

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL DA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS

Alan Monteiro Borges

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará | E-mail: alan@unifesspa.edu.br

Maurício Oliveira de Andrade

Universidade Federal de Pernambuco | E-mail: mauricio.andrade@ufpe.br

Nuria Perez Gallardo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará | E-mail: nuria_perez@unifesspa.edu.br

Ana Maria Guerra Serafico Pinheiro

Universidade Federal do Amazonas | E-mail: anaserafico@ufam.edu.br

Sessão Temática 2: Desenvolvimento regional: políticas, escala e ações

Resumo: Os rios navegáveis da Amazônia brasileira desempenham um papel importante na economia local e regional, pois atuam como grandes infraestruturas naturais de transporte, denominados de hidrovias. Portanto, é essencial entender as dinâmicas regionais, sob a ótica dos transportes e as influências no desenvolvimento de determinada área. Este estudo analisa 184 municípios, em duas grandes Regiões Hidrográficas (RH) da Amazônia Legal, atravessados por grandes rios que estão situados na RH Amazônica (Rios Amazonas, Solimões e Tapajós) e RH Tocantins-Araguaia (Rios Tocantins e Araguaia). A pesquisa coleta e analisa variáveis econômicas, sociais e ambientais, com dados de 2010 e 2020. Além disso, o estudo aplica estatística descritiva e análises de mapas temáticos através do método Quebras Naturais de Jenks para investigar os dados. Os resultados revelam crescimento econômico significativo na última década, com dados sociais estáveis e com degradação ambiental expressiva em grande parte dos municípios da RH Tocantins-Araguaia.

Palavras-chave: Desenvolvimento Regional; Amazônia; Transporte Hidroviário.

IMPACTS OF REGIONAL DEVELOPMENT IN THE AMAZON: A COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO HYDROGRAPHIC REGIONS

Abstract: The navigable rivers of the Brazilian Amazon play an essential role in the local and regional economy, as they act as major natural transportation infrastructures known as waterways. Therefore, it is essential to understand regional dynamics from the perspective of transportation and its influences on the development of a given area. This study analyzes 184 municipalities in two major Hydrographic Regions (HR) of the Legal Amazon, crossed by large rivers located in the Amazon HR (Amazon, Solimões, and Tapajós Rivers) and Tocantins-Araguaia HR (Tocantins and Araguaia Rivers). The research collects and analyzes economic, social, and environmental variables, with data from 2010 and 2020. Additionally, the study applies descriptive statistics and thematic map analyses using the Jenks Natural Breaks method to investigate the data. The results reveal significant economic growth in the last decade, with stable social data and significant environmental degradation in most municipalities of the Tocantins-Araguaia HR.

Keywords: Regional Development; Amazon; Waterway Transport.

IMPACTOS DEL DESARROLLO REGIONAL DE LA AMAZONÍA: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS REGIONES HIDROGRÁFICAS

Resumen: Los ríos navegables de la Amazonía brasileña desempeñan un papel esencial en la economía local y regional, ya que actúan como importantes infraestructuras naturales de transporte conocidas como vías fluviales. Por lo tanto, es fundamental comprender las dinámicas regionales desde la perspectiva del transporte y sus influencias en el desarrollo de una determinada área. Este estudio analiza 184 municipios en dos grandes Regiones Hidrográficas (RH) de la Amazonía Legal, atravesadas por grandes ríos ubicados en la RH del Amazonas (ríos Amazonas, Solimões y Tapajós) y la RH Tocantins-Araguaia (ríos Tocantins y Araguaia). La investigación recopila y analiza variables económicas, sociales y ambientales, con datos de 2010 y 2020. Además, el estudio aplica estadísticas descriptivas y análisis de mapas temáticos utilizando el método de Jenks Natural Breaks para investigar los datos. Los resultados revelan un crecimiento económico significativo en la última década, con datos sociales estables y una degradación ambiental significativa en la mayoría de los municipios de la RH Tocantins-Araguaia.

Palabras clave: Desarrollo Regional; Amazonia; Transporte acuático.

INTRODUÇÃO

É comum na literatura encontrar trabalhos que tratam das infraestruturas de transportes como um catalizador do desenvolvimento econômico das regiões (Andrade, 2012; Banister e Berechman, 2001; Aarhaug e Gundersen, 2017). Observando o mapa das redes de transportes no Brasil, por exemplo, é nítida a grande concentração de rodovias, ferrovias, portos e aeroportos nas regiões sul e sudeste, onde se situam os principais polos econômicos do Brasil (Lima Neto et al., 2001).

Oposto a esse processo de concentração das redes de transportes, na região Amazônica, no norte do Brasil, a infraestrutura é menos densa e a região tem características próprias: presença de grandes rios, da maior floresta tropical do mundo e de comunidades indígenas, quilombolas e ribeirinhas que dependem da própria natureza como fonte de subsistência. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022, a Amazônia Legal possui área de aproximadamente 5,1 milhões de quilômetros quadrados, ocupando quase 60% do território nacional. Nesse contexto, garantir o desenvolvimento equitativo e equilibrado, considerando a população local, os ecossistemas terrestres, o crescimento econômico inclusivo, a infraestrutura e a industrialização em uma área tão sensível a mudanças abruptas, é um grande desafio.

De acordo com a Resolução 32/2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o Brasil possui doze Regiões Hidrográficas (RH's) e as maiores estão localizadas na Amazônia Legal. As Regiões Hidrográficas, como são estabelecidas por legislação nacional, estão restritas ao espaço territorial das 27 unidades federativas brasileiras (Brasil, 2003). Os rios que compõem as RH's são muito importantes para a dinâmica regional, visto que funcionam como grandes corredores de transportes naturais, e geram impactos na economia, na sociedade e no meio ambiente (Pompermayer et al., 2014). Sendo assim, este trabalho explora questões sobre desenvolvimento e infraestrutura de transportes por rios em duas grandes RH da Amazônia Legal.

Embora o tema sobre Desenvolvimento versus Infraestrutura seja amplamente discutido, ele tem passado por uma evolução ao longo dos anos. A integração do conceito de desenvolvimento sustentável ao estudo dos mais diversos aspectos da sociedade, incluindo infraestrutura de transportes, gerou um aumento expressivo nas pesquisas e publicações acadêmicas. Com base em estudos atualizados e considerando um banco de dados de variáveis quantitativas foi realizada uma análise para responder à questão central deste trabalho: Quais os impactos decorrentes da relação entre desenvolvimento regional e as infraestruturas de transporte em municípios perpassados por rios da Amazônia?

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal investigar e comparar a influência das infraestruturas de transporte hidroviário no desenvolvimento regional da Amazônia brasileira, analisando indicadores sociais, econômicos e ambientais ao longo do período de uma década (dados de 2010 e 2020). O estudo se concentra em dados de 184 municípios de duas Regiões Hidrográficas distintas, a Amazônica (Rios Amazonas, Solimões e Tapajós) e a

Tocantins-Araguaia (Rios Tocantins e Araguaia), buscando compreender como essas importantes infraestruturas naturais de transportes têm afetado o crescimento econômico, a qualidade de vida das populações locais e a conservação ambiental na região. Especificamente, este estudo pretende: i) Buscar na literatura um quadro referencial que relacione os corredores de transportes e os impactos no desenvolvimento de duas Regiões Hidrográficas da Amazônia brasileira; ii) Conhecer em que medida os impactos causados na área de estudo têm relação com os corredores de transportes hidroviários, aferidos por meio de variáveis sociais, econômicas e ambientais dos municípios; iii) Entender as principais externalidades encontradas, ao longo do grupo de cidades perpassadas pelos corredores de transporte hidroviário, e indicar o que pode ser mitigado em caso de presença de externalidades negativas.

REVISÃO DA LITERATURA

As discussões iniciais sobre desenvolvimento remetem ao século XVII e XVIII, nas teorias do Iluminismo, que enfatizavam o progresso humano por meio da razão, da ciência e do avanço tecnológico (Guan, Zhang, Zhu, 2021). Essa visão otimista do desenvolvimento influenciou o pensamento econômico clássico, representado por autores como Adam Smith e David Ricardo, que acreditavam no poder do livre mercado e na divisão do trabalho para impulsionar o crescimento econômico (Guan, Zhang, Zhu, 2021).

A partir da década de 1970, surgiram abordagens mais holísticas e multidisciplinares sobre o desenvolvimento, como a teoria da dependência e a abordagem das capacitações de Amartya Sen (Mansdotter et al., 2020). A teoria da dependência criticava as desigualdades entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, enquanto a abordagem das capacitações enfatizava a importância do desenvolvimento humano e da participação das pessoas no processo de desenvolvimento.

Atualmente, o debate sobre desenvolvimento continua evoluindo, com novas abordagens surgindo para lidar com os desafios globais, como pobreza, desigualdade, mudanças climáticas e globalização. O desenvolvimento sustentável tornou-se uma preocupação central. Nesse contexto, é importante para uma região como a Amazônia Legal equilibrar o crescimento econômico com a preservação ambiental e a justiça social. Além disso, é importante considerar a influência das infraestruturas inseridas nessa região ao longo do tempo, além de verificar o real impacto de tais infraestruturas no desenvolvimento regional.

