolvimento dos objetivos estabelecidos para esta pesquisa. Sendo assim, primeiramente é apresentada a análise da fronteira de desmatamento dos municípios da amostra em seguida a discussão sobre o PIB per capita versus o desmatamento e por fim tem-se os achados relacionados ao IDHM.

Fronteira

Os municípios foram classificados conforme processo metodológico apresentado na sessão anterior. A figura 4, abaixo, mostra as porcentagens em cada classe e, em seguida, a figura 5 apresenta o avanço da fronteira em dois momentos distintos (ano de 2010 e 2020).

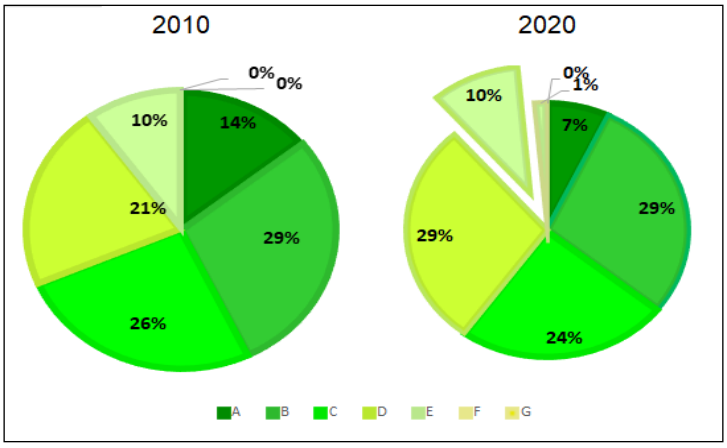

Figura 4 – Classes de fronteira de acordo com o desmatamento recente (2020). Com base na classificação de Rodrigues et al. (2009). Vide figura 3.

.

Observando estas duas figuras, pode-se observar que do total de municípios da amostra, em 2020, 82% estão classificados nas classes B, C e D e possuem fronteira intermediária, ou seja, as áreas são progressivamente desmatadas. Comparando com os dados das mesmas classes, em 2010 houve um aumento de 6%.

Na classe A, considerada como pré-fronteira, em 2020, está 7% da amostra. Com exceção de Manicoré – AM e Novo Aripuanã – AM que entraram na listagem como prioritários em 2017, os municípios de Humaitá - AM, Jacareacanga – PA e Rorainópolis – RR foram incluídos na listagem apenas em 2021. Portanto, na última década o desmatamento nestas localidades não era tão acentuado, justificando então o fato de além de estarem na classe A, embora sejam municípios prioritários, a cobertura florestal é preservada e o desmatamento ainda não apresenta característica contínua.

Já a classe E, denominada fronteira intermediária em que há o declínio nas atividades de desmatamento, há 7 municípios, cuja extensão do desmatamento é maior ou igual a 60% ou menor ou igual a 75%. São eles: Itupiranga-PA (63,05%), Vila Rica – MT (62,66), Confresa - MT (68,02%), Ulianópolis – PA (70,72%), Santana do Araguaia – PA (63,011%), Dom Eliseu - PA (66,84%) e Rondon do Pará - PA (68,41%).

Quanto as demais classes, F e G, apenas a primeira tem 1 município: Buritis-RO (81,53%). Isso indica que há tendência de declínio das atividades de desmatamento neste município, já que a área com vegetação nativa municipal é finita e, portanto, o desmatamento intenso será praticamente inativo.

Considerando esta classificação em relação as fronteiras, é importante fazer um paralelo com a quantidade de dispositivos legais relacionados ao desmatamento. Embora o aparato legal, a nível estadual, contemple todos os estados que estão localizados os municípios da amostra, eles por si só não são suficientes para retardar ou inibir o desmatamento e isso podemos verificar com o avanço das fronteiras nos municípios analisados nesta pesquisa. Sendo assim, isto vai de encontro aos achados de Pires-Luiz e Steinke (2019) em que os autores citam que a efetividade dos programas que são direcionados à recuperação/redução da degradação ambiental se relaciona com vontade política, incentivo governamental, participação dos proprietários e das organizações de apoio ao fomento ao meio ambiente. No caso da amostra, essa atuação conjunta destes vários atores, não parece ser efetiva e existente.

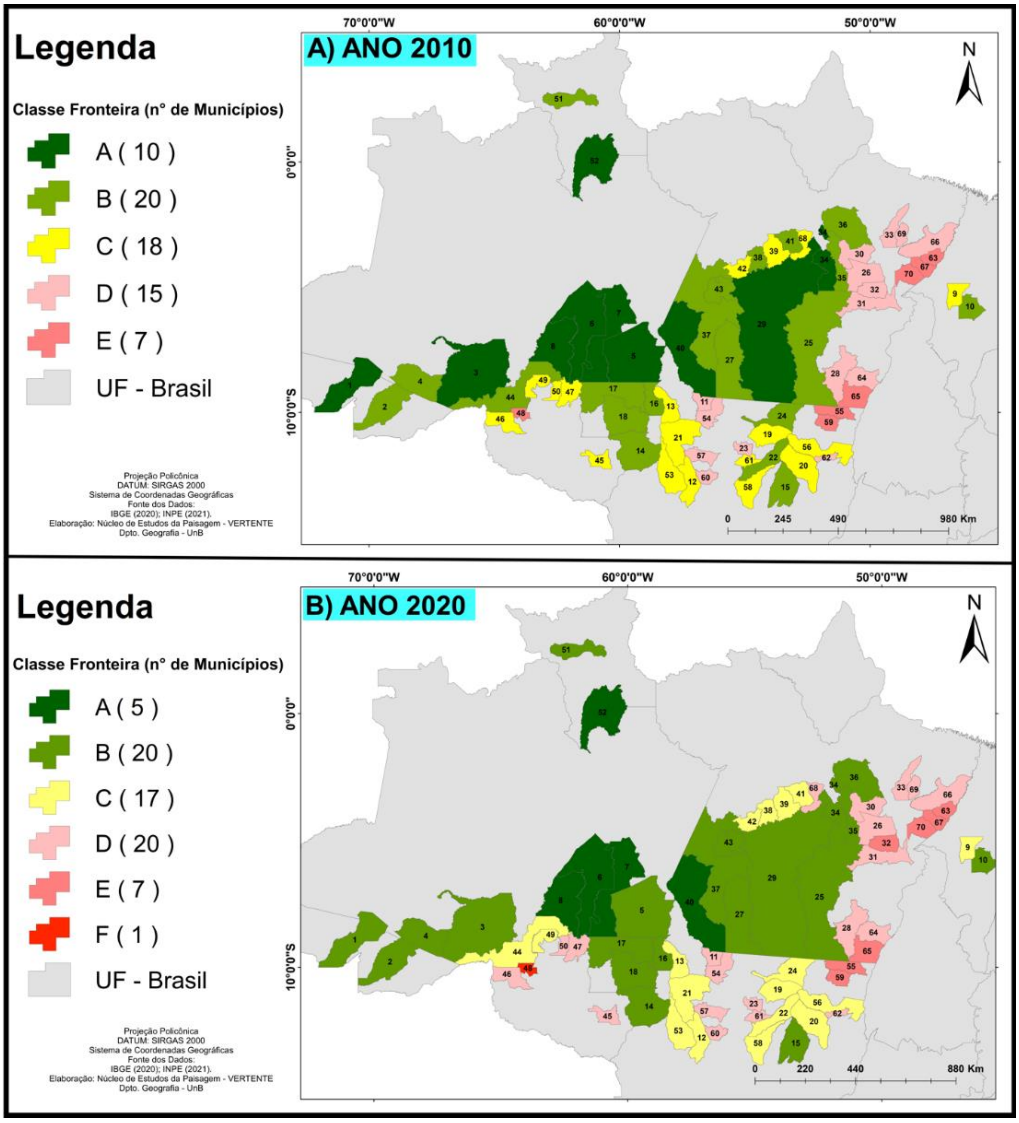

Figura 5: Avanço da fronteira do desmatamento em dois períodos distintos. Em A) até o ano de 2010 e em B) até o ano de 2020. Elaboração: IBGE, 2020; INPE, 2021.

Para verificar se há diferença entre o comportamento dos indicadores socioeconômicos em áreas com desmatamento ativo ou estabilizado foi feita uma comparação (quadro 2) entre as três classes C, D e E nas quais o desmatamento está em seu ápice (C e D) e partindo para o declínio/estabilização (D e E).

Observando os valores do IDHM da amostra e PIB, observa-se uma redução dos dois indicadores conforme a fronteira avança. Em outras palavras, os indicadores da classe de fronteira "E" são menores que das demais classes (C e D), ou seja, a situação econômica vai ficando mais precária nas áreas que caminham para a estabilização/redução do desmatamento. Esses achados são contrários aos achados de Tritsha e Arvor (2016), pois na pesquisa deles os indicadores socioeconômicos eram mais baixos em áreas com desmatamento ativo e não em áreas com o desmatamento já estabilizado.

Sob a ótica da teoria da fronteira político-econômica estruturalista, pode-se dizer que a Amazônia ainda é percebida como uma contínua periferia que experimenta contínuos ciclos extrativos de subdesenvolvimento e a mediação e dominação é feita pelas elites políticas e de grandes proprietários de terra. Isso se reflete nos indicadores observados ao longo do trabalho.

Quadro 2 – Comparação entre IDHM e PIB das classes de fronteira C, D e E.

Classe	Indicadores	Maiores valores		Menores valores	
C	**IDHM** (média) 0,6454	RO-PortoVelho	0,736	PA - Rurópolis	0,548
	PIB (média) R$ 52.899	MT - Nova Ubiratã	R$ 184.589	MA-Amarante Maranhão	R$ 8.010
		MT - Querência	R$ 155.874		
		MT-S.Félixdo Araguaia	R$ 100.627		
D	**IDHM** (média): 0,628	MT-Santa Carmem	0,715	PA - Pacajá	0,515
		MT - Alta Floresta	0,714		
		MT -Tapurah	0,714		
		RO-Pimenta Bueno	0,710		
	PIB (média) R$ 45.932	MT-Porto dos Gaúchos	R$ 176.857	PA - Tailândia	R$ 9.896
		MT- Santa Carmem	R$ 146.841		
		MT- Tapurah	R$ 98.439		
E	**IDHM** (média) 0,6154	MT- Vila Rica	0,688	PA - Rondon do Pará	0,602
				PA - Santana do Araguaia	0,602
				PA - Ulianópolis	0,604
	PIB (média) R$ 20.291	MT - Confresa	R$ 35.177	PA - Rondon do Pará	R$ 11.905
		PA - Ulianópolis	R$ 30.568		
		MT Vila Rica	R$ 25.054		

PIB per capita X desmatamento

Foram desconsiderados da amostra inicial, após a análise dos dados, 4 municípios: Alta Floresta (MT), Dom Eliseu (PA), Paragominas (PA) e Vila Rica (MT), pois, no período de 2010 a 2020, houve aumento da área de Floresta, o que acarretaria uma variação negativa no desmatamento. Portanto, a amostra diminuiu de 70 para 66 municípios. Cabe ressaltar que esta redução ocorreu apenas para este tópico de análise.

A partir dos dados extraídos do site Mapbiomas, elaborou-se o gráfico abaixo (figura 6) com intuito de demostrar que a redução da área de Floresta se deu pelo avanço da área Agropecuária. Com isso, os dados da área de Floresta e da área Agropecuária foram agrupados no gráfico. Observando-se as linhas que demonstram suas respectivas variações, percebe-se, portanto, que elas são coincidentes em quase sua totalidade, o que comprova a hipótese de que, de fato, a expansão das áreas ocupadas pelas atividades agropecuárias foram as grandes responsáveis pela diminuição das áreas de floresta naqueles municípios.