Infraestruturas de transportes em diversos contextos tendem a produzir externalidades negativas como desmatamento, degradação dos ecossistemas e redução da biodiversidade, sendo esses efeitos negativos também prejudiciais no longo prazo ao crescimento econômico (Berg et al., 2017). Assim, se faz necessário políticas promovam o desenvolvimento social e econômico com amenização dos impactos ambientais.

Outra abordagem importante para o desenvolvimento regional sustentável é a teoria dos sistemas socioecológicos, que destaca a interação entre os sistemas naturais e sociais em uma determinada região, como a Amazônia (Buschbacher, 2000). Essa abordagem reconhece a importância da conservação dos recursos naturais e da promoção de práticas econômicas e sociais que sejam ambientalmente sustentáveis.

No contexto amazônico, a região possui características próprias e tem sido foco da preocupação do mundo para a promoção da preservação ambiental. Abramovay (2022) aponta que a distância entre os valores incorporados aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), proposto pela Organização da Nações Unidas (ONU), em 2015, e as infraestruturas instaladas ou planejadas para a Amazônia para os próximos anos representa uma ameaça aos ecossistemas local, regional e global.

Corroborando com Abramovay (2022), Brondizio et al. (2021) citam que as características mais importantes e desafiadoras das infraestruturas para o desenvolvimento sustentável da Amazônia estão em suas especificidades territoriais:

“Ao contrário dos megaprojetos, a característica mais importante e mais desafiadora da infraestrutura para o desenvolvimento sustentável está em suas especificidades territoriais. O planejamento de estradas, ferrovias, hidrelétricas e instalações para a mineração obedece a regras da engenharia que, embora adaptadas a cada região, respeitam preceitos gerais de projetos, construção e funcionamento. Quando se trata do uso sustentável da biodiversidade, porém, o ponto de partida só pode ser o conhecimento dos territórios e das pessoas que neles residem” (Abramovay, 2022. p. 31).

Os corredores de transporte desempenham um papel crucial na conectividade e no desenvolvimento econômico das regiões por onde passam. No entanto, o planejamento e a gestão desses corredores podem apresentar desafios significativos em termos de impactos ambientais, sociais e econômicos. Nesse contexto, abordagens sustentáveis para as infraestruturas de transporte têm se tornado cada vez mais relevantes, buscando conciliar a necessidade de mobilidade com a preservação dos recursos naturais e a promoção do desenvolvimento local.

A gestão ambiental integrada das infraestruturas de transporte é essencial para minimizar os impactos negativos sobre os ecossistemas locais e as comunidades adjacentes. Isso envolve a implementação de medidas de conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e mitigação dos impactos da infraestrutura de transporte sobre os recursos hídricos, fauna e flora.

A infraestrutura de transporte presente em determinada região pode facilitar grandes trocas econômicas. De acordo com Rodrigue (2020), é provável que surjam oportunidades econômicas onde as infraestruturas de transporte possam garantir o acesso a mercados e recursos. A partir desse ponto, onde as infraestruturas de transportes estão fortemente

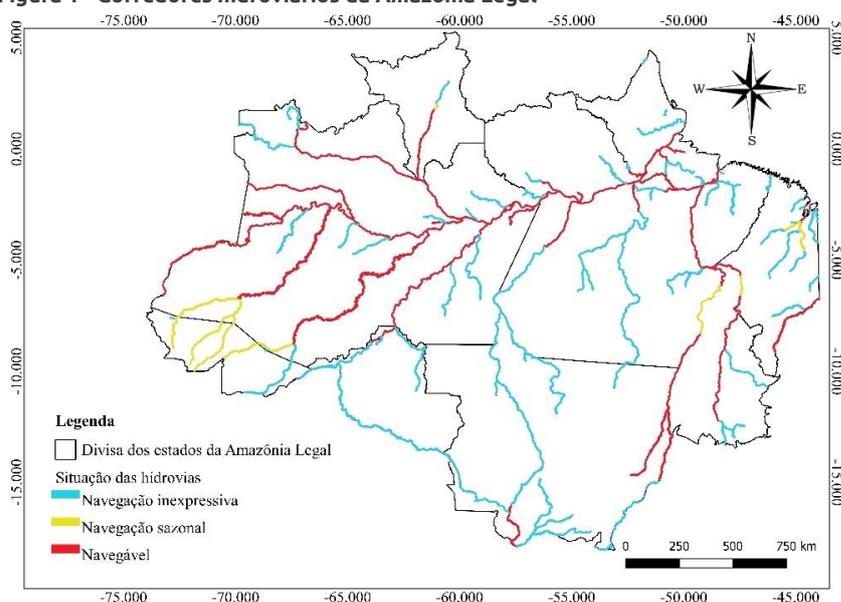
conectadas e influenciam mudanças econômicas, têm-se assim a formação de corredores econômicos.

Na Amazônia há corredores de transportes, principalmente rodovias e hidrovias, que servem essencialmente para facilitar o transporte de mercadorias, passageiros e informações entre regiões distantes. Esses corredores de transporte foram projetados para melhorar a acessibilidade e a conectividade, reduzir os custos de transporte e promover o desenvolvimento ao longo de seu trajeto. Porém, estudos de Borges et al. (2023) evidenciam que muitos projetos não foram totalmente finalizados e, portanto, não alcançaram objetivos desenvolvimentistas para regiões isoladas da Amazônia brasileira. Percebe-se que quanto mais se adentra a Amazônia, no sentido de leste a oeste da rodovia Transamazônica (BR-230), menores são os indicadores de desenvolvimento socioeconômico (Borges et al, 2023).

Sant'Anna (1998) em texto de discussão para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), propõe que a rede de transportes da Amazônia deve estar alinhada a critérios de integração dos polos regionais e destes com o território nacional e com os países vizinhos, considerando inicialmente a rede hidroviária como eixo principal, sendo as demais modalidades complementares. Ressalta que o desenvolvimento dessa rede depende da dinâmica das economias regionais e nacionais, em termos setoriais e espaciais, e da evolução das relações políticas entre o Brasil e os países com os quais compartilha a Bacia Amazônica.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), 2023, e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2023, a rede hidroviária amazônica é a maior do país. Dispõe de uma extensão de mais de 15.000 km, representando cerca de 60% da rede hidroviária nacional. Compreende as hidrovias do Amazonas, do Solimões, do Madeira, do Negro, do Purus, do Juruá, do Tapajós, de Trombetas, do Xingu, do Marajó e outros rios navegáveis e de menor porte. Na Figura 1 abaixo é possível visualizar os principais corredores hidroviários da Amazônia Legal.

Figura 1 - Corredores hidroviários da Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

ÁREA DE ESTUDO FONTE DE DADOS

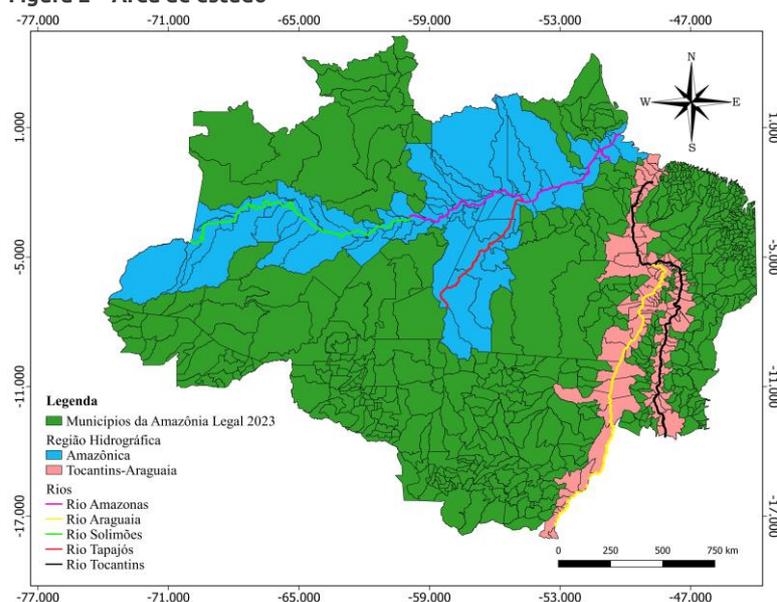
A Amazônia Legal abrange aproximadamente 60% do território nacional, com área aproximada de 5,1 milhões km². Apesar de ser a região geoeconômica menos populosa do Brasil, nela habitam cerca de 28 milhões de pessoas (IBGE, 2022; Ipea, 2022). De acordo com o IBGE (2022), a Amazônia Legal engloba nove Unidades da Federação - Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins – e parte do Estado do Maranhão.

Os 773 municípios da Amazônia Legal possuem características únicas que refletem a diversidade da região, que vai desde municípios remotos e isolados, acessíveis apenas por vias fluviais, como Itapiranga, no Estado do Amazonas, até grandes centros urbanos regionais, como Belém, no Pará, e Manaus, no Amazonas, apresentando uma ampla gama de realidades socioeconômicas e ambientais (IBGE, 2023).

Neste estudo, o foco da análise está em 184 municípios estrategicamente selecionados, localizados em duas Regiões Hidrográficas e atravessados por cinco importantes rios da Amazônia: Região Hidrográfica Amazônica (Rios Amazonas, Solimões e Tapajós) e a Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (Rios Tocantins e Araguaia). Essas infraestruturas naturais desempenham um papel importante na conectividade regional e no desenvolvimento da Amazônia Legal.

Na Figura 2 abaixo, é possível visualizar as subdivisões dos 773 municípios que compõem a Amazônia Legal, com destaque em cores azul e rosa para os grupos de municípios selecionados para este estudo. Essa representação cartográfica oferece uma visão da distribuição geográfica dos municípios incluídos na pesquisa, permitindo uma análise mais precisa das dinâmicas territoriais e das interações entre os rios e as comunidades locais.

Figura 2 – Área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Os municípios foram agrupados em dois grupos com base nas regiões hidrográficas a que pertencem e considerando os rios que atravessam seus territórios. No Quadro 1 são apresentados os 184 municípios selecionados para este trabalho, organizados por RH e rios. Este agrupamento permite uma análise mais detalhada das características e dinâmicas de desenvolvimento em cada área, considerando a influência dos diferentes rios, os quais servem de corredores de transporte na região. A segmentação por rios facilita a identificação de padrões e tendências específicas em relação ao desenvolvimento econômico, social e ambiental em cada área geográfica.

Quadro 1 - Municípios selecionados para a pesquisa

Região Hidrográfica	Rios	Municípios	Quantidade
Amazônica	Amazonas	Afuá, Alenquer, Almeirim, Chaves, Curuá, Faro, Gurupá, Juruti, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Porto de Moz, Prainha, Terra Santa, Itaubal, Macapá, Mazagão, Santana, Vitória do Jari, Autazes, Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Itacoatiara, Itapiranga, Manaus, Maués, Nhamundá, Parintins, São Sebastião do Uatumã, Silves, Urucará, Urucurituba	32
	Solimões	Alvarães, Amaturá, Anamã, Anori, Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Beruri, Careiro, Careiro da Várzea, Coari, Codajás, Fonte Boa, Iranduba, Juruá, Jutaí, Manacapuru, Manaquiri, Maraã, Santo Antônio do Içã, São Paulo de Olivença, Tabatinga, Tefé, Tonantins, Uarini	24
	Tapajós	Apiacás, Jacareacanga, Itaituba, Trairão, Rurópolis, Aveiro, Belterra, Santarém	8
Tocantins-Araguaia	Tocantins	Aguiarnópolis, Aliança do Tocantins, Ananás, Aragominas, Araguacema, Araguaína, Araganã, Araguatins, Arapoema,	94

		Augustinópolis, Babaçulândia, Barra do Ouro, Bernardo Sayão, Bom Jesus do Tocantins-TO, Brejinho de Nazaré, Buriti do Tocantins, Campestre do Maranhão, Carolina, Carrasco Bonito, Caseara, Cidelândia, Couto Magalhães, Darcinópolis, Esperantina, Estreito, Filadélfia, Formoso do Araguaia, Goiatins, Governador Edison Lobão, Guaraí, Gurupi, Imperatriz, Ipueiras, Itaguatins, Itapiratins, Juarina, Lagoa da Confusão, Lajeado, Maurilândia do Tocantins, Miracema do Tocantins, Muricilândia, Palmas, Palmeirante, Palmeiras do Tocantins, Palmeirópolis, Paranã, Pau D'Arco, Pedro Afonso, Peixe, Pium, Porto Franco, Porto Nacional, Praia Norte, Ribamar Fiquene, Rio dos Bois, Sampaio, Santa Fé do Araguaia, Santa Maria do Tocantins, Santa Rosa do Tocantins, São Miguel do Tocantins, São Pedro da Água Branca, São Salvador do Tocantins, São Sebastião do Tocantins, São Valério, Tocantínia, Tocantinópolis, Tupirama, Tupiratins, Vila Nova dos Martírios, Xambioá, Abaetetuba, Baião, Barcarena, Belém, Bom Jesus do Tocantins-PA, Breu Branco, Cachoeira do Arari, Cametá, Colares, Goianésia do Pará, Igarapé-Miri, Itupiranga, Jacundá, Limoeiro do Ajuru, Marabá, Mocajuba, Muaná, Nova Ipixuna, Ponta de Pedras, Salvaterra, Santo Antônio do Tauá, Soure, Tucuruí	
	Araguaia	Alto Araguaia, Alto Taquari, Araguaiana, Araguinha, Barra do Garças, Cocalinho, Luciara, Novo Santo Antônio, Pontal do Araguaia, Ponte Branca, Ribeirãozinho, Santa Terezinha, São Félix do Araguaia, Torixoréu, Brejo Grande do Araguaia, Conceição do Araguaia, Floresta do Araguaia, Palestina do Pará, Piçarra, Rio Maria, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia, São João do Araguaia, Xinguará	26
		Total	184

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A partir da apresentação da área de estudo, nota-se que a hidrovia é o principal meio de transporte do extremo norte do país, visto a grande quantidade de rios que cortam a região. Grande parte da população da Amazônia mantém uma dinâmica de vida em função do rio, seja para a subsistência, através da pesca ou para o deslocamento. Em algumas comunidades, a navegação de grande porte acaba influenciando a dinâmica de comunidades ribeirinhas. Os cinco rios das duas Regiões Hidrográficas somam cerca de 8.030 Km de extensão, dividido em trechos navegáveis e não navegáveis, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Extensão dos rios das áreas de estudo

Região Hidrográfica	Rios	Extensão (km)	Extensão navegável (km)
Amazônica	Amazonas	1534,45	1534,45

	Solimões	1616,52	1616,52
	Tapajós	835,00	323,82
Tocantins-Araguaia	Araguaia	2018,33	1128,68
	Tocantins	2026,39	1865,83
	Total	8030,69	6469,3

Fonte: Elaborado pelos autores, com dados do Agência Nacional de Transporte Aquaviário, 2024.

Algumas hidrovias possuem infraestruturas adequadas para a navegação de longas distâncias, como os rios Amazonas, Solimões e Tapajós (ANTAQ, 2023). Por outro lado, apesar da vocação natural da região para o transporte hidroviário, há grandes rios que não são utilizados de maneira efetiva. Este é o caso dos rios Araguaia e Tocantins, que poderiam formar a hidrovia Araguaia-Tocantins, no entanto, a navegação em alguns trechos é impedida devido a obstáculos naturais (presença de bancos de areia e rochas) e pelas hidrelétricas que não possuem sistema de eclusas suficiente para uma navegação mais expressiva. A navegação existente nos rios Araguaia e Tocantins é pontual, de curtas distâncias. Caso a hidrovia Araguaia-Tocantins passe por intervenções, poderá escoar produtos e pessoas dos Estados de Mato Grosso e Goiás ao extremo norte do Pará.

METODOLOGIA

Após a revisão da literatura, foram levantados dados quantitativos de 184 municípios perpassados pelos cinco rios das duas RH's. Nesta etapa optou-se por incluir as capitais dos estados no banco de dados, visto que os municípios de Manaus-AM, Palmas-TO, Macapá-AP e Belém-PA detêm dados importantes, apesar de o seu desenvolvimento terem sido influenciado por fatores mais amplos e complexos quando comparados a município de pequeno e médio porte.

Os municípios selecionados são perpassados pelos seguintes rios: Amazonas, Solimões, Tapajós, Tocantins e Araguaia. Portanto, o critério de formação dos grupos de municípios é o uso do rio como infraestrutura de transportes, que acaba interferindo na dinâmica local e é o meio de locomoção da população e/ou de escoamento da produção de cada município. Considera-se ainda que esses corredores de transportes interferem em aspectos sociais, econômicos e ambientais das áreas de estudo. Os grupos de municípios foram separados de acordo com o corredor de transporte que corta cada território municipal.

Os dados levantados correspondem a aspectos sociais, econômicos e ambientais, visto que se pretende analisar os corredores de transportes e sua relação com o desenvolvimento regional. Durante o processo de construção do estudo levantou-se os seguintes dados: quantidade de municípios por corredor; área de cada município; população; Produto Interno Bruto, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (para o ano de 2020 os dados foram obtidos através de projeções considerando os dados de cada estado e a variação de 2010 para 2020); área de floresta e área de uso do solo para agropecuária.

Para uso e cobertura da terra, incluindo área de floresta e área de agropecuária, foi empregada a Coleção 8 da plataforma Mapbiomas, que fornece dados anuais de cobertura e uso da terra no Brasil. Esses conjuntos de dados proporcionam uma base sólida para avaliar as mudanças ambientais e seu impacto ao longo das últimas décadas.