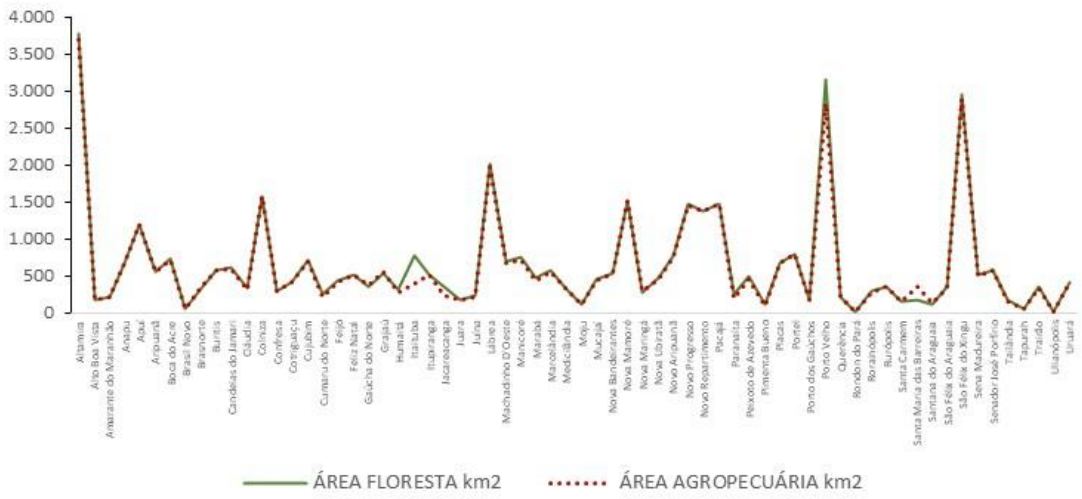

Figura 6 - Área de floresta X área Agropecuária (2010-2020)
Fonte: Os autores a partir dos dados do MAPBIOMAS.

Neste segundo gráfico (figura 7), procurou-se verificar se os dados da variação da área Floresta retirados do site Mapbiomas correspondiam aos dados da variação da área desmatada retirados do site Prodes (INPE). Sendo assim, a análise do agrupamento dos dados no gráfico, apesar de apresentar linhas não totalmente coincidentes, corroborou o que se pretendia verificar. Depreende-se, pois, que as variações, apesar de serem dados retirados de sites diferentes, com metodologias diferentes e com pequenas variações que não foram consideradas significativas, podem ser consideradas como equivalentes.

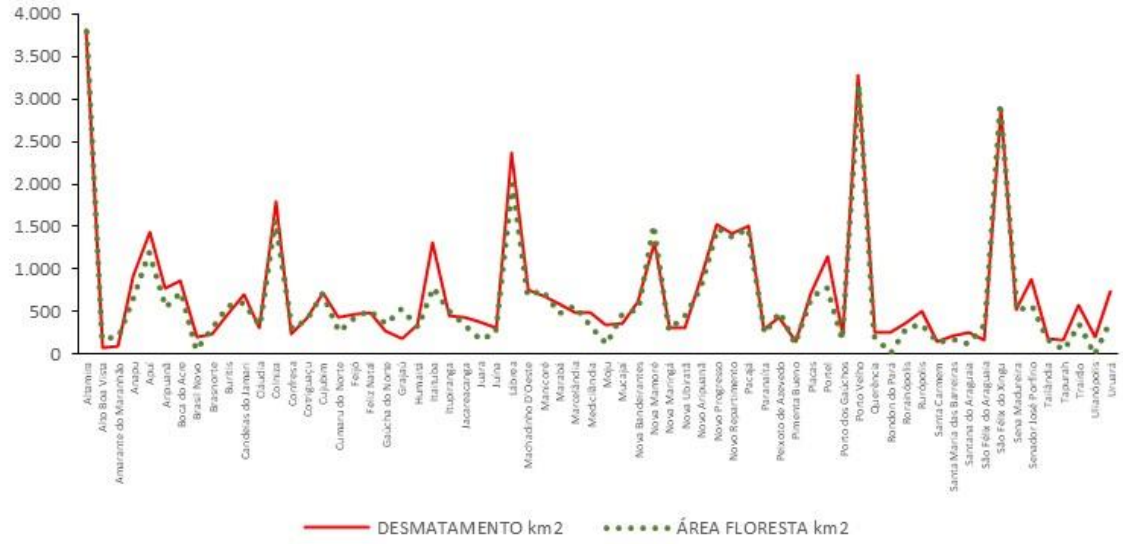

Figura 7 - Área de floresta X área desmatada (2010-2020)
Fonte: Os autores a partir dos dados do MAPBIOMAS e PRODES (INPE).

Por fim, criou-se o último gráfico (figura 8) da análise com os dados da variação do PIB per capita por município (ordem decrescente) e sua média e da variação do desmatamento por município e sua média. Esses dados foram selecionados e inseridos neste gráfico com intuito de verificar e analisar a correlação entre o crescimento do PIB per capita e o crescimento do Desmatamento.

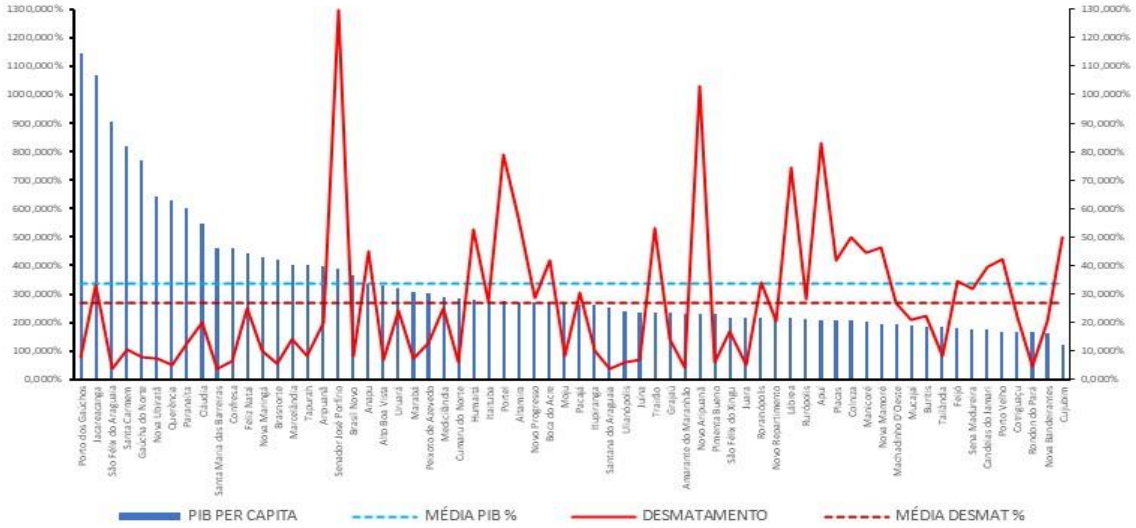

Figura 8 - PIB per capita X desmatamento (2010-2020)
Fonte: Os autores a partir dos dados do IBGE e PRODES (INPE).

Em primeira análise, pode-se perceber que 19 municípios (28,79%) ficaram acima da média na variação do PIB per capita, com destaque para Porto do Gaúchos (MT), Jacareacanga (PA), São Félix do Araguaia (MT), Santa Carmem (MT) e Gaúcha do Norte (MT) que obtiveram variação do PIB per capita maiores que o dobro do valor da média da amostra. Destes municípios, Porto do Gaúchos (MT), São Félix do Araguaia (MT), Santa Carmem (MT) e Gaúcha do Norte (MT) mais de 60% do PIB é oriundo da agropecuária. A exceção está em Jacareacanga (PA) que a principal atividade é a indústria/mineração. O estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja, milho, algodão e criador de rebanho bovino o que justifica os elevados valores de PIB dos municípios aqui citados e o IDHM são classificados como médio e alto. Já Jacareacanga (PA), alvo por vezes de operações de combate ao garimpo ilegal, possivelmente o alto valor do PIB pode explicado pelas atividades mineradoras exercidas na região, mas isso não se reflete no IDHM, já que este indicador é classificado como baixo (0,505).

Em segunda análise, verificou-se que 26 municípios (39,39%) tiveram variação no desmatamento acima da média, com destaque para Senador José Porfírio (PA), Novo Aripuanã (AM), Apuí (AM) e Portel (PA) que obtiveram variação no Desmatamento maiores que o dobro do valor da média da amostra. Em Senador José Porfírio (PA) e Portel (PA) mais de 40% do PIB é composto pela agropecuária e Novo Aripuanã (AM) e Apuí (AM) a atividade que mais adiciona valor é a administração pública (cerca de 55% e 40%) seguida da agropecuária (entre 23 e 27%) respectivamente. Fazendo um comparativo com os respectivos IDHMs destes municípios, estes são classificados como médio (Apuí – AM), baixo (Senador José Porfírio – PA e Novo Aripuanã – AM) ou muito baixo (Portel – PA). O cenário que se tem é que há volumes expressivos em termos percentuais de desmatamento que não refletem no PIB per capita, podendo ser fruto de atividades ilegais como retirada de madeiras, ou atividades mineradoras, tão pouco pode-se observar uma melhoria na qualidade de vida da população através do IDHM.

Após essas análises, buscou-se verificar o comportamento das relações entre os índices. Sendo assim, constatou-se que, dentre o grupo dos municípios que mais tiveram variação crescente no índice de desmatamento acima de média, 92,31% destes obtiveram uma variação no PIB PER CAPITA inferior à média da amostra. Além disso, 84,21% dos municípios que ficaram acima da média na variação do PIB PER CAPITA estão abaixo da média da variação do desmatamento. Cumpre ressaltar ainda que destes, 87,50% estão com índice de variação do desmatamento abaixo da metade da média.

Portanto, diante de todas as análises e verificações, bem como da união das constatações obtidas nos três gráficos anteriormente apresentados, tem-se o que se segue.

O aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária (principal atividade econômica dos municípios da amostra) não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios.

Conforme demostrado, a maioria dos municípios foi capaz de gerar riquezas e se desenvolver economicamente sem que houvesse a contrapartida de ter que desmatar grandes áreas. Além disso, os que mais desmataram foram os que obtiveram um crescimento econômico muito aquém do esperado se comparado aos outros.

Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)

O Programa das Nações Unidas (PNUD) publicava os relatórios a cada 10 anos e a partir de 2010 começou a publicar os relatórios anualmente. Sendo assim, o IDH Brasil em 2010 era de 0,723 e passou para 0,754 em 2021 (PNUD, 2022). Nos dois anos citados o indicador é alto e em 2021 o país ocupa a 84ª posição no ranking mundial.

De todos os municípios da amostra, 54,3% possuem um IDHM médio, 34,3% baixo, 10% alto e apenas 1,4% em muito baixo (figura 9). Comparando com o IDH Brasil em 2010, de 0,723, considerado alto, tem-se que apenas 10% da amostra apresenta o indicador nesta categoria.

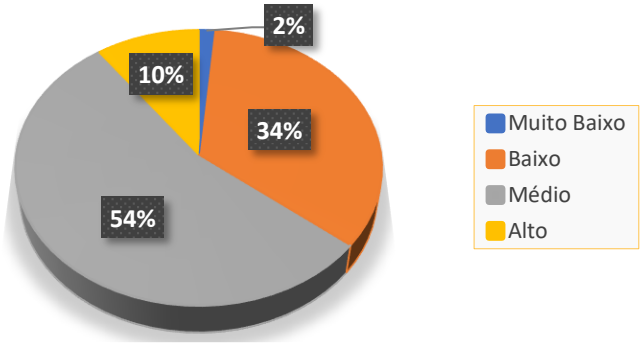

Figura 9 – IDHM dos municípios do arco do desmatamento (2010). Fonte: Os autores a partir dos dados do IBGE.

O município que apresenta maior IDHM é Porto Velho -RO (0,736) seguido por Santa Carmem-MT e Juína – MT (0,720). Os que apresentam os menores indicadores (muito baixo ou baixo) são: Portel- PA (0,483) Jacareacanga – PA (0,505) e Senador José Porfírio- PA (0,514).

O quadro 3 mostra o IDH de cada estado e como o IDHM da amostra se comporta em relação a ele.

Quadro 3 – IDH por estado e IDHM da amostra (2010)

Estado	IDH	IDHM Amostra
Acre	0,663	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Amazonas	0,674	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Maranhão	0,639	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Mato Grosso	0,725	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Pará	0,646	89% dos municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Rondônia	0,690	71,4% dos municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Roraima	0,707	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.

Fonte: base de dados IBGE

A região amazônica possui um IDHM abaixo de 0,750. Observando estes dados, percebe-se que todos os municípios dos estados do Acre, Amazonas, Maranhão, Mato Groso e Roraima possuem IDHM menores do que o IDH do seu respectivo estado. A exceção ocorre apenas nos estados do Pará e Rondônia, que 11% (3 municípios) e 29% (2 municípios) respectivamente apresentam valores superiores ao IDH do estado. Mas em todas as observações o indicador é inferior ao indicador geral da região.