As variáveis descritas anteriormente constituem a base de dados utilizada para a análise das cinco variáveis principais do estudo: Produto Interno Bruto (PIB) per capita, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), densidade populacional, percentual de área de floresta e percentual de área de uso do solo para agropecuária. Essas variáveis foram selecionadas por sua disponibilidade e relevância na avaliação do desenvolvimento regional, refletindo aspectos econômicos, sociais e ambientais dos municípios ao longo dos corredores de transporte. No Quadro 3 abaixo as variáveis selecionadas foram organizadas, juntamente com suas descrições detalhadas e as respectivas fontes de dados.

Quadro 3 - Descrição das variáveis sociais, econômicas e ambientais do painel de dados

Variável/Tipo	Unidade	Descrição	Fonte
PIB per capita/Econômica	Moeda em Reais R\$/habitante	Medida que representa a média da renda ou produção econômica por habitante em um determinado, município, estado ou país. O valor permite avaliar o padrão de vida médio da população e comparar o nível de desenvolvimento econômico entre diferentes áreas geográficas.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2023)
IDHM/Social	-	Medida adimensional que combina indicadores de expectativa de vida, educação e renda para avaliar o desenvolvimento humano em uma determinada área geográfica, como um município.	IBGE (2023). O IBGE não dispõe de dados de IDHM para o ano de 2020, assim fez-se uma projeção de valores
Densidade populacional/Social	hab/km ²	Medida que representa o número de habitantes por unidade de área municipal, aqui expressa como habitantes por quilômetro quadrado (hab/km ²). Ela indica o grau de concentração ou dispersão da população em uma determinada região geográfica.	Dados de população e área municipal são do IBGE (2023)
Área de formação natural – Floresta/Ambiental	%	Divisão do total de área de floresta (em km ²) pela área total do município (em km ²) multiplicado por 100, obteve-se a proporção expressa em percentual.	Dados de área de formação natural – Floresta é do MapBiomas (2023) e área do município do IBGE (2023).

Área de uso do solo para agropecuária (pastagem e agricultura)/Ambiental	%	Divisão do total de área de uso do solo para a agropecuária (em km ²) pela área total do município (em km ²) multiplicado por 100, obteve-se a proporção expressa em percentual.	Área de uso do solo para agropecuária é do MapBiomas (2023) e área do município do IBGE (2023).
--	---	--	---

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

As variáveis escolhidas correspondem aos dados disponíveis que representam o tripé do desenvolvimento sustentável abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais, conforme perspectiva da Organização das Nações Unidas. O desenvolvimento regional sustentável é uma abordagem que passou a ter relevância global com mais intensidade a partir de 1992, na conferência Rio-92 ou Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro - RJ. O objetivo principal é a busca na promoção do crescimento econômico, a inclusão social e a preservação ambiental em uma determinada região, de forma integrada e equilibrada (Brasil, 2019).

Portanto, este estudo foi baseado em dados reunidos de várias fontes secundárias e informações coletadas de pesquisas bibliográficas realizadas nos últimos anos. O banco de dados é do tipo painel, uma vez que analisa variáveis ao longo de dois períodos, 2010 e 2020. Em suma, as informações socioeconômicas são de fontes oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as informações ambientais são do Mapbiomas, que é uma plataforma formada por uma rede colaborativa de organizações não governamentais, universidades e *startups* de tecnologia.

ANÁLISE DE DADOS

A organização, o tratamento e as análises dos dados descritas no tópico anterior foram conduzidas com o auxílio de três ferramentas computacionais: Os softwares Excel®, RStudio e Qgis. O Qgis 3.22 é um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto e multiplataforma, foi utilizado para a visualizações georreferenciadas de algumas variáveis. Além disso, a organização inicial dos dados e confecção de alguns gráficos foi feita em planilhas do Excel. Os testes estatísticos e alguns gráficos foram realizados no software R, com auxílio da interface RStudio.

O RStudio é um software de acesso aberto para a linguagem de programação R, amplamente utilizado para análise de dados estatísticos e gráficos (Kopczewska, 2020). O programa oferece uma interface intuitiva e funcionalidades importantes para manipulação de dados, execução de *scripts*, e geração de relatórios e visualizações. A escolha do RStudio se deve à sua robustez e flexibilidade, permitindo a implementação de diversas análises estatísticas, das mais simples a mais complexas, além de possibilitar a integração com diversas bibliotecas e pacotes especializados para análise de dados.

ANÁLISE DESCRITIVA

A primeira etapa da análise envolve uma exploração descritiva dos dados coletados dos municípios ao longo das duas Regiões Hidrográficas da Amazônia Legal. Utilizando o software R, foram gerados resumos estatísticos através do comando *summary()*, permitindo uma compreensão inicial da distribuição dos dados para cada variável socioeconômica e ambiental. As estatísticas descritivas fornecidas incluem valores mínimos, máximos, médias, medianas e quartis, que revelam a variação e a tendência central das variáveis. Essa análise preliminar é importante para identificar padrões, variações e possíveis anomalias nos dados, além de servir como base para etapas subsequentes deste trabalho.

Para uma compreensão visual das tendências temporais e comparativas entre as duas RH's, utilizou-se de análise gráfica detalhada das cinco variáveis principais do estudo. Utilizando o Excel e o Rstudio, foram geradas tabelas que mostram a variação dos valores para cada variável no período de 2010 e 2020. As tabelas e quadros permitem visualizar claramente como as médias das variáveis sociais, econômicas e ambientais evoluíram ao longo do tempo para cada uma das áreas analisadas.

ANÁLISE ESPACIAL

Na análise espacial, a escolha do método de classificação dos dados se torna importante para a interpretação precisa e eficaz dos mapas temáticos. Para este estudo, que envolve variáveis como o PIB per capita, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), densidade populacional, percentual de área de floresta, percentual de área de uso do solo para agropecuária nos municípios das duas RH's, o método "Quebras Naturais (Jenks)" foi utilizado. Este método é ideal para identificar padrões naturais e agrupar dados de forma que as variações internas das classes sejam minimizadas e as variações entre as classes sejam maximizadas, permitindo uma visualização mais clara das diferenças espaciais (Li et al., 2022).

O método "Quebras Naturais (Jenks)" funciona ao identificar os pontos de corte nos dados onde há mudanças significativas, agrupando os valores em classes que refletem as variações naturais dentro do conjunto de dados. No contexto das variáveis analisadas, essa técnica facilita a visualização das disparidades e tendências espaciais que podem existir entre os municípios ao longo dos corredores hidroviários. Por exemplo, ao aplicar o método *Jenks* na variável percentual de área de floresta, é possível destacar municípios com altas concentrações de cobertura florestal em contraste com aqueles onde a floresta foi mais extensivamente desmatada.

A escolha de cinco classes de valores para a aplicação do método *Jenks* justifica-se pela necessidade de equilibrar a precisão e a clareza visual. Cinco classes de valores são suficientes para capturar as variações significativas nos dados sem sobrecarregar o mapa com detalhes excessivos que poderiam confundir o leitor. Essa escolha é suportada pela literatura, que sugere que entre quatro e seis classes geralmente proporcionam um equilíbrio adequado

entre detalhamento e simplicidade na interpretação visual dos dados (Geographic Information Systems and Cartography, 2023).

A utilização de cinco classes permite uma análise granular suficiente para identificar tendências e padrões, ao mesmo tempo em que mantém a simplicidade necessária para uma comunicação eficaz dos resultados (Li et al., 2022). Assim, ao utilizar este método, os mapas gerados mostram de forma mais precisa e eficaz as variações entre os municípios, destacando áreas que necessitam de maior atenção em termos de políticas públicas e intervenções para promover o desenvolvimento sustentável. Com isso, as análises espaciais se tornam mais informativas, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para a área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados e discussões, abordando as principais características dos corredores hidroviários das duas Regiões Hidrográficas e sua influência no desenvolvimento regional. Será fornecida uma análise da estatística descritiva e análise espacial da evolução das variáveis ao longo do tempo, utilizando tabelas, gráficos e mapas. Os resultados e discussões deste estudo estão segmentados por Região Hidrográfica, o que permite analisar características específicas de cada corredor de transportes.

ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Apresentar dados a partir de seus valores limites, quartis, medianas e médias é de suma importância nas análises estatísticas. Essas medidas resumem a distribuição dos dados, fornecendo *insights* cruciais sobre sua variabilidade, tendência central e presença de valores extremos. Os valores limites destacam os extremos do conjunto de dados, enquanto os quartis dividem os dados em quatro partes iguais, indicando a dispersão dos valores ao longo da distribuição. A mediana representa o ponto médio dos dados, sendo uma medida robusta de tendência central menos sensível a *outliers*.

Por fim, as médias aritméticas oferecem uma estimativa do valor típico dos dados. Ao apresentar esses valores é possível compreender melhor a natureza dos dados, identificar possíveis padrões ou discrepâncias e embasar decisões analíticas sólidas. A Tabela 1 apresenta o resumo descritivo dos dados, por corredor de transportes, a partir dos seus valores limites, quartis, medianas e médias. E, em seguida é feita uma breve análise desses resultados.

Tabela 1 - Resumo das análises descritivas das RH's

Região Hidrográfica Amazônica						
Variáveis	Min.	1° Qu	Mediana	Média	3° Qu	Max.
PIB per capita	3411	5059	9032	10331	12291	41347
IDHM	0,450	0,567	0,626	0,632	0,707	0,830
Densidade populacional	0,198	1,303	2,638	9,094	5,679	194,681
Percentual área de floresta	11,74	73,08	87,15	80,02	94,43	99,52
Percentual área de agropecuária	0,002	0,172	1,750	3,437	5,297	24,275

Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia						
Variáveis	Min.	1° Qu	Mediana	Média	3° Qu	Max.
PIB per capita	849,4	7442,2	12262,2	16849,2	19947,2	100611,1
IDHM	0,528	0,615	0,660	0,660	0,703	0,840
Densidade populacional	0,331	3,062	6,460	25,610	16,440	1415,468
Percentual área de floresta	6,789	28,577	43,177	43,434	55,631	88,099
Percentual área de agropecuária	0,003	23,865	46,993	43,920	62,531	88,227

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio do RStudio, 2024

Na RH Amazônica, o PIB per capita apresenta uma média de R\$ 10.331,00, variando entre R\$ 3.411,00 e R\$ 41.347,00. Este amplo intervalo indica grandes disparidades econômicas entre os municípios ao longo dos anos nesta região. O IDHM tem uma média de 0,632, sugerindo um desenvolvimento humano moderado, com valores variando entre 0,450 e 0,830. A densidade populacional média é de 9,094 habitantes por quilômetro quadrado, indicando áreas com baixa concentração populacional. A agropecuária ocupa em média 3,437% do total, refletindo a poucas áreas destinadas à agropecuária quando comparada a RH Tocantins-Araguaia. As áreas de floresta têm uma média de 80,02%, destacando a grande cobertura florestal ao longo dos municípios que estão ao longo dos rios da RH Amazônica.

Na RH Tocantins-Araguaia, o PIB per capita é significativamente maior, com uma média de R\$ 16.849,20, apontando para um desenvolvimento econômico robusto. O IDHM tem uma média de 0,660, sugerindo melhor qualidade de vida quando comparada com a RH Amazônica. A densidade populacional média é de 25,61 habitantes por quilômetro quadrado, representando mais que o dobro dos municípios da RH Amazônica, indicando maior urbanização. Enquanto a área de uso do solo para a agropecuária representa média de 43,92%, com valores variando entre 0,003% e 88,22%, mostrando a predominância das atividades agrícolas na região. A cobertura florestal é de 43,43% em média, representando praticamente a metade, quando comparada com a RH Amazônica, sugerindo maior pressão sobre os recursos naturais.

A análise das variáveis das duas Regiões Hidrográficas de 2010 a 2020 revela uma diversidade significativa em termos de desenvolvimento econômico, social e ambiental entre os diferentes rios que cortam os municípios da Amazônia Legal. Os resultados evidenciam que cada RH, apesar de estar na Amazônia, possui características únicas que influenciam o desenvolvimento local de maneiras distintas. Essas observações gerais mostram que, enquanto o desenvolvimento econômico, social e ambiental varia entre os grupos de

municípios, todos enfrentam o desafio de equilibrar o crescimento econômico com desenvolvimento social e ambiental.

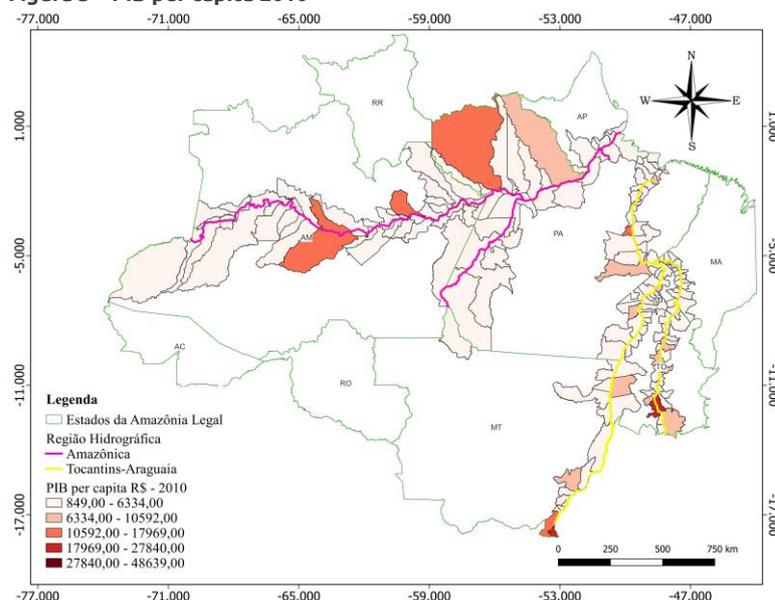
ANÁLISE ESPACIAL COMPARATIVA DAS VARIÁVEIS

A análise espacial visa identificar diferenças e semelhanças nos indicadores econômicos, sociais e ambientais das regiões estudadas. A comparação entre os dados como PIB per capita, IDHM, densidade populacional, percentual de área de floresta e percentual de área de uso do solo para agropecuária, permite uma visão mais detalhada das dinâmicas regionais. Esta abordagem busca revelar padrões de desenvolvimento, crescimento econômico e degradação ambiental, destacando as relações entre esses fatores ao longo de uma década.

PIB PER CAPITA

A análise comparativa dos mapas de PIB per capita de 2010 e 2020 das regiões hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia revela mudanças significativas na distribuição da riqueza ao longo da última década. No mapa do ano de 2010, conforme Figura 3, observa-se uma concentração de municípios com PIB per capita mais baixo (entre R\$ 849,00 e R\$ 6.334,00) nas duas regiões, especialmente em áreas ao longo dos rios Solimões e Tocantins. Municípios com PIB per capita mais elevado (acima de R\$ 17.969,00) são escassos, com apenas algumas áreas apresentando níveis econômicos superiores, destacando-se pequenos pontos ao longo da RH Tocantins-Araguaia.

Figura 3 – PIB per capita 2010

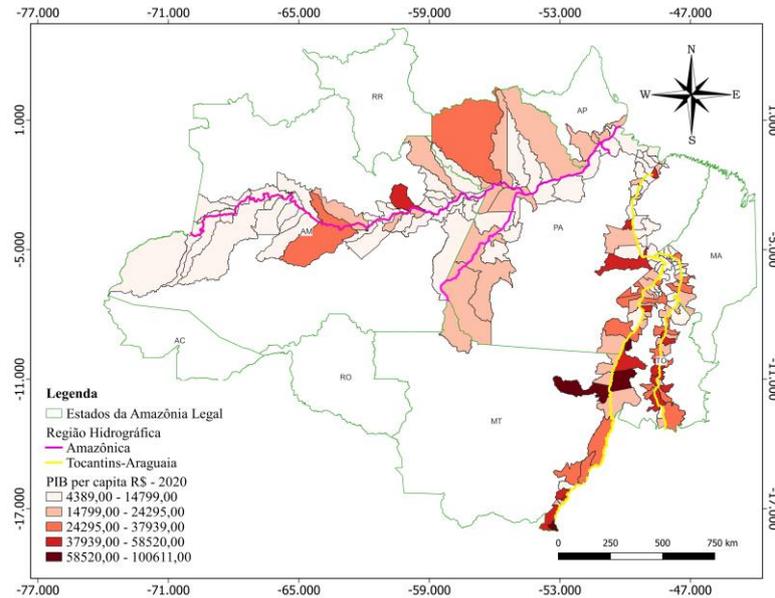


Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Em contrapartida, o mapa de 2020, Figura 4, demonstra um aumento expressivo do PIB per capita em grande parte dos municípios, especialmente na RH Tocantins-Araguaia. Municípios que anteriormente apresentavam PIB per capita mais baixo em 2010, agora apresentam valores entre R\$ 24.295,00 e R\$ 100.611,00, com uma maior concentração de áreas economicamente prósperas ao longo do curso do rio Tocantins e Araguaia. Esse aumento é

particularmente evidente no sul da RH Tocantins-Araguaia, onde os municípios passaram para as faixas de maior renda, sugerindo um desenvolvimento econômico acelerado na última década.

Figura 4 – PIB per capita 2020



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Além disso, enquanto a RH Amazônica apresenta um crescimento mais modesto, com poucos municípios alcançando as faixas mais elevadas de PIB per capita, a disparidade em relação à RH Tocantins-Araguaia torna-se mais evidente. Essa disparidade pode estar relacionada aos investimentos em infraestrutura e projetos de desenvolvimento ao longo da RH Tocantins-Araguaia (maior número de rodovias, ferrovias e presença de hidrelétricas), impulsionando o crescimento econômico local.