Após esta análise é factível que o desmatamento, considerado relevante, dos municípios estudados não impactam o IDHM já que em praticamente toda amostra o indicador se mostra inferior ao próprio indicador do estado e da região da Amazônia. Sendo assim, essa redução da floresta, em prol do desenvolvimento econômico e social não é refletida na qualidade de vida da sociedade local.

Discussão

A partir desta pesquisa, tem-se um cenário em que há municípios que apresentaram um volume expressivo de área desmatada, mas que os indicadores de IDHM e PIB per capita não acompanharam na mesma proporção. Extrapolando este achado, isso pode ser um indício de atuação de atividades ilegais nestas localidades.

Lima et al. (2018) e Bosselmann e Dolmer (2023), por exemplo, apontam que a extração ilegal de madeira é uma atividade mais atraente em relação a extração legal já que há acesso irrestrito à madeira com menores custos de transação. Este tipo de atividade ilegal afeta a sociedade local pois além de atuar como direcionador do desmatamento e degradação ambiental, provoca perdas diretas de receitas e impostos relacionados ao mercado madeireiro ou de garimpo, como cita Carpio-Domínguez (2024).

Outro ponto levantado por Gutierrez-Velez e MacDicken (2008); Uchechukwu et al. (2023) e Triatmanto e Bawono (2023) é o impacto social

negativo que estas atividades ilegais provocam como o desemprego, redução da segurança dos trabalhadores em relação aos direitos que lhes cabem em empregos formais e seguridade social.

Carvalho e Domingues (2016) fizeram uma projeção do desmatamento na Amazônia até 2030. No cenário simulado, foi apontado que o maior crescimento do PIB seria naquelas localidades que estão no arco do desmatamento, principalmente nas regiões produtoras de bovinos e soja (estados do Mato Grosso e Pará), estimuladas além da economia nacional pelo aumento da demanda por exportações dessas *commodities*. Esses achados corroboram com os achados desta pesquisa em que os municípios que apresentaram maiores valores de PIB per capita, são do estado do Mato Grosso, onde se encontram os principais produtores agrícolas do país.

Considerando a fronteira, percebe-se que os indicadores são menores nas classes iniciais da fronteira (A e B) em que a extensão do desmatamento é baixa e nas classes de fronteira intermediária (D e E) em que há um declínio do desmatamento. A exceção nas classes de pré fronteira é o município de Juína – MT que embora seja classificada como área progressivamente desmatada (B) possui um IDHM alto. Todos os demais municípios destas classes são muito baixo, baixo ou médio.

Considerações Finais

A presente pesquisa buscou verificar como está a fronteira de desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira. Também foi avaliado as possíveis relações entre o desmatamento, PIB per capita e o IDHM no período de 2010 a 2020. A partir deste objetivo pode-se estabelecer algumas relações.

Quanto a classificação dos municípios em relação à fronteira de desmatamento para verificar em qual estágio se encontram, percebe-se que 82% dos municípios da amostra são classificados nas classes B, C e D e possuem fronteiras intermediárias, sendo suas áreas progressivamente desmatadas. As classes "A" e "E" de fronteira, nomeadas de pré-fronteira e fronteira intermediaria em que há baixo volume de desmatamento há apenas 5 e 1 municípios, respectivamente, em cada classe

Já a análise do desmatamento versus o PIB per capita, de forma comparativa, buscando averiguar se há alguma relação entre elas, os achados demonstraram que o aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária (principal atividade econômica dos municípios da amostra) não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios. A maioria dos municípios foi capaz de gerar riquezas e se desenvolver economicamente sem que houvesse a contrapartida de ter que desmatar grandes áreas, indicando a utilização, por exemplo, de tecnologia para o cultivo da terra. Outro ponto importante é que os que mais desmataram foram os que obtiveram um crescimento econômico muito aquém do esperado se comparado aos outros.

Por fim, foi verificado se as atividades de desmatamento impactam o IDHM desses municípios. Como achado, viu-se que conforme o desmatamento aumenta (avanço da fronteira) e caminha para a estabilização/redução há uma diminuição neste indicador (IDHM), ou seja, a situação econômica e social não melhora nestes municípios.

É importante ressaltar que o IDHM adapta as características de cada município para seu cálculo. Porém embora isso traga uma maior possibilidade de avaliação e comparabilidade entre os municípios, eles possuem características muito específicas e distintas. Sendo assim, qualquer comparação deve ser feita com muita cautela e cuidado. Neste sentido, quando comparamos o indicador a nível nacional, pode-se ter um comparativo aceitável já que as características distintas entre os estados não são tão perceptíveis como quando se compara o indicador em escala estadual e quanto mais municipal. Nestas duas últimas escalas tem-se bem mais evidenciadas as diversas características entre as localidades em termos de desenvolvimento, educação e renda o que explicita ainda fragilidades existentes neste indicador. Outro ponto a ser considerado são as inúmeras forças políticas e sociais que atuam diretamente e provocam mudanças não só físicas no território como também econômico, o que reflete na sociedade local como um todo.

O Brasil é um país altamente legalista e não é diferente se tratando de normativos relacionados a preservação do meio ambiente e combate ao desmatamento e queimadas. Para que a sociedade se desenvolva econômica e socialmente preservando o meio ambiente é necessário o comprometimento e atuação conjunta entre comunidade local, governos locais, estaduais e federais. Contar apenas com legislações não permitirá uma mudança do cenário, é preciso fiscalização e acompanhamento.

Algumas fragilidades foram observadas ao longo da pesquisa. Um deles é delonga na publicação de variáveis que advém do censo como os indicadores utilizados nesta pesquisa. Caso

houvesse publicações em um período menor, possibilitaria melhores comparações e análises nas pesquisas. Embora o IDH contenha informações sobre o PIB eles são indicadores que possuem propostas distintas e como o estudo não utiliza nenhum método estatístico isso não interfere na qualidade dos achados encontrados.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEA) da Universidade de Brasília (UnB) – Campus Darcy Ribeiro.

Referências

Amaral, W., Smeraldi, R., 2010. Relação entre cultivo de soja e desmatamento: compreendendo a dinâmica. São Paulo: GTF. 12p

Anderson, C. M., Asner, G. P., & Lambin, E. F., 2019. Lack of association between deforestation and either sustainability commitments or fines in private concessions in the Peruvian Amazon. Forest Policy and Economics [Online] 104, 1–8. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.010. Acesso: 20 jan. 2023.