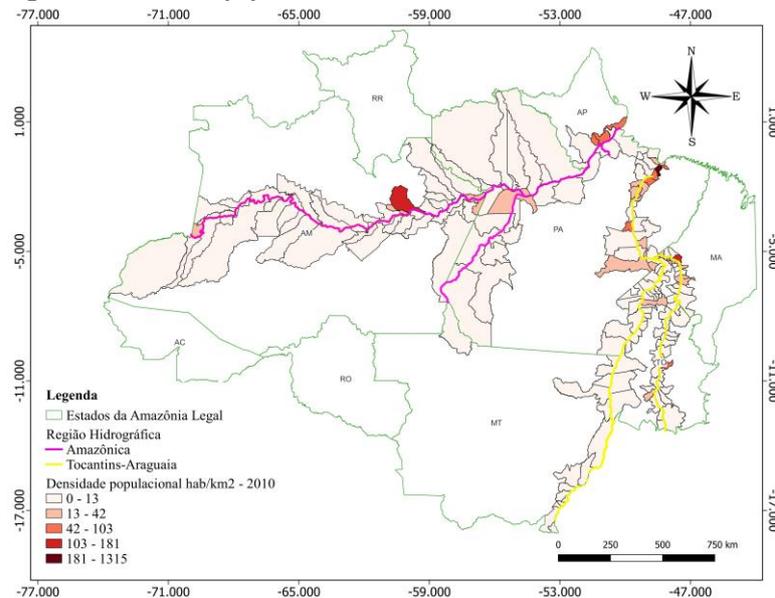
Os dados de PIB per capita indicam uma tendência de intensificação do desenvolvimento econômico na RH Tocantins-Araguaia, enquanto a RH Amazônica, embora também tenha experimentado crescimento, ainda apresenta uma concentração significativa de municípios com PIB per capita mais baixo. Assim, as figuras não apenas ilustram o avanço econômico ao longo de uma década, mas também destacam as disparidades regionais e os impactos potenciais de grandes projetos de infraestrutura no desenvolvimento regional, visto que a RH Tocantins-Araguaia se encontra numa área com mais adensamento de outras infraestruturas, como a ferrovia Norte-Sul, Rodovia BR 153 e TO-050, Hidrelétrica de Tucuruí e Lajeado.

DENSIDADE POPULACIONAL

A análise da densidade populacional nas Regiões Hidrográficas entre 2010 e 2020 revela uma distribuição heterogênea da população nas áreas estudadas. Em 2010, Figura 5, as áreas de maior densidade populacional eram específicas em alguns pontos da RH Tocantins-Araguaia, como poucos municípios localizados ao longo do Rio Tocantins, que apresentavam densidades superiores a 181 habitantes por km² (Belém, Imperatriz e Palmas). Na RH

Amazônica, observou-se uma menor densidade populacional ao longo dos grandes rios, com a grande maioria dos municípios apresentando densidades inferiores a 13 habitantes por km², com exceção das capitais estaduais Manaus e Macapá. Isso indica uma concentração populacional em áreas urbanas específicas, contrastando com uma vasta extensão de áreas pouco povoadas na região.

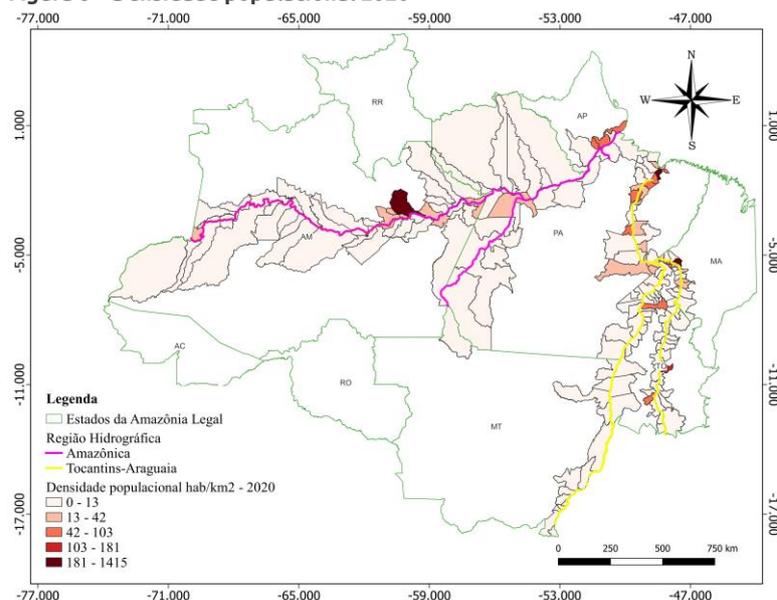
Figura 5 – Densidade populacional 2010



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Em 2020, Figura 6, houve um leve aumento em áreas de alta densidade populacional, especialmente no RH Tocantins-Araguaia. As áreas com densidade acima de 103 habitantes por km² se expandiram, indicando um crescimento urbano em alguns municípios dessa região. Esse crescimento pode estar associado ao desenvolvimento econômico e à expansão da agropecuária, uma vez que a RH Tocantins-Araguaia também tem mostrado sinais de manipulação ambiental e exploração intensiva de recursos. Na RH Amazônica, a densidade populacional manteve-se relativamente estável, com pequenas mudanças nas capitais e áreas adjacentes, destacando o caráter disperso da população na região, em grande parte devido às dificuldades de acesso e à predominância de áreas protegidas.

Figura 6 – Densidade populacional 2020

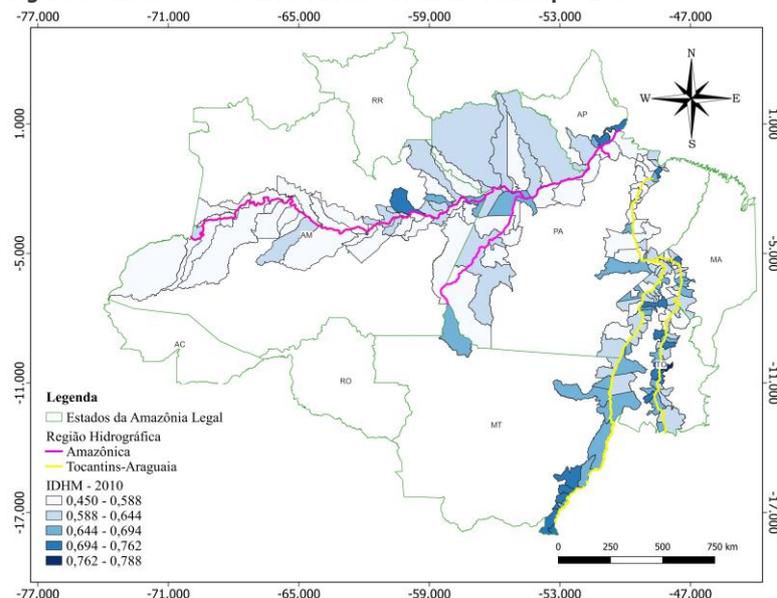


Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL

Em 2010, Figura 7, a maior parte das áreas apresenta IDHM entre 0,450 e 0,644, com algumas poucas regiões mais escuras indicando um desenvolvimento um pouco maior, especialmente ao longo dos principais rios. Observa-se que áreas com maior IDHM estão concentradas principalmente no sudeste da RH Tocantins-Araguaia e ao longo da área central da RH Amazônica.

Figura 7 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal 2010

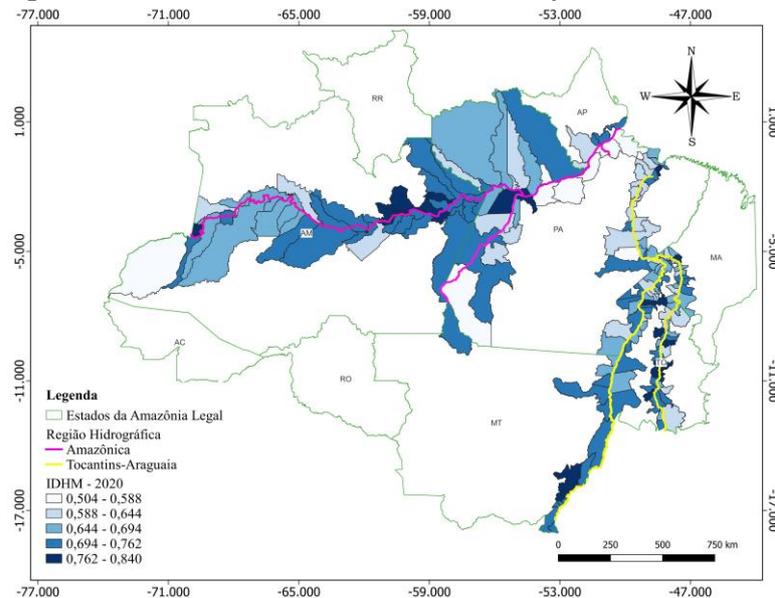


Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Em 2020, a Figura 8 apresenta uma melhoria no IDHM, com um aumento na quantidade de regiões nas faixas de IDHM entre 0,644 e 0,762, e até mesmo algumas áreas com IDHM acima de 0,762. Isso indica um avanço nos indicadores de desenvolvimento humano, como

saúde, educação e renda. Apesar do progresso, há uma persistente desigualdade de desenvolvimento, com algumas regiões continuando a apresentar IDHM mais baixos, especialmente nas áreas mais remotas e afastadas dos grandes centros da Amazônia. Esse aumento sugere que, embora haja progresso, os desafios ainda são consideráveis para alcançar um desenvolvimento mais homogêneo em toda a região.

Figura 8 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal 2020

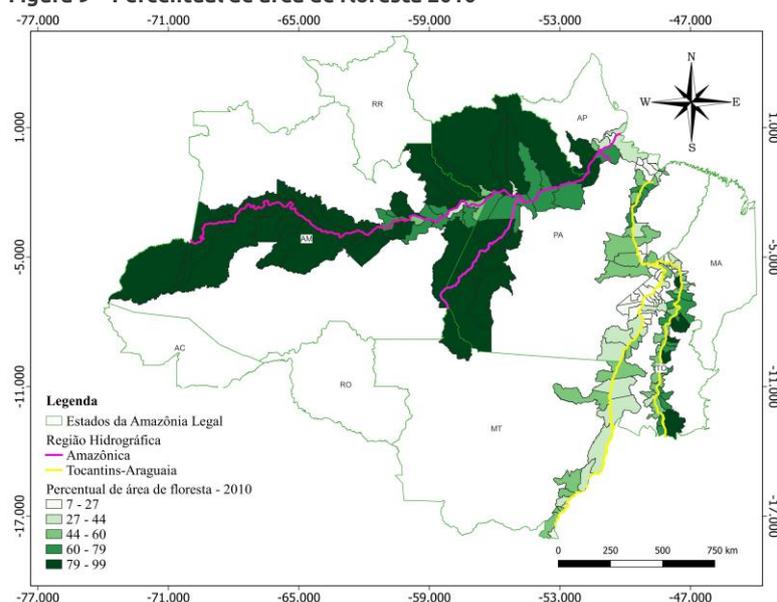


Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

PERCENTUAL DE ÁREA DE FLORESTA

As figuras a seguir mostram a evolução do percentual de área de floresta na área de estudo. Na Figura 9, com percentuais de 2010, observa-se que a maior parte da área florestal está concentrada nas áreas mais densas, representadas pelas cores mais escuras, que indicam uma porcentagem de cobertura florestal entre 60% e 99%, principalmente na RH Amazônica. Em 2020, a área florestal em algumas áreas dessas regiões diminuiu, principalmente na RH Tocantins-Araguaia, onde a cobertura florestal caiu para níveis entre 27% e 60%, destacando-se especialmente em partes do sudeste do Estado do Pará e partes do Tocantins.

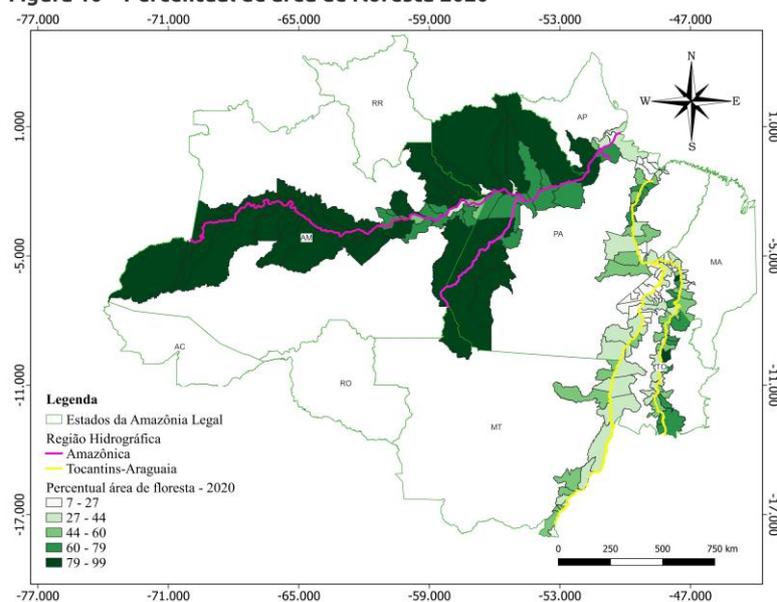
Figura 9 – Percentual de área de floresta 2010



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Ainda em relação a área de floresta, ao analisar o mapa de 2020, Figura 10, é possível identificar um processo claro de fragmentação florestal em várias áreas da RH Tocantins-Araguaia, com uma redução significativa da cobertura florestal. A expansão de áreas mais claras nos dois mapas, representando a menor porcentagem de floresta, sugere que a pressão por uso do solo, como expansão agrícola e pecuária, teve impacto substancial na floresta nessas regiões. Isso também é indicativo de um processo de desmatamento mais intenso ao longo da década, principalmente nas fronteiras agrícolas.

Figura 10 – Percentual de área de floresta 2020



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

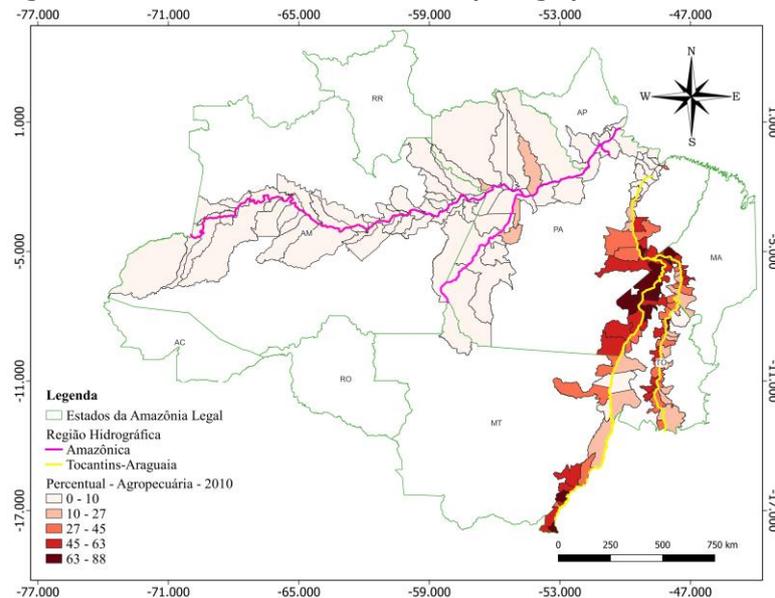
O contraste entre as figuras 9 e 10 destaca a importância das políticas públicas e de conservação florestal para frear a perda de vegetação, especialmente em áreas críticas de

alta biodiversidade. Enquanto a região central da Amazônia, incluindo o Estado do Amazonas, parece manter uma alta porcentagem de floresta ao longo do período analisado, outras áreas, como as localizadas próximas às principais rodovias, ferrovias e assentamentos, apresentam uma crescente degradação. A análise sugere que a fragmentação florestal e a degradação ambiental são problemas contínuos na região e exigem ações para sua mitigação.

PERCENTUAL DE ÁREA DO USO DO SOLO PARA AGROPECUÁRIA

Em 2010, Figura 11, as áreas com uso intensivo para agropecuária (representadas pelas cores mais escuras, que indicam um percentual de 63% a 88%) já se concentravam majoritariamente ao longo da RH Tocantins-Araguaia, especialmente nos Estados do Tocantins, Maranhão e sudeste do Pará. No entanto, em 2020, observa-se uma expansão dessas áreas agropecuárias para porções adjacentes, sugerindo um avanço considerável da fronteira agrícola.

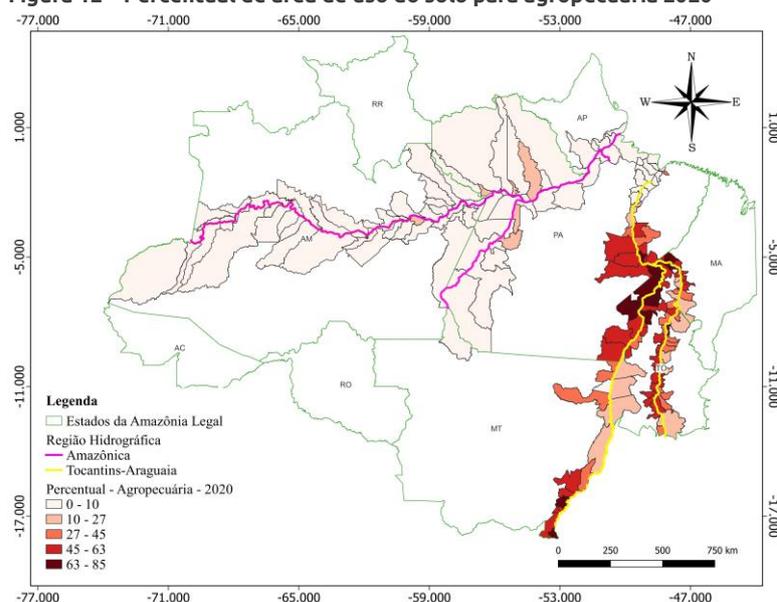
Figura 11 – Percentual de área de uso do solo para agropecuária 2010



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Nota-se que as regiões anteriormente classificadas com menores percentuais de uso agropecuário (entre 10% e 27%) em 2010 passaram a abrigar uma maior proporção de áreas destinadas à agricultura e pecuária em 2020, Figura 12. Essa expansão reflete a pressão crescente sobre as terras da Amazônia Legal para atividades econômicas, que vêm substituindo gradativamente a cobertura florestal original. Esse avanço é particularmente visível ao longo da RH Tocantins-Araguaia, onde o uso da terra para agropecuária se intensificou ao longo da última década.