Antonietti, R., Franco, C., 2021. From FDI to economic complexity: a panel Granger causality analysis. Structural change and economic dynamics [Online] 56: 225-239. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.11.001. Acesso: 15 dez. 2022.

Arvor, D., Meirelles, M., Dubreuil, V., Bégué, A., Shimabukuro, Y. E., 2012. Analyzing the agricultural transition in Mato Grosso, Brazil, using satellite-derived indices. Applied Geography 32(2), 702–713. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.007

Asner, G. P., Alencar, A., 2010. Drought impacts on the Amazon Forest: the remote sensing perspective. New Phytologist 187(3), 569–578. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x

Asner, G. P., Knapp, D.E., Broadbent, E. N., Oliveira, P. J. C., Keller, M., Silva, J. N., 2005. Selective Logging in the Brazilian Amazon. Science 310 (5747), 480-482. https://doi.org/10.1126/science.1118051

Aydin, M., 2018. Natural gas consumption and economic growth nexus for top ten natural Gas–Consuming countries: A granger causality analysis in the frequency domain. Energy (Oxford) 165, 179-186. DOI: 10.1016/j.energy.2018.09.149

Azevedo, A., Rajão, R., Costa, M. A., Stabile, M. C. C., Macedo, M. N., Dos Reis, T. N. P., et al., 2017. Limits of Brazil's forest code as a means to end illegal deforestation. Proceedings of the National Academy of Sciences 114(29), 7653–7658. Disponível em https://doi.org/10.1073/pnas.1604768114. Acesso: 10 nov. 2022.

Borma, L. S. et al., 2022. Beyond carbon: The contributions of South American tropical humid and subhumid forests to ecosystem services. Reviews of Geophysics 60 (4). Disponível em https://doi.org/10.1029/2021rg000766

Bosselmann, A. S., & Dolmer, S. E. N., 2023. Sustainability Governance of Soybean Trade Between Brazil and Europe: The Road Travelled and the Challenges Ahead. In Sustainability Challenges of Brazilian Agriculture: Governance, Inclusion, and Innovation. 45-65. Cham: Springer International Publishing.

Brannstrom, C., 2009. South America's neoliberal agricultural frontiers: Places of environmental sacrifice or conservation opportunity? AMBIO: A Journal of the Human Environment 38(3), 141–149. Disponível em https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.3.141

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Tabela de municípios prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/pdf/Listagemmunicpiosprioritriosparaaesdepreveno2021.pdf>. Acesso: 14 abr. 2021.

Broadbent, E. N., Asner, G, P., Keller, M., Knapp, D. E., Oliveira, P. J. C., Silva, J. N., 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brasilian Amazon. Biological Conservation 141(7), 1745-1757. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.024

Carpio-Domínguez, J. L., 2024. The Harms and Crimes of Logging and Deforestation. In Oxford Research Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice

Carvalho, T. S., Domingues, E. P., 2016. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. Nova Economia 26(2), 585-621. Disponível em https://doi.org/10.1590/0103-6351/2665

Chiou-Wei, S. Z., Chen, C., Zhu, Z., 2008. Economic growth and energy consumption revisited — Evidence from linear and nonlinear Granger causality. Energy economics 30 (6), 3063-3076. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.02.002

Coelho, E. de A., Gontijo, B. M., 2022. Macaco, peixe, pássaro e turistas: atores locais e contextos globais associados à conservação da Amazônia. Ambiente & Sociedade 25. Disponível em https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210183r2vu2022l3ao

Coppola, E., D'Ambrosio, S., 2024. Application of landscape ecology methodology in the project of Vulture Natural Regional Park. UPLanD-Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design 8 (1), 31-42

Covey, K. et al., 2021. Carbon and beyond: The biogeochemistry of climate in a rapidly changing Amazon. Frontiers in Forests and Global Change 4, 618401

Danelon, J. R. B.; Barcelos, A. C., 2023. Anthropogenic induced processes in urbanized environments. Mercator (Fortaleza) 21(2), 1-13. Disponível em https://doi.org/10.4215/rm2022.e21033

De Freitas, A. P. G.; Lima, V. A., 2020. Políticas públicas integradas para promoção do desenvolvimento territorial da Amazônia. Perspectivas em Políticas Públicas 13(25), 239-272.

De Melo Benites, V. et al., 2023. Insights into Brazilian Soils and Sustainable Agriculture Scenarios. The Soils of Brazil, 471-486.

Dietz, T., Ostrom, E., Stern, P. C., 2003. The struggle to govern the commons. Science 302(5652), 1907–1912. Disponível em https://doi.org/10.1126/science.1091015

Domingues, S. C. O., Silva, I. C. O., Santos, J. S., Yamashita, O. M., Carvalho, M. A. C., 2020. Dinâmica do arco do desmatamento: fronteiras agrícolas. Scientific Electronic Archives [Online] 13(8), 104-110. Disponível: http://dx.doi.org/10.36560/13820201035. Acesso: 18 mai. 2022.

Ellis, E. C., 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science 369, 1010–1035.

Ellis, E. C., 2015. Ecology in an anthropogenic biosphere. Ecological Monographs 85, 287–331.

Ellis, E. C., Haff, P. K., 2009. Earth science in the Anthropocene: New epoch, new paradigm, new responsibilities. EOS Transactions 90, 473.

Ellis, E. C., Maslin, M., Boivin, N., et al., 2016. Involve social scientists in defining the Anthropocene. Nature 540(7632), 192–193. Disponível em https://doi.org/10.1038/540192aFearnside, P. M., 2008. “The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia.” Ecology and Society 13(1), 23.