Figura 12 – Percentual de área de uso do solo para agropecuária 2020



Fonte: Elaborado pelos autores utilizando a base cartográfica do Ministério dos Transportes (2023).

Ao relacionar os dados de Uso do solo para agropecuária e área de floresta, é possível observar uma correlação clara: as áreas que apresentaram maior crescimento agropecuário coincidem com aquelas que experimentaram as maiores perdas de cobertura florestal entre 2010 e 2020. Esse padrão sugere que a expansão agropecuária tem sido um dos principais motores do desmatamento na região, especialmente nas áreas próximas às principais infraestruturas de transportes e zonas de assentamento rural. Assim, a análise reforça a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais, a fim de mitigar a degradação ambiental causada por diversos fatores.

Infraestruturas de transporte, em diversos contextos, tendem a gerar externalidades negativas, como desmatamento (Silva *et al.*, 2023), manipulação dos ecossistemas e perda de biodiversidade, sendo esses efeitos negativos ao crescimento econômico no longo prazo, conforme destacado por Berg *et al.* (2017). Portanto, é essencial implementar políticas que promovam o desenvolvimento social e econômico, ao mesmo tempo em que minimizem os impactos ambientais.

CONCLUSÃO

A análise dos resultados revela que o desenvolvimento econômico nos municípios da RH Tocantins-Araguaia tem ocorrido às custas da degradação ambiental. O desenvolvimento regional enfrenta desafios ambientais e sociais, sem necessariamente beneficiar a comunidade local. A produção de grãos (milho e soja) ao longo dos rios Tocantins e Araguaia, voltada principalmente para exportação, parece ser mais vantajosa para grandes pecuaristas da região amazônica.

As análises mostram que variáveis econômicas, sociais e ambientais permanecem paradoxais na região amazônica. Embora haja aumento da riqueza em alguns municípios, essa

prosperidade não se traduz em melhorias sociais significativas. Há certo grau de preservação da área de floresta nos municípios atravessados pelos rios Amazonas, Solimões e Tapajós, enquanto nos municípios ao longo dos rios Tocantins e Araguaia, a área florestal diminuiu. A dificuldade de fiscalização é um dos principais empecilhos para combater a degradação ambiental da Amazônia. Os órgãos ambientais não têm recursos humanos e tecnológicos suficientes para fiscalizar com efetividade uma área de aproximadamente 5,1 milhões km².

Ainda em relação as variáveis ambientais, os mapas de cobertura florestal e uso do solo para agropecuária entre 2010 e 2020 nas regiões hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia revelam uma forte relação entre a expansão das redes de transporte e a intensificação da conversão de áreas florestais em áreas agrícolas. As áreas mais impactadas pelo desmatamento e aumento da agropecuária estão localizadas principalmente na RH Tocantins-Araguaia, que conta com uma infraestrutura de transporte mais desenvolvida, como rodovias e estradas que facilitam o acesso a novos territórios e o escoamento da produção agrícola. De certa forma, essa infraestrutura pode estar atuando como um vetor de desmatamento, possibilitando a ocupação humana e o avanço das atividades econômicas sobre áreas florestais.

Essa relação é particularmente evidente na região sudeste da Amazônia Legal, onde a densidade de rodovias, como a BR-153, BR-230 e a TO-050, coincide com áreas que apresentaram tanto um aumento significativo na conversão de floresta para atividades agropecuárias quanto uma maior perda de cobertura florestal ao longo da década. A proximidade dessas vias facilita a chegada de novos investidores agrícolas, que buscam expandir suas atividades econômicas em terras que, historicamente, eram de difícil acesso. Com isso, o avanço da fronteira agrícola é acelerado, especialmente nas zonas de transição entre o Cerrado e a Amazônia, como é o caso da Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia.

Outro fator que contribui para esse cenário é o incentivo econômico proporcionado pela proximidade de infraestrutura de transporte, que reduz os custos de produção e transporte de mercadorias para os grandes centros urbanos e para exportação. Esse contexto de acessibilidade aumenta o valor econômico das terras nas proximidades das rodovias, ferrovias e hidrovias tornando-as mais atrativas para grandes empreendimentos agropecuários. No entanto, essa expansão não tem sido acompanhada por políticas eficazes de conservação ambiental, o que resulta em impactos negativos significativos, como a fragmentação de habitats, a perda de biodiversidade e o aumento das emissões de carbono.

A comparação entre as regiões hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia evidencia que, enquanto a primeira, em áreas mais afastadas da infraestrutura de transporte, preserva uma maior parte de sua cobertura florestal, a segunda sofre com uma maior pressão para conversão do uso da terra. A fragmentação florestal observada na Tocantins-Araguaia, especialmente ao longo de suas principais vias de acesso, é um reflexo direto dessa relação entre infraestrutura e perda de floresta. Além disso, as áreas que apresentaram maior expansão agropecuária ao longo dos anos são justamente aquelas mais próximas às diversas

infraestruturas de transportes, o que reforça a influência da conectividade em moldar os padrões de uso da terra.

Em conclusão, a infraestrutura de transporte na região da RH Tocantins-Araguaia tem sido um fator central na expansão agropecuária e, por consequência, no desmatamento. Para mitigar esses impactos e garantir um desenvolvimento sustentável, é fundamental que haja uma integração entre as políticas de desenvolvimento econômico e de conservação ambiental, especialmente em áreas vulneráveis como as margens das hidrovias. A implementação de corredores sustentáveis e a fiscalização rigorosa em áreas de expansão agrícola são medidas essenciais para conciliar a preservação das Regiões Hidrográficas, especialmente áreas de florestas, com o crescimento social e econômico da região.

REFERÊNCIAS

AARHAUG, Jørgen; GUNDERSEN, Frants. Infrastructure investments to promote sustainable regions. **Transportation research procedia**, v. 26, p. 187–195, 2017.

ABRAMOVAY, Ricardo. **Infraestrutura para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Editora Elefante, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br>>. Acesso em: 11 maio 2023.

ANDRADE, Mauricio Oliveira. **Efeitos da melhoria da mobilidade rodoviária sobre a economia local e regional: O caso da duplicação da BR-232/PE**. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012.

BANISTER, David; BERECHEMAN, Yossi. Transport investment and the promotion of economic growth. **Journal of transport geography**, v. 9, n. 3, p. 209-218, 2001.

BERG, Claudia N. et al. Transport policies and development. **The Journal of Development Studies**, v. 53, n. 4, p. 465-480, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 dez. 2003. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2024.

BUSCHBACHER, Robert. A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível? 2014.

SILVA, Carlos Fabricio Assunção et al. Road network and deforestation of indigenous lands in the Brazilian Amazon. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 119, p. 103735, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br>>. Acesso em: 11 maio 2023.

Geographic Information Systems and Cartography. (2023). Data Classification. Disponível em: <slcc.pressbooks.pub>. Acesso em 12 de março de 2024.

GUAN, Huaping; ZHANG, Jianwu; ZHU, Xiaoping. Research on Labor Market Institutional Environment and Labor Agglomeration—Analysis Based on Dynamic Spatial Panel Data. **Frontiers in Sociology**, v. 6, p. 738134, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 30.05.2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). Disponível em: <repositorio.ipea.gov.br>. Acesso em: 11 maio 2023.

KOPCZEWSKA, Katarzyna. **Estatística espacial aplicada e econometria: análise de dados em R**. Routledge, 2020.

LI, Xiaomei et al. Analysis of spatial-temporal distribution of notifiable respiratory infectious diseases in Shandong Province, China during 2005–2014. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1, p. 1597, 2021.

LIMA NETO, Oswaldo. Brasileiro, Anísio, Santos, Enilson. **Transportes no Brasil: história e reflexões**. GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, 2001.

MÅNSDOTTER, Anna et al. Towards capability-adjusted life years in public health and social welfare: Results from a Swedish survey on ranking capabilities. **PloS one**, v. 15, n. 12, p. e0242699, 2020.

MAPBIOMAS - Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado 11 maio 2023 em através do link: [plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura].

POMPERMAYER, Fabiano Mezadre; CAMPOS NETO, Carlos Álvares da Silva; DE PAULA, Jean Marlo Pepino. **Hidroviias no Brasil: perspectiva histórica custos e institucionalidade**. Texto para Discussão, 2014.

RODRIGUE, Jean-Paul. **The geography of transport systems**. Routledge, 2020.

SANT'ANNA, José Alex. Rede básica de transportes da Amazônia. Texto para Discussão, 1998.