Fearnside, P. M., 2008. The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. Ecology and Society, 13(1). Disponível em https://doi.org/10.5751/es-02451-130123

Feng, Y.; Lee, C.C., Peng, D., 2022. Does regional integration improve economic resilience? Evidence from urban agglomerations in China. Sustainable Cities and Society 88, 104273. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104273

Gabriele, M. et al., 2023. A combined GIS and remote sensing approach for monitoring climate change-related land degradation to support landscape preservation and planning tools: The Basilicata case study. Applied Geomatics 15(3), 497-532. https://doi.org/10.1007/s12518-022-00437-z

Garcia, R. A., Soares-Filho, B. S., Sawyer, D. O., 2007. Socioeconomic dimensions, migration, and deforestation: An integrated model of territorial organization for the Brazilian Amazon. Ecological Indicators 7, 719–730. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.08.003

Gomez, M. D. V., Beuchle, R., Shimabukuro, Y., Grecchi, R., Simonetti, D., Eva, H. D., Achard, F., 2015. A long-term perspective on deforestation rates in the brazilian amazon. The International Archives of the

Photogrammetry, Remote Sen sing and Spatial Information Sciences, XL-7/W3, 539–544. Disponível em https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-539-2015

Gutierrez-Velez, V.H., Macdicken, K., 2008. Quantifying the direct social and governmental costs of illegal logging in the Bolivian, Brazilian, and Peruvian Amazon. For Policy Econ. [Online] 10(4),248–256. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.forpol.2007.10.007

Hahn, M. B., Gangnon, R. E., Barcellos, C., Asner, G. P., Patz, J. A., 2014. Influence of Deforestation, Logging, and Fire on Malaria in the Brazilian Amazon. PLoS ONE 9(1) [Online], e85725. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085725

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Estimativas da população residente com data de referência em 1º de julho de 2021. Disponível: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html. Acesso: 6 jan. 2023.

INPE. Coordenação geral de observação da terra. Programa de Monitoramento da Amazônia e demais Biomas. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/. Acesso em: 10 out. 2022.

_____ Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro. – Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013.96 p. – (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013). Incl. bibl.ISBN: 978-85-7811-171-7.

Kayet, A., Pathak, K., Kumar, S., Singh, C. P., Chowdary, V. M., Chakrabarth, A., Sinha, N., Shaik, I., Ghosh, A., 2021. Deforestation susceptibility assessment and prediction in hilltop mining-affected forest region. Journal of Environmental Management [Online] 289, 112504. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112504

Leite Filho, A.T., Soares Filho, B., Davis, J. L., Abrahão, G. M., Borner, J., 2021. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. Nature Communications 12(1). https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7

Li, S., Zhang, H., Yuan, D., 2019. Investor attention and crude oil prices: Evidence from nonlinear Granger causality tests. Energy economics 84, 104494. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104494

Lima, L. S. Merry, F., Soares-Filho, B., Rodrigues, H. O., Damaceno, C. Dos S., Bauch, M.A., 2018. Illegal logging as a disincentive to the establishment of a sustainable forest sector in the Amazon. PLoS ONE [Online] 13 (12), e0207855. Disponível em https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207855

Loarie, S. R., Asner, G. P., Field, C. B., 2009. Boosted carbon emissions from Amazon deforestation. Geophysical Research Letters 36 (14). Disponível em https://doi.org/10.1029/2009gl037526

Lustosa Filho, J. F. et al., 2024. From forest to pastures and silvopastoral systems: Soil carbon and nitrogen stocks changes in northeast Amazônia. Science of The Total Environment 908, 168251. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168251

Macedo, M., Defries, R., Morton, D., Stickler, C., Galford, G., Shimabukuro, Y., 2012. Decoupling of deforestation and Soy production in the Southern Amazon during the late 2000s. Proceedings of the National Academy of Sciences 109(4), 1341–1346. Disponível em https://doi.org/10.1073/pnas.111137410

Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R.A., Killeen, T.J., LI, W., Nobre, C. A., 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. Science 319 (5860), 169–172. Disponível em https://doi.org/10.1126/science.1146961

Mcgraw, M. C., Barnes, E. A., 2018. Memory Matters: A Case for Granger Causality in Climate Variability Studies. Journal of climate [Online] 31(8), 3289-3300. Disponível em https://doi.org/10.1175/jcli-d-17-0334.1

Mello, N. C., Bauer, M., Fadel, B., Chammas, E., Sawyer, D., 2018. Sustainable development and deforestation in the Brazilian Amazon: a literature review. Journal of Cleaner Production [Online] 195, 532-548. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261831313X. Acesso: 3 dez. 2022.

Miranda, J. J., Corral, L., Blackman, A., Asner, G., Lima, E., 2016. Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities: Evidence from the Peruvian Amazon. World Development [Online] 78, 288–307. Disponível em http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.026. Acesso: 15 mar. 2022.

Montalván-Burbano, N. et al. 2021. Worldwide research on land use and land cover in the amazon region. Sustainability, 13(11): 6039. Disponível em https://doi.org/10.3390/su13116039.

Nepstad, D., Mcgrath, D., Alencar, A., Barros, A. C., Carvalho, G., Santilli, M., 2002. Frontier governance in Amazonia. Science 295(5555), 629–631. Disponível em https://doi.org/10.1126/science.1067053

Nepstad, D., Mcgrath, D., Stickler, C., Alencar, A., Azevedo, A., Swette, B. et al., 2014. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. Science 344(6188), 1118–1123. https://doi.org/10.1126/science.1248525

Okida, D. T. S., Carvalho Junior, O. A. De, Carvalho, O. L. F. De, Gomes, R. A. T.; Guimarães, R. F., 2021. Relationship between Land Property Security and Brazilian Amazon Deforestation in the Mato Grosso State during the Period 2013–2018. Sustainability 13 (2085). Disponível em https://doi.org/10.3390/su13042085

Oliveira, A. S., Soares-Filho, B., Oliveira, U., Van Der Hoff, R., Carvalho-Ribeiro, S. M., Oliveira, A. R., Scheepers, L. C., Vargas, B. A., Rajão, R. G., 2021. Costs and effectiveness of public and private fire management programs in the Brazilian Amazon and Cerrado. Forest Policy and Economics 127, 102447. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102447

Pacheco, P., Poccard-Chapuis, R., 2012. The complex evolution of cattle ranching development amid market integration and policy shifts in the Brazilian Amazon. Annals of the Association of American Geographers, 102(6), 1366–1390. Disponível em https://doi.org/10.1080/00045608.2012.678040

Pacheco, R., Rajão, R., Hoff, R. V. Der, Soares-Filho, B., 2021. Will farmers seek environmental regularization in the Amazon and how? Insights from the Rural Environmental Registry (CAR) questionnaires. Journal of Environmental Management, 284. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112010. Acesso: 13 jan. 2022.

Pao, H., Tsai, C., 2011. Multivariate Granger causality between CO_2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. Energy (Oxford) 36(1), 685-693. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041

Pires-Luiz, C. H., Steinke, V. A., 2019. O Código Florestal pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental? Caminhos de Geografia 20(72), 230–241. ISSN 1678-6343. doi: http://dx.doi.org/10.14393/RCG207244221

PNUD. The Human Development Report 2021/2022. Disponível em hdr2021-22pdf_1.pdf (undp.org). Acesso em: 09 de setembro de 2022.

Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Bahmani, S., 2018. Are innovation and financial development causative factors in economic growth? Evidence from a panel granger causality test. Technological forecasting & social change, 132:130-142. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.024

Projeto MapBiomas. Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: https://mapbiomas.org/download. Acesso: 1 dez. 2019

Ravikumar, A.; Larson, A. M.; Duchelle, A. E.; Myers, R.; Tovar, J. G., 2015. Multilevel governance challenges in transitioning towards a national approach for REDD+: Evidence from 23 subnational REDD+ initiatives. International Journal of the Commons, 9(2), 909–931. Disponível em https://doi.org/10.18352/ijc.593

Rodrigues, A.S.L., Ewers, R.M., Parry, L., Souza, C., Veríssimo, A., Balmford, A., 2009. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. Science 324, 1435–1437. https://doi.org/10.1126/science.1174002

Rodrigues, S. T., Azevedo, J. P., Marinho, J. P. M., 2016. Desmatamento na Amazônia e políticas públicas: uma análise a partir do Pará. Revista Brasileira de Estudos de População [Online] 33 (3), 615-638. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982016000300615&lng=pt&nrm=isso. Acesso: 9 dez. 2022.

Rudel, T. K., Defries, R., Asner, G.P., Laurance, W. F., 2009. Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation. Conservation Biology 23(6), 1396-1405. Disponível em https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01332.x

Schellnhuber, H. J., 1999. 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution. Nature 402, C19–C23. Disponível em https://doi.org/10.1038/35011515

Schneider, R. R., Erima, E., Veríssimo, A., Barreto, P., Sousa JR, C., 2000. Sustainable Amazon: Limitations and Opportunities for Rural Development (World Bank and IMAZON, Brasília, 2000; www.imazon.org.br/publicacoes/publicacao.asp?id=109).

Serra, J. P.; Oliveira, T. A., 2020. Impactos ambientais decorrentes da construção de barragens de usinas hidrelétricas: reflexões e desdobramentos físico-naturais. Ciências Ambientais: diagnósticos ambientais. Ribeirão Preto 64-83.

Siqueira-Gay, J. S., Soares-Filho, B. S., Sanchez, L. E., Oviedo, A., Sonter, L. J., 2020. Proposed Legislation to Mine Brazil's Indigenous Lands Will Threaten Amazon Forests and Their Valuable Ecosystem Services. One Earth [Online] 3, 356–362. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.008es

Soares-Filho, B., Cerqueira, G. C., Pennachinc, C. L., 2002. DINAMICA—a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modelling 154(3), 217-235. Disponível em https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00059-5

Soares-Filho, B., Nepstad, D. C., Curran, L., Cerqueira, G. C. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., Voll, E., Mcdonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Mcgrath, D., 2005. Cenários de desmatamento para a Amazônia. Dossiê Amazônia II, Estudos Avançados 19(54), 137-152. Disponível em https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008. Acesso: 18 nov. 2022.

Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., et al., 2011. The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 369(1938), 842–867. Disponível em https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327

Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J, et al., 2016. Stratigraphic and Earth system approaches to defining the Anthropocene. Earth's Future 4(8), 324–345. https://doi.org/10.1002/2016ef000379.

Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P., et al., 2004. Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure. Berlin: Springer.

Steinke, V. A., Barbosa, S. M. da S., Mendes, V. J. de M., Zanatto, V. G., Pessoa, G. E., Bayma, G., 2018. Spatial analysis of federal protected areas and priority areas for biodiversity conservation in Brazil. Journal of Geographic Information System 10(6), 718-734. Disponível em https://doi.org/10.4236/jgis.2018.106037

Steinke, V. A., Pessoa, G. E., Barbosa, S., 2022. Das paisagens originárias às paisagens antropogênicas: As unidades de conservação da natureza como testemunho de um percurso. In. Steinke, V. A., Silva, C. A. D., & Fialho, E. S., 2022. Geografia da paisagem: múltiplas abordagens.

Thaler, G. M., Viana, C., Toni, F., 2019. From frontier governance to governance frontier: The political geography of Brazil's Amazon transition. World Development 11, 59-72. Disponível: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.022. Acesso: 5 set. 2022.

Triatmanto, B., & Bawono, S., 2023. The interplay of corruption, human capital, and unemployment in Indonesia: Implications for economic development. Journal of Economic Criminology 2, 100031. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2023.100031

Tritscha, I., Arvor, D., 2016. Transition in environmental governance in the Brazilian Amazon: emergence of a new pattern of socio-

economic development and deforestation. Land Use Policy 59, 446–455. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.018

Uchechukwu, E. S., Amechi, A. F., Okoye, C. C., & Okeke, N. M. (2023). Youth Unemployment and Security Challenges in Anambra State, Nigeria. Scholars Journal of Arts, Humanities and Social Sciences, 11(04), 81–91. Disponível em https://doi.org/10.36347/sjahss.2023.v11i04.005

Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes C., et al., 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. Science 351(6269), aad2622. Disponível em https://doi.org/10.1126/science.aad2622.

Young, K. R., 2015. Biogeography of the Anthropocene: Domestication. Progress in Physical Geography 40(1), 161–174. https://doi.org/10.1177/0309133315598724

Zhao, L., Wen, F., Wang, X., 2020. Interaction among China carbon emission trading markets: Nonlinear Granger causality and time-varying effect. Energy Economics 91, 104901. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104901.

Zu Ermgassen, E. K. H. J., De Alcântara, M. P., Balmford, A., Barioni, L., Neto, F. B., Bettarello, M. M. F., et al., 2018. Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the Brazilian Amazon. Sustainability [Online] 10(4), 1301. Disponível em https://doi.org/10.3390/su10041301.